Ростовский государственный
университет путей сообщения

филиал РГУПС в г. Воронеж

85 студенческая научно-практическая конференция РГУПС

(Воронеж, 22-24 апреля 2026г.)

Сборник статей конференции

Воронеж – 2026

УДК 629.4; 622.23.05; 625.1/.5

Редакционная коллегия:
Гостева С.Р. - к.и.н., доцент каф. СГЕН и ОД;
Куралесин В.В. – к.т.н., доцент каф. СГЕН и ОД;
Рябко К.А. – к.т.н., доцент каф. СГЕН и ОД;
Стоянова Н.В. – к.т.н., доцент каф. СГЕН и ОД;
Тимофеев А.И. – к.э.н., доцент каф. СГЕН и ОД, научный сотрудник;
Федоринин Н.И. к.т.н., доцент каф. СГЕН и ОД

85 студенческая научно-практическая конференция РГУПС (Воронеж, 22-24 апреля 2026г.) Сборник статей конференции – Воронеж: филиал РГУПС в г. Воронеж, 2026. – 240 с.

Статьи публикуются в редакции авторов (с корректировкой и правкой). Мнения и позиции авторов не обязательно совпадают с мнениями и позициями редакционной коллегии

УДК 629.4; 622.23.05; 625.1/.5

© Филиал РГУПС в г. Воронеж
© Кафедра социально-гуманитарные,
естественно-научные и
общепрофессиональные дисциплины

СОДЕРЖАНИЕ

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ
Айрапетян А.Ю. 8

ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА В ВАГОННОМ РЕМОНТНОМ ДЕПО
Баранов А.А. 9

НАЗНАЧЕНИЕ ТРАНСПОРТА КАК ОТРАСЛИ МАТЕРИАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА
Басов В.Ю. 11

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЛИДАРОМ МОБИЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ПЛАТФОРМЫ
Баталенко В.А. 13

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ДРАЙВЕРОВ A-SI TFT ДИСПЛЕЕВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ
Беденко И.И. 16

ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИГРАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ
Бобров Д. С., Россохин А.Н. 20

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ОТКАЗОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТЕЙ
Божко А.Н. 22

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ЭССО
Власов М.Ю. 26

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОНТАКТНО-АККУМУЛЯТОРНОГО ЭЛЕКТРОВОЗА ЭМКА2 НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЯГОВЫХ ЦИКЛОВ
Внуков И.И. 29

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМА K-MEANS В ВОПРОСАХ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
Высоцкая И.А., Латышкин Д.А., Ларионов М.С. 33

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВАГОНОВ В РЕМОНТНОМ ДЕПО
Гаврилов В.А. 38

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ МНОГОМЕРНОЙ ГЕОМЕТРИИ
Гайдай В. А. 39

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ИХ ВЕСОВ В ФУНКЦИИ ПОЛЕЗНОСТИ
Глущенко С.В., Сиделев С.М. 44

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАКРУЧЕННОГО ТЕЧЕНИЯ
Голикова Е.В., Бункэт М. 47

ВНЕДРЕНИЕ ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ОБОРУДОВАНИЯ НА ПТО ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ
Головин Е.Р. 51

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАССТОЯНИЯ ОТ ТОЧКИ ДО ПРЯМОЙ
Гордюнина Л. М. 53

ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ В КОНТЕКСТЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СЕТЕЙ
Бадмаев Д.К., Гунькина А.С. 54

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ИЗНОС РЕЛЬСОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ПОЕЗДОВ
Дедов А.Ю. 56

ИНТЕРАКТИВНЫЙ ПОМОЩНИК ШКОЛЬНИКА. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМ И ЦЕЛЕВОЙ АУДИТОРИИ ПРОЕКТА
Донцова В.В., Малахова Я.О. 59

ПРИМЕНЕНИЕ НОВОГО МИКРОПРОЦЕССОРНОГО ДЕШИФРАТОРА ДКСВ-М
Дороднов А.А. 62

ЗАРУБЕЖНЫЙ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОЕЗДОВ ПОВЫШЕННОЙ МАССЫ И ДЛИНЫ
Дубовой Д.В. 64

РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА В РТУ СЦБ
Егоров Д.Г. 68

РАСЧЕТ ЧИСЛЕННОСТИ ПЕРСОНАЛА ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ УСТРОЙСТВ СЦБ
Завьялов А.А. 72

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПОСТ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЯ ВАГОНОВ
Иващенко М.Ю. 74

КУЛЬТУРА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
Калитвин П.В., Мамонова Я.С. 75

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С НЕЛИНЕЙНОСТЯМИ ГИСТЕРЕЗИСНОЙ ПРИРОДЫ
Канищева О.И., Щербаков К.В. 79

ОБОСНОВАНИЕ КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ НА РЕКОНСТРУКЦИЮ ОРУ 27,5 КВ ТРАНЗИТНОЙ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ МОЩНОСТЬЮ 80 МВА
Карпенко Дмитрий Сергеевич 83

СБЕРЕЖЕНИЕ ТОПЛИВА МАНЕВРОВОГО ТЕПЛОВОЗА ЧМЭ-3
Кашин И.А. 88

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЭКСТРЕННОЙ ДОСТАВКИ ЖИЗНЕННО ВАЖНЫХ ГРУЗОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ
Клунный Н.Н. 89

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ИНЖЕНЕРИИ
Ковегра А. П. 93

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ИЗУЧЕНИИ ЭВОЛЮЦИИ ЧЕЛОВЕКА
Ковегра А.П. 96

РЕМОНТ ТЕЛЕЖЕК ТЭП 70 НА ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ В УСЛОВИЯХ ТРЗ
Кожухов Максим Сергеевич 100

МЕТОД ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ УСТУПОК ПРИ РЕШЕНИИ ВОЕННО-ПРИКЛАДНОЙ ЗАДАЧИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОБМУНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ВОЕННЫХ
Корыпаева Ю.В., Жиденов И.Р., Каргаполов М.Д. 103

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ УСТУПОК ПРИ РЕШЕНИИ ВОЕННО-ПРИКЛАДНОЙ ЗАДАЧИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА УДАРНОЙ ГРУППЫ САМОЛЕТОВ
Корыпаева Ю.В., Манин Д.А. 107

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ИГР В ВОЕННЫХ СТРАТЕГИЯХ
Кузнецова Л.Д., Яковлев П.А. 112

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА БАНДАЖЕЙ КОЛЁСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВОВ
Ляшенко Р.В. 116

ПРОФИЛАКТИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «23.02.06 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ»
Малкин С.Д. 118

ОСОБЕННОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ НА ПУНКТАХ ПТО И ППВ
Малявин А.М. 122

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРИВОДА ЛЕНТОЧНЫХ КРУТОНАКЛОННЫХ КОНВЕЙЕРОВ
Мансуров П. А., Дмитриев Д. Д. 124

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ КОНСТРУКЦИИ ОПОРНО-РАМНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ КОЛЕСНО-МОТОРНОГО БЛОКА
Масленников И.Л. 128

НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЛОКОМОТИВОВ
Минаков Р.В. 133

ТРАНСЕРФИНГ РЕАЛЬНОСТИ В. ЗЕЛАНДА
Миненкова М.М. 135

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ МОТОРНО-ОСЕВЫХ ПОДШИПНИКОВ ЛОКОМОТИВОВ
Митерина А.С. 138

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИБРИДНЫХ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК МАНЕВРОВЫХ ТЕПЛОВОЗОВ ТЭМ-241 И ТЭМ9Н
Михина К.С. 141

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕРЕОБОРУДОВАНИЯ УЧАСТКА СИСТЕМОЙ АВТОБЛОКИРОВКИ С ТОНАЛЬНЫМИ РЕЛЬСОВЫМИ ЦЕПЯМИ
Михина Ю.Ю. 145

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЕ СТАНЦИИ УСТРОЙСТВАМИ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРСКОГО КОНТРОЛЯ АПК-ДК
Ожгибецов Артем Андреевич 149

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ИЗНОСА В СИСТЕМЕ «КОЛЕСО-РЕЛЬС»
Окунева С.А. 154

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ПТО
Орехов Д.Ю. 156

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ
Осипова Т.И. 158

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ «ОЦЕНКИ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ДЛЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ»
Панина Н.В., Кулманакова М.М., Агафонов Р.А., Скирда А.О. 161

О КРАЕВЫХ НЕРАВЕНСТВАХ ДЛЯ ОДНОЙ УПРУГОЙ МОДЕЛИ
Перловская Т.В., Колие Люсьен 164

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ТЯГОВЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ МАНЕВРОВЫХ ТЕПЛОВОЗОВ В РЕЖИМЕ ЗАРЯДА
Пикалов Н.А. 167

УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ЯЗЫКА
Попова А.С., Алтухов А.В. 170

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЛОКОМОТИВОВ
Прохоров А.А. 174

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЯМЫХ РАСХОДОВ НА ТО-3 ЭЛЕКТРОПОЕЗДА ЭД9М
Прохоров А.А. 176

ПЕРСПЕКТИВЫ ЗАПУСКА ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ ПОВЫШЕННОЙ МАССОЙ
Пылаев Д.А. 179

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КАК НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРИОРИТЕТ: ПРАВОВЫЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТ
Расстрыгина В.В. 181

СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МОЛОДЫХ СЕМЕЙ
Родин С.Г., Овсянникова О. Г. 184

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АСУ В СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА
Рудь Ю.К. 188

СПОРТ КАК ИНСТРУМЕНТ БОРЬБЫ СО СТРЕССОМ И ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ ТРЕВОЖНОСТЬЮ
Рытиков А.А. 189

ФОРМИРОВАНИЕ ЦЕННОСТНОГО ОТНОШЕНИЯ К ЗДОРОВЬЮ У СТУДЕНТОВ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ "ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ"
Рытиков Н.А. 193

ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМ ПРЕДИКТИВНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА И ПУТИ
Саввина Т.Ю. 197

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ОТДЕЛЕНИЯ РЕМОНТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН В СЕРВИСНОМ ЛОКОМОТИВНОМ ДЕПО
Сальников П.С. 200

КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ ДИЗЕЛЯ 5Д49 НА ТЕПЛОВОЗОРЕМОНТРОМ ЗАВОДЕ
Сероштан А.Л. 206

ПАТРИОТИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ МОЛОДЕЖИ
Смольянов Р. П. 208

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСА ПЛОСКОГО ТЕЛА МЕЖДУ ОПОРАМИ
Старухин Р.Е. 210

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОЛЕСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВА
Степанова К.С. 213

ЭВОЛЮЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ МОТОРНО-ОСЕВЫХ ПОДШИПНИКОВ ЛОКОМОТИВОВ
Татарников А.В. 215

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЯМЫХ РАСХОДОВ НА ВЫПОЛНЕНИЕ РЕМОНТА ТОКОПРИЁМНИКА ТЛ 13У ЭЛЕКТРОВОЗА ВЛ80С
Толмачев Д.И. 218

НАЗНАЧЕНИЕ ПУНКТА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВАГОНОВ СТАНЦИИ ЛИХАЯ
Турилова И.В. 222

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА, ВНЕДРЯЕМЫЕ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ
Федоров Д.С. 223

СОЦИАЛЬНАЯ СТРАТИФИКАЦИЯ
Хаханов М.Э, ... 225

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ НА ПТО СТАНЦИИ
Холодов Д.В. 227

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛОКОМОТИВОВ И ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ
Чемизов Р.П. 229

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДОЗАТОРОМ ЖИДКИХ КОМПОНЕНТОВ
Чуприна Д.А. 233

УДК 629.46/47

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

Айрапетян А.Ю.
РГУПС, филиал ГРУПС в г. Воронеж

Рассмотрены вопросы организации всего перевозочного процесса грузов по железным дорогам, направленные на обеспечение безопасности движения поездов.

Ключевые слова: вагон, эксплуатация, *ремонт*, *стратегия,* перевозочный процесс.

Благосостояние общества и экономика страны тесно связаны с развитием сети железных дорог, где одним из важнейших направлений является увеличение скоростных и высокоскоростных перевозок между крупнейшими агломерациями Российской Федерации.

В ходе реализации стратегии развития в холдинге ОАО «РЖД» до 2030 года, в 2015 году была актуализирована и утверждена «Программа организации скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения в Российской Федерации».

Целью этой программы является повышения уровня жизни и ускорение темпов экономического роста страны, за счет создания скоростных и высокоскоростных участков железных дорог, обеспечить безопасность и комфорт пассажиров во время движения.

В рамках программы предусмотрена реализация 20 проектов. Это позволит организовать более 50 скоростных маршрутов, с общей протяженностью более 11 тысячи километров, что позволит совершать не менее 84 тысяч поездок в год. В последние годы железнодорожная транспортная система России находится в процессе нового инновационного преобразования. Это заключается в переходе на более новые технологические свойства, конструктивные решения, а также необходимостью перестройки всей системы технической эксплуатации транспортных средств. Успешное развитие транспортной системы России во многом зависит от качества работы железнодорожного транспорта. Это требует от работников постоянного совершенствования процессов, для повышения пропускной и провозной способности на сети дорог.

Организация всего перевозочного процесса грузов по железным дорогам Российской Федерации направлена на эксплуатацию грузовых вагонов. Только правильная эксплуатация, технически и коммерчески исправных вагонов, позволяет своевременно доставлять грузы с непременным обеспечением их сохранности.

Основным подразделением железнодорожного транспорта по обеспечению исправного технического состояния грузовых вагонов во время их эксплуатации являются пункты технического обслуживания вагонов.

Эксплуатация грузовых вагонов на железных дорогах России характеризуется следующими особенностями:

- обращением их в различных климатических зонах с резким перепадом температур;
- отсутствием приписки вагонов к определенным пунктам, ответственным за их техническое состояние;
- отсутствием сведений о предшествующих ремонту условиях эксплуатации вагонов, и как следствие - затруднения, связанные с диагностикой возможных неисправностей при ремонте;
- высокой интенсивностью их использования;
- подготовкой вагонов в рейс, производящейся в любое время суток, в любых погодных условиях;
- влиянием человеческого фактора.

Исправное техническое состояние вагонов в эксплуатации обеспечивается их своевременным ремонтом и техническим обслуживанием.

Задачей вагонного хозяйства, как отдельного самостоятельного подразделения железнодорожного транспорта, является содержание вагонного парка в исправном состоянии

для обеспечения надежности грузовых и пассажирских перевозок. Именно по этому система технического обслуживания и ремонта вагонов имеет важное значение, и составляет неотъемлемую часть эксплуатации вагонного парка. Вагоноремонтная база позволяет за счет применения новой технологии на ряду со средствами механизации повысить качество технического обслуживания и ремонта вагонов.

Основными резервами повышения эффективности использования вагонного парка являются сокращение времени нахождения вагонов под грузовыми операциями и на технических станциях, снижение числа отцепок в текущий отцепочный ремонт и простоя в неисправном состоянии.

Литература

1. *Прочность цистерн из стали ВСт3СП в условиях низких температур / Н. В. Стоянова, В. И. Корольков, С. Е. Гончаров, И. С. Попов // Наука и техника транспорта. – 2017. – № 4. – С. 47-49. – EDN YLFMYL.*
2. Стоянова, Н. В. Неразрушающий контроль и сертификация/ *Стоянова Н.В.,* Бомбардиров А.П.*, и др.*// Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта М. 2009 С.60-63.
3. Стоянова, Н. В. Обеспечение безопасности движения поездов при взрезе стрелки с невзрезным стрелочным электроприводом / Н. В. Стоянова, Д. Е. Минаков, Е. Ю. Минаков // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 268-272. – EDN LPUYFY.
4. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.

УДК 629.46/47

ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА В ВАГОННОМ РЕМОНТНОМ ДЕПО

Баранов А.А.
РГУПС филиал ГРУПС в г. Воронеж

В работе проведено технико-экономическое обследование *ремонтного депо Кочетовка*. Рассмотрены вопросы организации ремонта, направленные на обеспечение безопасности движения поездов.

Ключевые слова: грузовой вагон, полное опробование тормозов, *деповской ремонт*. *ремонтное* депо.

Совершенствование технологии осмотра и ремонта вагонов на основе широкого применения средств комплексной механизации и автоматизации производства, прогрессивных технологических процессов, внедрения поточно-конвейерного метода ремонта и системы управления качеством, осуществляют комплекс мер по улучшению качества подготовки грузовых вагонов к перевозкам, организации текущего отцепочного ремонта. Усиление ремонтно-технической базы вагонного хозяйства будет осуществляться за счет реконструкции действующих депо, пунктов подготовки вагонов к перевозкам, промывочно-пропарочных станций, пунктов экипировки вагонов.

Успешному осуществлению эксплуатации способствуют надежность и совершенство конструкций вагонов, а также своевременное их обслуживание и высококачественный ремонт. Железнодорожный транспорт является наиболее крупным грузоперевозчиком России. Это обуславливается географическим положением страны и ее размерами. В

условиях возрастающей конкуренции со стороны автомобильного транспорта и авиакомпаний, повышения качества, скорости доставки груза и снижения себестоимости услуг является важнейшим фактором существования железнодорожного транспорта.

Вагонное депо Кочетовка является одним из мощных предприятий вагонного хозяйства ОАО "РЖД", Юго-Восточной железной дороги. По количеству работающих депо является предприятием средней величины. Структурные подразделения депо: производственные участки, отделения. Производственные подразделения подразделяют на две основные группы:

- деповского ремонта вагонов;
- вспомогательные.

Вагонное депо Кочетовка имеет мощную производственную базу и по ряду объективных факторов включено в состав базовых депо *филиала ООО «НВК»*.

Вагонное депо Кочетовка специализированно для производства деповского ремонта цистерн. Под производственной структурой депо понимают состав производственных участков, вспомогательных и обслуживающих подразделений с указанием связей между ними. Производственным участком называют объединенную по тем или иным признакам группу рабочих мест, выделенную в самостоятельную административную единицу и возглавляемую мастером. В состав производственного участка может входить несколько отделений. Технологический процесс ремонта вагонов в депо должен обеспечивать высокое качество работ, минимальный простой вагонов в ремонте, возможность повышения производительности и улучшения условий труда, снижение себестоимости и трудоемкости ремонта вагонов, повышение общей культуры производства и возможность внедрения производственной и технической эстетики.

Вагоны, предназначенные для деповского ремонта, перед постановкой в депо проходят пропарку или промывку в зависимости от рода подвижного состава, после чего вагон подается на ремонтные пути сборочного участка депо, где они осматриваются сменным мастером вагоносборочного участка с целью определения объема ремонта, подлежащего выполнению.

Применение современных средств ремонта и контроля существенно повышает безопасность движения поездов, за счет повышения чувствительности методов, что очень важно на современном этапе.

Литература

1. *Прочность цистерн из стали ВСт3СП в условиях низких температур / Н. В. Стоянова, В. И. Корольков, С. Е. Гончаров, И. С. Попов // Наука и техника транспорта. – 2017. – № 4. – С. 47-49. – EDN YLFMYL.*
2. Стоянова, Н. В. Неразрушающий контроль и сертификация/ *Стоянова Н.В.,* Бомбардиров А.П.*, и др.*// Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта М. 2009 С.60-63.
3. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.
4. Стоянова, Н. В. Проблемы и перспективы развития вагонного хозяйства / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 261-265. – EDN GHTVGW.

УДК 629.42

НАЗНАЧЕНИЕ ТРАНСПОРТА КАК ОТРАСЛИ МАТЕРИАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Басов В.Ю.
РГУПС, филиал ГРУПС в г. Воронеж

В работе рассмотрены взаимодействия транспорта со всеми отраслями общественного производства, обеспечивающие повышение качества и объемов его работы.

Ключевые слова: подвижной состав, железнодорожный транспорт, техническое обслуживание, отрасль, перевозки.

В своем развитии транспорт тесно взаимодействует со всеми отраслями общественного производства. Предприятия транспорта получают от базовых отраслей новые технические средства, которые, в свою очередь, обеспечивают повышение качества и объемов его работы. Для предприятий промышленности главным является производство продукции для обмена и потребления. Назначение же транспорта состоит в том, чтобы перемещать ее из сферы материального производства в сферу потребления, обеспечивая тем самым непрерывное общественное воспроизводство.

Иначе говоря, транспорт продолжает процесс производства в сфере обращения и для обращения, связывая отрасли материального производства и элементы воспроизводства — производство, распределение, рынок обмена и потребление. Отнесение транспорта к отраслям (сферам) материального производства объясняет его роль и то особое место, которое он занимает в системе общественного воспроизводства. Транспорт связан со всеми предприятиями. Производство любой продукции заканчивается доставкой ее к месту потребления. Транспорт продолжает и заканчивает процесс создания продукции всех отраслей народного хозяйства, доставляя ее потребителям.

Отсутствие на самом транспорте продукции в виде особой вещи не означает, что с перевозимым грузом не происходит никакой материальной перемены. В процессе перевозки с грузом происходит особая материальная перемена — перемена его местонахождения, его пространственного бытия. Продукцией транспорта является перемещение, тот полезный эффект, который создается транспортным производством. Таким образом, наряду с промышленностью и сельским хозяйством транспорт также представляет собой отрасль материального производства. Объем перевозок измеряется числом перевезенных тонн грузов и пассажиров. Продукция и услуги транспорта свободно продаются и покупаются на рынке транспортных услуг. Транспорт создает стоимость и прибавочную стоимость (прибавочный продукт), полученную при реализации. Потребление продукции транспорта, его полезного эффекта при перемещении грузов есть производственное потребление, а перемещение пассажиров — личное. Продукция транспорта, реализуемая в процессе перевозки, является источником доходов. Доходы покрывают эксплуатационные расходы и являются источником накопления. Транспорт свободно продает свою продукцию в виде непосредственного процесса производства, т.е. процесса перемещения, изменения местоположения товара. Доставленный полезный эффект неразрывно связан с процессом перевозок.

Для изучения природы транспорта и его продукции необходимо изучить его наиболее важные особенности:

а) продукция транспорта не имеет вещественной формы, транспорт не производит новых вещей, а лишь перемещает товары, продукцию, созданную в других отраслях материального производства;

б) продукцию транспорта нельзя накопить, отложить в запас, поэтому транспорт не может работать без резерва локомотивов, вагонов и пропускных способностей на дорогах;

в) на транспорте особая форма ценообразования на его продукцию – тарифы на перевозки, тарифная политика в определении цен на грузовые и пассажирские перевозки; на

транспорте особый учет и измерение его продукции в натуральном выражении: тонно-километрах, пассажиро-километрах, в отправленных тоннах грузов и пассажиров;

г) транспорту не принадлежит предмет его труда - перевозимый груз, он принадлежит отправителям и получателям грузов;

д) транспорт не создает и не добавляет ничего вещественного к перевозимым товарам.

Важнейшими показателями качества грузовых перевозок на железных дорогах России являются:

- регулярность и своевременность перевозок, обеспечивающие ритмичную потребность предприятий в сырье, топливе, материалах;
- безопасность движения на единицу перевозок;
- сохранность, т.е. снижение потерь, порчи грузов и их расхищения;
- скорость и сроки доставки грузов.

Литература

1. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.

2. Стоянова, Н. В. Неразрушающий контроль и сертификация/ *Стоянова Н.В.,* Бомбардиров А.П.*, и др.*// Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта М. 2009 С.60-63.

3. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.

4. Рябко, К. А. Исследование теплового состояния аккумуляторных батарей шахтных локомотивов в процессе зарядки / К. А. Рябко // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 1. – С. 343-353. – EDN GOYXMA.

5. Рябко, К. А. Оценка надежностных характеристик электрооборудования электровозов ВЛ80С / К. А. Рябко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 216-221. – EDN SGWDSZ.

6. Рябко, К. А. Исследование процесса заряда аккумуляторных батарей шахтных подвесных монорельсовых локомотивов / К. А. Рябко // Горная механика и машиностроение. – 2022. – № 2. – С. 30-36. – EDN LFUDNM.

7. Стоянова, Н. В. Основные функции и задачи дирекции по ремонту тягового подвижного состава / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 286-290. – EDN EXQUOL.

8. Стоянова, Н. В. Развитие скоростного подвижного состава в современных условиях / Н. В. Стоянова, Е. Г. Спиридонов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 290-292. – EDN RREVCK.

9. Стоянова, Н. В. Проведение приемосдаточных испытаний тягового электродвигателя тягового подвижного состава после ремонта / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. –

Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 189-192. – EDN QTJEKI.
10. Рябко, К. А. Определение основных параметров работы токоприемника АТЛ15-ТЭК130-У1 / К. А. Рябко // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2023. – № 4-6. – С. 16-20. – EDN AVGKXG.

УДК 656.13

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЛИДАРОМ МОБИЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Баталенко В.А.
Луганский государственный университет им. В. Даля, г. Луганск

Работа посвящена разработке автоматизированной системы управления лидаром для мобильной транспортной платформы – недорогого функционального лидарного устройства для образовательных и экспериментальных проектов, обеспечивающего навигацию и картографирование окружающей среды.

Ключевые слова: мобильная платформа, лидар, автоматизированная система, управление, сканирование, обработка данных, сенсоры.

This work focuses on the development of an automated lidar control system for a mobile transportation platform – a low-cost, functional lidar device for educational and experimental projects, providing navigation and environmental mapping.

Keywords: mobile platform, lidar, automated system, control, scanning, data processing, sensors.

Актуальность. В последние десятилетия автоматизация и робототехника демонстрируют устойчивую динамику развития, проникая в самые разные сферы – от промышленного производства до бытового обслуживания. Особое внимание исследователей и разработчиков привлекают мобильные роботизированные системы, функционирующие в реальных, зачастую недетерминированных условиях внешней среды. В этом контексте особую значимость приобретают сенсорные технологии, обеспечивающие автономность таких систем. В частности, лидар выступает в роли одного из ключевых инструментов, позволяющих не только осуществлять точную локализацию мобильного робота в пространстве, но и формировать детализированные карты окружения, необходимые для построения эффективных навигационных траекторий.

«Динамичное развитие современной образовательной среды сопровождается значительными преобразованиями в системе школьного обучения, особенно в период перехода учащихся на новую образовательную ступень» [1].

«Современные цифровые решения становятся неотъемлемой частью образовательной системы, открывая доступ к знаниям и материалам, которые раньше были труднодоступны. Интеграция таких технологий в учебный процесс не только повышает уровень образовательных услуг, но и делает обучение более динамичным и привлекательным» [2].

Анализ последних исследований и публикаций. Технологии лидарного зондирования продолжают совершенствоваться, находя применение в перспективных областях, предъявляющих повышенные требования к точности и надёжности измерений. Снижение стоимости компонентов, их миниатюризация, а также повышение энергетической эффективности лидарных систем способствуют расширению области их использования, что подтверждается активным внедрением данных устройств как в прикладные коммерческие разработки, так и в экспериментальные исследовательские проекты. Как показывают экспериментальные исследования влияния внешних вибрационных возмущений на рабочие элементы узла трения [8], высокочастотные колебания, неизбежно возникающие при

движении, могут приводить к микро-смещениям в креплениях и оптике сенсора, что требует внедрения в алгоритмы управления цифровых фильтров и методов компенсации. Кроме того, эффективность работы всей системы напрямую зависит от характера переходных процессов в приводе платформы: резкие изменения скорости или нагрузки, характер которых подробно рассмотрен в работе о переходных процессах в приводе шахтных локомотивов [9], могут вызывать кратковременные рывки и проскальзывания.

Лидар (Light Detection and Ranging) представляет собой оптический сенсор, функционирующий на основе испускания лазерных импульсов с последующей регистрацией времени их возврата для вычисления расстояния до объектов в наблюдаемой сцене. В сравнении с альтернативными измерительными средствами – например, видеокамерами или ультразвуковыми датчиками – лидарные системы обеспечивают существенно более высокую точность локализации объектов и сохраняют работоспособность в условиях ограниченной видимости, включая низкую освещённость и сложные погодные условия. Данные особенности обусловливают ключевую роль лидаров в задачах картирования пространства и обеспечения безопасной навигации мобильных робототехнических платформ.

Изложение основного материала. В работе [3] представлена программно управляемая роботизированная платформа. Блок путевых датчиков обеспечивает поступление первичной информации о дорожной обстановке. В передней части бампера размещены два инфракрасных оптических датчика линии – левый и правый, предназначенные для регистрации факта пересечения границы рабочей зоны, обозначенной чёрной контрастной линией. Сканирование окружающего пространства – контроль расстояния до препятствий, расположенных в передней полусфере обзора на пути движения платформы, осуществляется с помощью лидара на основе лазерного дальномера (рисунок 1).

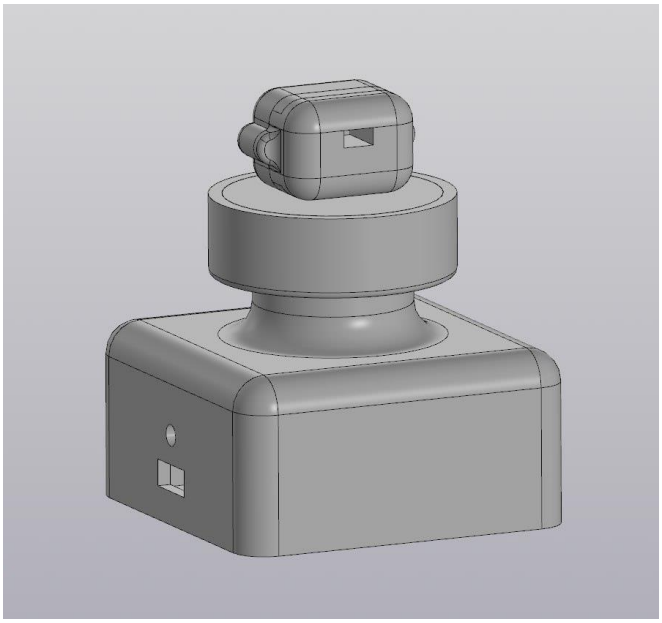


Рис. 1 – Лидар на основе лазерного дальномера

Реализованный на языке Python скрипт обеспечивает считывание данных из файла формата CSV с последующей визуализацией в виде графического представления [4]. CSV (Comma-Separated Values) – это текстовый формат для представления табличных данных. Строка таблицы соответствует строке одной посылки телеметрической информации, которая содержит поля, разделенные запятыми [5] (рисунок 2).

```
1  Stars;49135;0;-102;18;970;1;2;-1;101223;26;0;0;0
2  Stars;49235;0;29;-43;1072;-3;18;7;101224;26;0;0;0
3  Stars;49336;0;-40;4;874;-4;-3;-2;101223;26;0;0;0
4  Stars;49436;0;-19;-40;994;-6;-7;-6;101225;26;0;0;0
5  Stars;49538;0;7;-29;1002;2;11;-1;101224;26;1;0;0
6  Stars;49639;0;18;-60;1016;-2;0;0;101222;26;1;0;0
7  Stars;49739;0;-2;-31;1005;3;18;7;101223;26;1;0;0
```

Рис. 2 – Телеметрическая информация в формате CSV файла

В начале работы скрипта инициализируются два пустых списка, предназначенных для накопления координатных значений [6]. Основной этап обработки данных [7] реализуется посредством открытия целевого CSV-файла в режиме чтения. При этом предполагается строго определённая структура входных данных: каждая строка файла должна содержать два числовых значения, разделённых символом точки с запятой.

Процедура обработки заключается в последовательном построчном обходе файла с последующим извлечением и преобразованием считанных значений в целочисленный тип. Полученные координаты последовательно добавляются в ранее созданные списки, формируя тем самым массивы данных, готовые к дальнейшей визуализации [6] (рисунок 3).

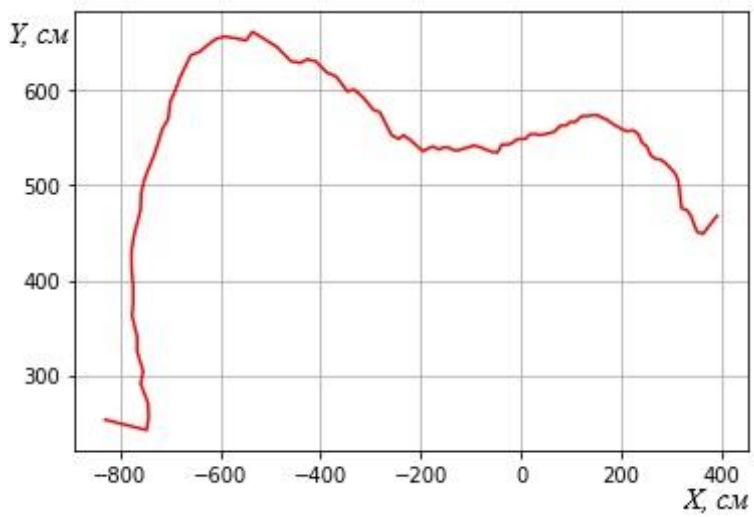


Рис. 3 – Визуализация окружающего пространства передней полусферы при движении мобильной транспортной платформы

Результаты исследования. В работе представлена автоматизированная система управления лидаром для мобильной транспортной платформы – недорогого функционального лидарного устройства для образовательных и экспериментальных проектов, обеспечивающего навигацию и картографирование окружающей среды.

Библиографический список

1. Особенности организации образовательного процесса в адаптационный период / Е. В. Рябко, К. А. Рябко, Т. В. Кравцова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2025) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 91-94. – EDN LVLCQI.
2. Применение современных цифровых технологий в образовательном процессе / В. В. Малахова, О. В. Малахов, Я. О. Малахова // Инновации и информационные технологии в условиях цифровизации экономики : Сборник тезисов III международной научно-практической конференции, Алчевск, 24–25 апреля 2025 года. – Алчевск: Федеральное

государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донбасский государственный технический университет", 2025. – С. 633-635. – EDN LZGCJM.
3. Программно управляемая роботизированная платформа / В. В. Малахова, О. В. Малахов, Я. О. Малахова // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2024. – № 9(87). – С. 51-55. – EDN TLWXYK.
4. Математическая обработка телеметрической информации с использованием программной библиотеки Pandas / В. В. Малахова, В. В. Малый, Я. О. Малахова // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2024. – № 10(88). – С. 96-100. – EDN LIOCPQ.
5. Использование математического аппарата искусственного интеллекта для интерпретации и валидации результатов кластерного анализа / В. В. Малахова, О. В. Малахов // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2023. – № 12(78). – С. 162-165. – EDN OAVUXU.
6. Использование алгоритмов искусственного интеллекта для анализа неструктурированных статистических данных / В. В. Малахова, О. В. Малахов // Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками. – 2023. – № 8. – С. 88-93. – EDN AXIEXO.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023666264 Российская Федерация. «Программа определения углов поворота и прогибов однопролетной бесконсольной балки» : № 2023664939 : заявл. 14.07.2023 : опубл. 27.07.2023 / К. А. Рябко, Е. М. Арефьев, В. В. Малахова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения». – EDN GAWYKG.
8. Экспериментальные исследования влияния внешних вибрационных возмущений на рабочие элементы узла трения / О. В. Малахов, В. В. Малахова // Информационные системы и технологии в моделировании и управлении : Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции Отв. редактор К.А. Маковейчук, Ялта, 24–25 мая 2023 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 149-155. – EDN UCPRCE.
9. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.

УДК 656.2

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ДРАЙВЕРОВ A-SI TFT ДИСПЛЕЕВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Беденко И.И.
Луганский государственный университет им. В. Даля, г. Луганск

В работе представлен сравнительный анализ характеристик драйверов a-si TFT-дисплеев, а также синтаксиса команд и производительности обработки данных при передаче от управляющего устройства к драйверу. Исследованы драйверы NV3030B, SSD1306, ST7789V, ILI9341.

Ключевые слова: TFT-дисплей, драйвер дисплея, производительность, обработка данных, сравнительный анализ.

This paper presents a comparative analysis of the characteristics of a-Si TFT display drivers, as well as their command syntax and data processing performance during transfer from the control device to the driver. The NV3030B, SSD1306, ST7789V, and ILI9341 drivers were analyzed.

Keywords: TFT display, display driver, performance, data processing, comparative analysis.

Актуальность. При проектировании современных электронных устройств актуальной является задача визуализации выходных данных [1]. Также анализ современных требований к системам управления транспортом показывает, что безопасность движения обеспечивается как надежностью энергетических установок [10], так и безошибочностью считывания информации с приборов. В развитие темы повышения надежности транспортных систем, начатой в работе [10], данная статья фокусируется на сравнительном анализе характеристик драйверов A-Si TFT дисплеев, используемых в интерфейсах кабины машиниста.

Одним из распространенных решений является применение дисплеев. Производители предлагают различные варианты исполнения данных устройств. Какие из них следует выбрать для решения тех или иных задач управления при конструировании транспортных систем?

Изложение основного материала. С целью выявления преимуществ и недостатков был проведен сравнительный анализ распространенных драйверов. Помимо основных параметров (формат цвета, максимальное разрешение, поддержка протоколов передачи), проанализированы этап инициализации и алгоритмы изменения данных в энергозависимой памяти дисплея. Анализ выполнялся на основе технической документации исследуемых образцов. [2]

Существенные различия в процедуре инициализации наблюдаются между драйвером SSD1306 и остальными моделями. Для SSD1306 данный этап включает расширенный набор переопределяемых параметров, а также отличается числовыми значениями команд и длительностью задержек после их выполнения. У группы моделей NV3030B, ST7789V, ILI9341 при высокой степени сходства набора команд также имеются различия во временных задержках [3; 4]. Следовательно, применение единого алгоритма инициализации для всех исследуемых драйверов невозможно вследствие архитектурных различий.

Для оценки производительности использован последовательный интерфейс SPI (4-line) с порядком передачи битов “MSB first”. Длительность обработки одного бита рассчитывалась по формуле:

$$PTOB = TR \cdot 2 + TFSL + TFSH \ , \quad (1)$$

где *PTOB* (Processing Time One Bit) – длительность обработки одного бита, нс;

TR – длительность смены фронтов, нс;

TFSL – длительность сигнала логической единицы, нс;

TFSH – длительность сигнала логического нуля, нс.

Значения параметров приняты в соответствии с технической документацией на драйверы [4]. Результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Расчёт *PTOB* по формуле (1), для каждой модели

Режим	Модель	*TR*, нс	*TFSL*, нс	*TFSH*, нс	*PTOB*, нс
Запись	ILI9341	15	40	40	110
Запись	NV3030B	1.54	6.16	6.16	15.4
Запись	SSD1306	40	20	20	120
Запись	ST7789V	15	15	15	60
Чтение	ILI9341	15	60	60	150
Чтение	NV3030B	8	32	32	80
Чтение	SSD1306	нет реализации чтения по SPI 4-line			
Чтение	ST7789V	15	60	60	150

Для определения длительности изменения данных об одном пикселе в энергозависимой памяти использована формула:

$$PTCVP = SBAC \cdot PTOB , \quad (2)$$

где: *PTCVP* (Processing Time Change Value Pixel) – длительность изменения данных пикселя, нс;

SBAC (Summ Byte All Command) – суммарный объем передаваемых данных (команды и аргументы) в битах, нс.

Для драйверов ILI9341, NV3030B, ST7789V алгоритм изменения данных одного пикселя включает три команды (Column Address Set, Page Address Set, Memory Write) объемом 1 байт каждая. Параметры команд занимают 4 байта для первых двух и до 3 байт для последней (в зависимости от формата цвета). Таким образом, общий объем составляет 112 бит [5].

Для драйвера SSD1306 алгоритм отличается отсутствием команды Memory Write и использованием команд Set Column Address и Set Page Address (6 байт) с последующей передачей данных. С учетом архитектуры (8 пикселей на 1 байт) минимальный объем передачи составляет 7 байт (56 бит) [6]. Результаты расчета представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Расчёт *PTCVP* по формуле (2), для каждой модели

Модель	Объем данных, бит	PTOB, нс	PTCVP, нс
ILI9341	112	110	12320
NV3030B		15.4	1724,8
ST7789V		60	6720
SSD1306	56	120	6720

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

По критерию максимального быстродействия при выполнении операций записи драйвер NV3030B существенно превосходит остальные модели: рассчитанное значение PTCVP для него составляет 1724,8 нс, что более чем в три раза ниже, чем у ST7789V и SSD1306 (6720 нс), и в семь раз ниже, чем у ILI9341 (12320 нс). При операциях чтения NV3030B также демонстрирует наилучший результат (80 нс), тогда как ILI9341 и ST7789V требуют 150 нс [7].

Драйвер SSD1306, несмотря на идентичный с ST7789V показатель PTCVP (6720 нс), имеет архитектурные ограничения: отсутствие аппаратного чтения по SPI и попиксельную организацию памяти (восемь пикселей на байт). Данные особенности снижают его эффективность при решении задач, требующих интенсивного обмена данными.

Помимо высокого быстродействия, драйвер NV3030B обладает расширенной функциональностью (встроенная цветовая палитра, OTP-память), что обеспечивает ему комплексное преимущество. Вместе с тем, модели ST7789V и ILI9341 предоставляют ряд дополнительных возможностей (программный сброс, гибкое управление подсветкой, оптимизированные команды заливки), которые могут быть востребованы в зависимости от специфики разрабатываемого устройства [8].

При проведении сравнительного анализа характеристик драйверов a-Si TFT дисплеев, интегрируемых в современные системы управления транспортных средств, необходимо учитывать не только параметры самого дисплейного модуля, но и динамические режимы работы платформы в целом. Особый интерес в этом контексте представляют исследования переходных процессов в приводе, например, в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге [9], поскольку резкие изменения нагрузки и скорости движения создают специфические условия электромагнитной обстановки и вибрационные воздействия.

Таким образом, выбор оптимального драйвера должен осуществляться исходя из приоритетных требований к разрабатываемой системе: максимальное быстродействие

(NV3030B), расширенный периферийный функционал (ILI9341, ST7789V) либо специфическая архитектура (SSD1306 для OLED-дисплеев).

Библиографический список

1. Особенности организации образовательного процесса в адаптационный период / Е. В. Рябко, К. А. Рябко, Т. В. Кравцова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2025) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 91-94. – EDN LVLCQI.

2. Математическая обработка телеметрической информации с использованием программной библиотеки Pandas / В. В. Малахова, В. В. Малый, Я. О. Малахова // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2024. – № 10(88). – С. 96-100. – EDN LIOCPQ.

3. Использование алгоритмов искусственного интеллекта для анализа неструктурированных статистических данных / В. В. Малахова, О. В. Малахов // Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками. – 2023. – № 8. – С. 88-93. – EDN AXIEXO.

4. Применение современных цифровых технологий в образовательном процессе / В. В. Малахова, О. В. Малахов, Я. О. Малахова // Инновации и информационные технологии в условиях цифровизации экономики : Сборник тезисов III международной научно-практической конференции, Алчевск, 24–25 апреля 2025 года. – Алчевск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донбасский государственный технический университет", 2025. – С. 633-635. – EDN LZGCJM.

5. Программно управляемая роботизированная платформа / В. В. Малахова, О. В. Малахов, Я. О. Малахова // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2024. – № 9(87). – С. 51-55. – EDN TLWXYK.

6. Использование математического аппарата искусственного интеллекта для интерпретации и валидации результатов кластерного анализа / В. В. Малахова, О. В. Малахов // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2023. – № 12(78). – С. 162-165. – EDN OAVUXU.

7. Экспериментальные исследования влияния внешних вибрационных возмущений на рабочие элементы узла трения / О. В. Малахов, В. В. Малахова // Информационные системы и технологии в моделировании и управлении : Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции Отв. редактор К.А. Маковейчук, Ялта, 24–25 мая 2023 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 149-155. – EDN UCPRCE.

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023666264 Российская Федерация. «Программа определения углов поворота и прогибов однопролетной бесконсольной балки» : № 2023664939 : заявл. 14.07.2023 : опубл. 27.07.2023 / К. А. Рябко, Е. М. Арефьев, В. В. Малахова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения». – EDN GAWYKG.

9. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.

10. Рябко, К. А. Разработка способа формирования и восстановления емкости аккумуляторных батарей тягового подвижного состава / К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2015. – № 3. – С. 124-128. – EDN VEAAVD.

УДК 325

ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИГРАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ

Бобров Д. С., Россохин А.Н.
РГУПС, Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы информированности граждан о законодательстве в данной сфере, оценки преимуществ и рисков миграции, а также отношения к мерам интеграции и контроля.

Ключевые слова: миграционная политика, социологический опрос, общественное мнение, интеграция мигрантов, миграционные риски, нормативно-правовое обеспечение.

Миграционная политика играет важную роль в развитии государства, так как она регулирует процессы въезда, пребывания и выезда иностранных граждан, а также направлена на обеспечение безопасности и социальной стабильности страны. Нормативно-правовое регулирование в этой сфере определяет порядок миграционных процессов и устанавливает права и обязанности участников данных отношений.

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что миграционные процессы оказывают значительное влияние на экономику, рынок труда и общественные отношения. В связи с этим важно понимать, насколько граждане осведомлены о миграционной политике и как они оценивают действующее законодательство в данной сфере.

В данной работе представлен анализ ответов респондентов и основные выводы, полученные в ходе опроса.

В опросе приняли участие 48 человек. Среди них две трети составили женщины, одна треть — мужчины. Возраст участников варьируется от 18 до 43 лет, при этом основная часть респондентов — молодые люди от 18 до 24 лет. География проживания разнообразна: большинство указали города, в том числе Волгоградскую, Воронежскую, Московскую области, Химки и другие населённые пункты.

Общее отношение к миграции и миграционной политике

Оценка влияния миграции на социально-экономическую ситуацию в стране распределилась достаточно сдержанно. Почти 40% респондентов придерживаются нейтральной позиции, около 28% оценивают влияние скорее положительно, и примерно столько же — скорее отрицательно. Затруднились ответить около 17% участников.

Что касается миграционной политики РФ, то мнения разделились: треть опрошенных считает, что она частично отвечает интересам страны и требует серьёзных изменений. Ещё треть полагает, что политика в основном отвечает интересам, но нуждается в корректировках. Полностью удовлетворённых текущим курсом оказалось меньшинство.

Преимущества и риски миграции глазами респондентов

Наиболее значимым преимуществом миграции участники опроса назвали восполнение нехватки рабочих кадров в ключевых отраслях — этот вариант выбрали 55,6% опрошенных. Почти половина отметила культурное разнообразие и обмен опытом (44,4%), треть — рост налоговых поступлений.

Риски же оцениваются гораздо острее. Почти все респонденты (94,4%) выразили озабоченность ростом преступности среди мигрантов. Половина участников беспокоится об усилении межнациональной напряжённости и нелегальной трудовой эксплуатации. Примерно треть обратила внимание на политическое использование миграционной темы и нагрузку на социальную инфраструктуру.

При этом уровень криминальной активности мигрантов в своих регионах респонденты оценивают неоднозначно: по 33% считают его примерно таким же, как у местных, либо не имеют данных для оценки. Только 5,6% полагают, что он значительно выше.

Интеграция, рынок труда и контроль

Восприятие интеграции мигрантов в российское общество выглядит скорее сдержанным. Большинство (почти 45%) считает, что мигранты сохраняют замкнутость и живут обособленно. Около 28% полагают, что интеграция происходит частично, с сохранением традиций. Лишь 11% видят активное освоение языка и культуры.

На рынке труда половина опрошенных отмечает, что мигранты занимают преимущественно те ниши, где местные жители не готовы работать. Около 22% видят конкуренцию лишь в отдельных секторах, и только 11% считают, что мигранты активно вытесняют местных.

К усилению контроля за мигрантами (проверки документов, рейды) большинство относится положительно — 61% поддерживают это как необходимую меру безопасности. Нейтральную позицию занимают 22%, и лишь небольшая часть считает такие меры избыточными или дискриминационными.

Меры интеграции и информационное освещение

Наиболее эффективной мерой интеграции респонденты единодушно называют обязательное изучение русского языка и истории России — 83,3%. Половина участников поддерживает юридическую помощь в оформлении документов, 44,4% — культурные мероприятия для диалога сообществ. Квоты с наставничеством находят полезными лишь 22%.

Информационное освещение миграционной темы в СМИ и соцсетях оценивается преимущественно как негативное: 55,6% считают, что оно усиливает страхи. Только 16,7% видят его объективным, а 22,2% не следят за этой темой.

Готовность к взаимодействию и зависимость экономики

Половина опрошенных готова взаимодействовать с мигрантами часто, но при условии соблюдения ими местных норм. Треть предпочитает избегать контактов, если это возможно. Категорически не готовых к взаимодействию не оказалось.

Что касается экономики, то наиболее зависимыми от труда мигрантов респонденты считают строительство (77,8%) и сферу услуг (72,2%). Сельское хозяйство, транспорт и такси отмечаются реже.

Отношение к упрощению гражданства и предложения по изменению политики

Идея упрощения получения гражданства для квалифицированных мигрантов нашла поддержку у половины опрошенных — но с жёсткими критериями отбора. Ещё 22% поддерживают её безоговорочно, как способ привлечь нужных специалистов. Против высказались около 17%.

В завершающем открытом вопросе респонденты предложили следующие меры:

- жёсткий контроль трудовых отношений (44,4%);
- квоты по отраслям и регионам (33,3%);
- программы местной адаптации (22,2%);
- цифровые платформы для прозрачности труда.

Проведённый опрос показал, что отношение к миграционной политике у респондентов двойственное.

С одной стороны, большинство признаёт: мигранты нужны — особенно в строительстве и сфере услуг. С другой стороны, почти всех беспокоит рост преступности и слабая интеграция приезжих. Поэтому запрос звучит так: контроль, но не закрытость. Люди поддерживают проверки и рейды, но при этом готовы принимать квалифицированных мигрантов — при условии, что те знают язык, соблюдают законы и работают легально.

Необходима перспективная иммиграционная политика, учитывающая реальные потребности российской экономики в трудовых ресурсах по их видам, квалификации, территориям, одновременно создающая условия для нормальных условий жизни и труда иммигрантов. Необходимо уделять особое внимание проблемам разработки активной демографической миграционной и социальной политики [4].

Библиографический список
1. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020)
2. Федеральный закон от 25.07.2002 № 115-ФЗ «О правовом положении иностранных граждан в Российской Федерации» (ред. от 31.07.2025)
3. Указ Президента РФ от 15.10.2025 № 123 «О Концепции государственной миграционной политики Российской Федерации на 2026–2030 годы»
4. Гостева, С. Р. Сохранение человеческого ресурса как важнейший фактор развития России / С. Р. Гостева // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 64-3. – С. 124-127. – DOI 10.18411/lj-08-2020-101. – EDN LZFXRH.
5. Гостева, С. Р. Внутренние угрозы национальной безопасности России / С. Р. Гостева // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 53-55. – EDN KHXBZF.
6. Гостева, С. Р. Понятие, сущность и основные черты глобализации / С. Р. Гостева // Современные гуманитарные исследования. – 2008. – № 2(21). – С. 310-334. – EDN NYHOER.
7. Гостева, С. Р. Инновационные подходы к социальной работе с мигрантами: возможности использования Европейского опыта / С. Р. Гостева, Д. П. Золотарев, Е. Б. Свистова // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2014. – Т. 10, № 5-2. – С. 51-54. – EDN UHGVMX.
8. Гостева, С. Р. Демографическая угроза национальной безопасности России / С. Р. Гостева // Вопросы гуманитарных наук. – 2007. – № 1(28). – С. 373-387. – EDN JUGMLB.
9. Гостев, Р. Г. Время Русь собирать! Российская цивилизация в глобализированном мире XXI века / Р. Г. Гостев, Г. Г. Провадкин, С. Р. Гостева ; Р. В. Гостев, Г. Г. Провадкин, С. Р. Гостева. – Москва : Еврошкола, 2007. – 511 с. – ISBN 978-5-87456-563-3. – EDN QOKSVP.
10. Основы социальной политики : Учебник / В. И. Жуков, Л. Г. Лаптев, Г. И. Авцинова [и др.]. – Москва : Российский государственный социальный университет, 2011. – 556 с. – (Россия в глобальной системе социальных координат: историко-социальная компаративистика). – ISBN 978-5-7139-0890-4. – EDN PIMKBD.
11. Иностранная миграция в Западную Европу как армия вторжения гибридной войны / М. П. Киреев, Н. Д. Литвинов, С. Р. Гостева [и др.] // Берегиня. 777. Сова: Общество. Политика. Экономика. – 2021. – № 1-2(48-49). – С. 207-239. – EDN LWCQYG.

УДК 629.4.083

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ОТКАЗОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТЕЙ

Божко А.Н.
РГУПС, филиал РГУПС в г. Воронеж

В статье рассматриваются актуальные вопросы обеспечения надежности тягового подвижного состава в условиях современных эксплуатационных нагрузок. На основе анализа литературных источников, посвященных проблемам железнодорожного магистрального и шахтного вспомогательного транспорта, выявлены основные проблемные места в конструкции локомотивов. Проведен сравнительный анализ влияния отказов механической и электрической частей на общий коэффициент технического использования локомотива. Предложено математическое описание, зависимости интенсивности отказов АКБ от температуры заряда. Научная новизна работы заключается в комплексном подходе к оценке надежности ТПС, объединяющем данные о деградации полимерных материалов и

электрохимических источниках тока. Полученные результаты позволяют оптимизировать межремонтные пробеги и повысить эффективность систем технического обслуживания.
Ключевые слова: тяговый подвижной состав, надежность, аккумуляторная батарея, полимерный обод, отказ, техническое обслуживание, корреляционный анализ

This article examines current issues related to ensuring the reliability of traction rolling stock (TRS) under modern operating conditions. Based on an analysis of literature on the problems of mainline and mine auxiliary transport, the main bottlenecks in locomotive design are identified: polymer chassis components and rechargeable batteries. A comparative analysis of the impact of mechanical and electrical component failures on the overall locomotive utilization rate is conducted. A mathematical description of the dependence of battery failure rates on charging temperature is proposed. The scientific novelty of this work lies in its integrated approach to assessing TRS reliability, combining data on the degradation of polymer materials and electrochemical power sources. The obtained results enable optimization of maintenance intervals and increased efficiency of maintenance systems.
Keywords: traction rolling stock, reliability, rechargeable battery, polymer rim, failure, maintenance, correlation analysis

Введение. Современные условия эксплуатации тягового подвижного состава (ТПС) предъявляют повышенные требования к его надежности и ремонтопригодности. Как на магистральном, так и на промышленном (в частности, шахтном) транспорте наблюдается тенденция к увеличению межремонтных пробегов и снижению простоев. Однако достижение этих показателей невозможно без детального анализа причин отказов оборудования [4; 8; 9].

Анализ литературных данных показывает, что исследования в области надежности ТПС ведутся по двум магистральным направлениям: совершенствование механической части ходовых систем и повышение эффективности работы энергетических установок. Так, в работе [1] подробно рассматривается влияние условий эксплуатации на долговечность полимерных ободьев приводных колес шахтных локомотивов. С другой стороны, значительное количество исследований [2; 3; 5] посвящено проблемам аккумуляторных батарей, которые являются наиболее уязвимым элементом современных локомотивов на электротяге.

Вопросы организации ремонта и диагностики также не остаются без внимания. В трудах Н. В. Стояновой поднимаются проблемы проведения приемосдаточных испытаний после ремонта [9] и общие задачи дирекций по ремонту ТПС [8]. В работе [7] рассматривается важность внедрения экспресс-диагностики топливной аппаратуры, что косвенно подтверждает общую тенденцию к предиктивному обслуживанию.

Таким образом целью данной работы является выявление корреляционных связей между условиями эксплуатации (температурные режимы, механические нагрузки) и интенсивностью отказов узлов ТПС, а также разработка рекомендаций по повышению коэффициента технической готовности магистральных локомотивов.

Основная часть. Выполним анализ факторов, влияющих на надежность узлов ТПС. Для проведения анализа выделим две основные подсистемы локомотива вспомогательного промышленного транспорта, лимитирующие его ресурс: ходовая часть (на примере полимерных ободьев) и энергетическая установка (на примере аккумуляторных батарей).

Рассмотрим механическую часть. Согласно исследованию [1], на долговечность полимерных ободьев приводных колес шахтных монорельсовых локомотивов непосредственное влияние оказывают условия сцепления с монорельсом и абразивное изнашивание. Коэффициент трения в контакте «обод-рельс» нестабилен из-за попадания влаги и штыба, что приводит к пробуксовкам и перегреву полимера.

Проанализируем электрическую часть в рамках данного исследования. Для аккумуляторных батарей, используемых в шахтных локомотивах [2; 5] и перспективных маневровых электровозах (например ЭМКА2), основным фактором, влияющим на их

надежность, является тепловое состояние в процессе заряда и разряда. В работе [3] экспериментально подтверждено, что превышение оптимального температурного диапазона при заряде ведет к ускоренной деградации электролита и пластин.

С целью обоснования данной гипотезы приведем математическое описание влияния температуры на ресурс АКБ.

Для формализации процесса деградации АКБ введем показатель интенсивности отказов λ(T). Основываясь на данных из [3], можно аппроксимировать зависимость количества отказов от температуры заряда экспоненциальной функцией (аналогично правилу Аррениуса для химических реакций), которая после линеаризации примет вид:

$$\lambda(T) = \lambda_0 \cdot e^{k(T-T_0)},$$

где λ_0 – интенсивность отказов при номинальной температуре T_0 (например, 20°C);

k – эмпирический коэффициент, характеризующий тип батареи и скорость старения (по данным [3], для щелочных тяговых АКБ $k \approx 0{,}05$ 1/°C);

T – фактическая температура электролита в процессе заряда, °C.

Проведем расчет роста интенсивности отказов при повышении температуры с 20°C до 30°C (что характерно для интенсивной эксплуатации без систем охлаждения [2]):

$$\frac{\lambda(30)}{\lambda(20)} = e^{0{,}05(30-20)} \approx 1{,}65.$$

Таким образом, повышение температуры заряда всего на 10°C увеличивает интенсивность отказов аккумуляторной батареи на 65%. Это подтверждает необходимость строгого контроля тепловых режимов, что должно быть отражено в регламентах технического обслуживания [8].

Выполним оценку прочностных характеристик и переходных процессов. Надежность работы локомотива также зависит от механических нагрузок в переходных режимах. Как показано в [6], пусковые токи и моменты в приводе шахтных локомотивов, а тем более в тяговом приводе магистральных электровозов и тепловозов создают ударные нагрузки, которые передаются на механическую часть и аккумуляторную батарею. В работе [5] проведена оценка прочностных характеристик АКБ при вибрационных нагрузках, возникающих при движении состава.

Совокупность этих факторов позволяет рассчитать комплексный коэффициент технического использования $K_{ТИ}$, который учитывает простои из-за отказов механической $t_м$ и электрической $t_э$ частей:

$$К_{ти} = \frac{T_р}{T_р + t_м + t_э},$$

где $T_р$ – суммарное время работы локомотива за период наблюдения.

Соответственно повышение $K_{ТИ}$ до значений более 0,95 является актуальной задачей, решаемой путем внедрения более перспективных материалов, автоматизированных систем контроля, перспективных методов технического обслуживания и ремонта [3].

Таким образом, проведенный анализ позволяет утверждать, что механическая и электрическая части ТПС находятся в тесной взаимосвязи. Следовательно, системы технического обслуживания и ремонта [8; 10; 11] должны эволюционировать от планово-предупредительных к системам диагностики по фактическому состоянию. Перспективным является внедрение методов экспресс-диагностики, аналогичных тем, что предлагаются для топливной аппаратуры тепловозов [7], но адаптированных для контроля состояния изоляции и емкости АКБ непосредственно в депо.

Заключение. В результате проведенного исследования выявлена прямая корреляция между температурными режимами заряда аккумуляторных батарей и интенсивностью их

отказов. Предложенная экспоненциальная модель количественно подтверждает (рост отказов на 65% при перегреве на 10°C), что контроль температуры является критическим фактором эксплуатации. Установлено, что механические факторы (повышенные ударные нагрузки, вибрация, силы трения) и электрические переходные процессы влияют на общий коэффициент технического использования локомотива. Данный коэффициент может быть улучшен за счет применения комплекса мер, направленных на повышение ресурса как ходовой части, так и электрического оборудования. Актуальность работы заключается в системном подходе к оценке надежности ТПС, объединяющем данные о работоспособности механических и электрических компонентов, что позволяет обосновать требования к новым системам мониторинга и диагностики в локомотивных депо.

Библиографический список

1. Арефьев, Е. М. Влияние условий эксплуатации шахтных монорельсовых локомотивов на долговечность полимерных ободьев приводных колес / Е. М. Арефьев, К. А. Рябко // Горные науки и технологии. – 2023. – Т. 8, № 1. – С. 59-67. – DOI 10.17073/2500-0632-2022-11-34. – EDN XBVYLS.
2. Гутаревич, В. О. Исследование условий работы аккумуляторных батарей локомотивов / В. О. Гутаревич, К. А. Рябко, В. А. Захаров // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2020. – № 56. – С. 95-102. – EDN MYHGMT.
3. Рябко, К. А. Исследование теплового состояния аккумуляторных батарей шахтных локомотивов в процессе зарядки / К. А. Рябко // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 1. – С. 343-353. – EDN GOYXMA.
4. Рябко, К. А. Оценка надежностных характеристик электрооборудования электровозов ВЛ80С / К. А. Рябко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 216-221. – EDN SGWDSZ.
5. Рябко, К. А. Оценка прочностных характеристик аккумуляторных батарей шахтных электровозов / К. А. Рябко, Е. М. Арефьев // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2023. – № 2(18). – С. 31-43. – DOI 10.46573/2658-5030-2023-2-31-43. – EDN TROAVV.
6. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
7. Смирнов, В. А. Внедрение оперативной экспресс-диагностики топливной аппаратуры в депо / В. А. Смирнов // Организация производства, экономика и менеджмент : Труды VI студенческой научно-практической конференции, Воронеж, 10 июня 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 68-71. – EDN QSIYRH.
8. Стоянова, Н. В. Основные функции и задачи дирекции по ремонту тягового подвижного состава / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 286-290. – EDN EXQUOL.
9. Стоянова, Н. В. Проведение приемосдаточных испытаний тягового электродвигателя тягового подвижного состава после ремонта / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 189-192. – EDN QTJEKI.

10. Стоянова, Н. В. Развитие скоростного подвижного состава в современных условиях / Н. В. Стоянова, Е. Г. Спиридонов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 290-292. – EDN RREVCK.
11. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.

УДК 682.5

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ЭССО

Власов М.Ю.
Руководитель: Тимофеев А.И.
РГУПС, Филиал РГУПС в г. Воронеж

ЭССО предназначена для контроля свободности участков пути любой сложности и конфигурации как на станциях (в том числе с маневровыми работами), так и на перегонах. Система ЭССО работает при любом, вплоть до нулевого, сопротивлении балласта, в том числе на участках с металлическими шпалами и стяжками, на цельнометаллических мостах.

ЭССО контролирует свободность участков приближения к переездам, блок-участков при автоматической блокировке, стрелочных секций и приемоотправочных путей на станциях, стрелочных и бесстрелочных участков в системах горочных автоматических централизаций, осуществляет контроль прибытия поезда в полном составе при полуавтоматической блокировке. Также имеются модификации ЭССО для отметки прохождения осей в системах обнаружения перегрева букс, системах контроля передвижения и распознавания типа подвижного состава, позиционирования осей вагонов на весоизмерительных пунктах, для измерения и контроля скорости подвижного состава.

ЭССО применяется как на участках с автономной тягой, так и на участках с электротягой любого рода тока. Аппаратура ЭССО проста в установке, отличается малыми габаритами и не нуждается в сезонных регулировках. Система не требовательна к качеству линий связи и адаптирована к работе в условиях неустойчивого энергоснабжения. Нет необходимости в использовании специальных типов кабеля. ЭССО обеспечивает увязку со всеми отечественными системами СЦБ, оснащена встроенной подсистемой диагностики и удаленного мониторинга.

ЭССО состоит из комплекта напольных и постовых устройств. Напольные устройства включают:

- напольный электронный модуль;
- рельсовый датчик;
- устройство защиты от грозовых и импульсных перенапряжений;
- комплект крепления датчика.

Напольный электронный модуль (рис. 1) и рельсовый датчик (рис. 2) образуют счетный пункт, который определяет направление движения и осуществляет подсчет числа проследовавших осей и передачу информации на постовые устройства.

Постовые устройства (рис. 3) анализируют информацию о числе прошедших осей и принимают решение о свободности или занятости участков пути, управляют включением (выключением) путевых реле и являются источником первичной информации для микропроцессорных систем сбора данных. Они состоят из:

Рисунок 1 – Путевой ящик с напольным электронным модулем и устройством грозозащиты

Рисунок 2 – Рельсовый датчик

Рисунок 3 – Блок приёмников

− блок приемников, состоящий из кассеты блока приемников, плат постовых устройств, платы источника питания с системой сбора данных;
− устройство сопряжения интерфейсов;
− пульт сброса ложной занятости;
− устройство бесперебойного питания;
− устройство защиты от грозовых и импульсных перенапряжений.

Основные технические характеристики системы ЭССО

− потребляемая одним счетным пунктом мощность не более 15 ВА;
− скорость прохождения оси над рельсовым датчиком 0...360 км/ч.;
− гарантированная дальность передачи информации между напольной аппаратурой и аппаратурой поста централизации: до 10 км – по сигнально-блокировочному кабелю, от 20 до 35 км – по кабелям связи, без ограничений – через каналы уплотненной кабельной, радиорелейной или волоконно-оптической линии связи;
− диапазон рабочих температур: - 60 до +85°С.

Экономическая эффективность системы ЭССО обусловлена следующими эффектами [22]:

− снижение стоимости оборудования участков пути по сравнению с рельсовыми цепями;
− снижение затрат на содержание устройств СЦБ и верхнего строения пути;
− уменьшение простоев подвижного состава и увеличение пропускной способности за счет уменьшения времени на восстановление устройств СЦБ;
− исключается применение медьсодержащей аппаратуры рельсовых цепей, ставшей излюбленным объектом хищений;
− стоимость оборудования ЭССО существенно меньше, чем стоимость других систем аналогичного назначения.

Капитальные затраты с перечнем оборудования, работ и услуг по внедрению ЭССО на участке Л-Т приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Капитальные затраты, рублей

Наименование	Стоимость
Разработка проекта и документации	157 000
Комплект постовых устройств – 2 шт.	136 000
Комплект напольных устройств – 2 шт.	262 000
Монтажные работы	179 300
Пусконаладочные работы	86 500
Обучение персонала	30 000
ИТОГО	850 800

НПЦ «Промэлектроника», являющаяся разработчиком и поставщиком оборудования, осуществляет обучения персонала:

− электромеханики обучаются техническому обслуживанию и ремонту элементов системы в условиях РТУ, обучение проводится в учебном центре компании. Программа подготовки рассчитана на 3 дня, её трудоёмкость составляет 24 часа очного обучения;

− дежурные по станции - обучение проводится непосредственно на железнодорожной станции, Программа подготовки рассчитана на 2 дня, её трудоёмкость составляет 16 часов очного обучения. Стоимость обучения группы до 15 человек составляет 25 тыс. руб. (без учёта командировочных расходов).

Для контроля работоспособности элементов, аппаратуры и систем в целом в условиях РТУ дистанций СЦБ используется прибор КПА-СКП, выпускаемый также разработчиком и производителем ЭССО. Принимая во внимание тот факт, что в дистанции уже эксплуатируются комплекты ЭССО на других станциях и перегонах, приобретение КПА-СКП, а также дополнительное обучение электромехаников РТУ не потребуется.

Список литературы.

1. Шерстюков, О. С. Современные способы учёта и анализа отказов устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / О. С. Шерстюков, Н. И. Климентов // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2023") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26–28 апреля 2023 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2023. – С. 228-233. – EDN WYKTOJ.
2. Евстигнеев, М. И. Показатели оценки состояния контактной сети / М. И. Евстигнеев, Н. И. Климентов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 46-52. – EDN WYYWPT.
3. Кураков, А. В. Исследование межподстанционной зоны тяговой сети переменного тока на модели в среде Multisim / А. В. Кураков, Н. И. Климентов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 36-39. – EDN RNDLCL.
4. Дегтярев, А. А. Методика проведения испытаний силовых кабелей 0,4-10 кВ / А. А. Дегтярев, Н. И. Климентов, Г. М. Мамедов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 32-36. – EDN LDTCBB.
5. Полянская, М. Н. Моделирование однородной длинной линии в среде Multisim / М. Н. Полянская, А. В. Вотановская, Н. И. Климентов // Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники : Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции, Воронеж, 15–16 мая 2017 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2017. – С. 95-98. – EDN ZVVYAD.
6. Мамедов, Г. М. Электротехника и электроника. Основы электроники : учебное пособие / Г. М. Мамедов ; Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; Московский гос. ун-т путей сообщ.. – Москва : РОАТ, 2011. – 59 с. – ISBN 978-5-7473-0577-9. – EDN QMLYTR.

7. Мамедов, Г. М. К расчету устройств автоматического регулирования с встречно-параллельным корректирующим устройством / Г. М. Мамедов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2021) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 15 ноября 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 88-91. – EDN IOGTCK.
8. Семенчук, Д. Е. Электронное устройство для обнаружения межвиткового замыкания в обмотках электрооборудования / Д. Е. Семенчук, Г. М. Мамедов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 71-74. – EDN LXPORQ.
9. Мамедов, Г. М. Формирование динамики электромеханических систем средствами встречно-параллельной коррекции / Г. М. Мамедов // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2023") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26–28 апреля 2023 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2023. – С. 108-113. – EDN EVGEWS.
10. Мамедов, Г. М. Формирование динамики электромеханических систем средствами встречно-параллельной коррекции / Г. М. Мамедов // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2023") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26–28 апреля 2023 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2023. – С. 108-113. – EDN EVGEWS.

УДК 629.423.31

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОНТАКТНО-АККУМУЛЯТОРНОГО ЭЛЕКТРОВОЗА ЭМКА2 НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЯГОВЫХ ЦИКЛОВ

Внуков И.И.
РГУПС, филиал в г. Воронеж

В статье рассматриваются конструктивные особенности и эксплуатационные характеристики первого отечественного контактно-аккумуляторного маневрового электровоза ЭМКА2, разработанного АО «Трансмашхолдинг» на Новочеркасском электровозостроительном заводе. На основе открытых технических данных и с привлечением результатов современных исследований в области тягового электропривода и систем накопления энергии проведен анализ семи реализованных режимов работы локомотива. Предложена методика для оценки энергетической эффективности применения бортового накопителя в маневровых режимах с учетом переходных процессов [2]. Научная новизна работы заключается в разработке классификации режимов работы гибридного электровоза по критерию энергообмена и в анализе влияния тепловых процессов в литий-ионных тяговых батареях на выбор стратегии заряда-разряда в условиях типовых маневровых операций [6; 9].

Ключевые слова: контактно-аккумуляторный электровоз, гибридная тяга, литий-ионный накопитель энергии, маневровая работа, рекуперация, энергоэффективность, переходные процессы

This article examines the design features and performance characteristics of the first domestically produced contact-battery shunting electric locomotive, the EMKA2, developed by Transmashholding JSC at the Novocherkassk Electric Locomotive Plant. Using publicly available technical data and modern research in the field of traction electric drives and energy storage systems, an analysis of seven implemented locomotive operating modes is conducted. A methodology is proposed for assessing the energy efficiency of using an onboard energy storage device in shunting modes, taking into account transient processes. The scientific novelty of this work lies in the development of a classification of hybrid electric locomotive operating modes based on energy exchange criteria and in the analysis of the influence of thermal processes in lithium-ion traction batteries on the choice of charge-discharge strategy under typical shunting conditions.

Keywords: contact-battery electric locomotive, hybrid traction, lithium-ion energy storage device, shunting, recuperation, energy efficiency, transient processes

Введение. Современные тенденции развития железнодорожного транспорта определяют необходимость снижения эксплуатационных расходов и минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Особую актуальность эти требования приобретают для маневровых локомотивов, значительная часть рабочего времени которых приходится на крупные пассажирские станции и депо, расположенные в черте городов [3]. Традиционные маневровые тепловозы с дизельными силовыми установками создают повышенный уровень шума и эмитируют вредные выбросы, что ограничивает их применение в условиях современных экологических требований [8].

В 2023 году АО «Трансмашхолдинг» представил принципиально новую разработку – контактно-аккумуляторный маневровый электровоз постоянного тока ЭМКА2, созданный на единой модульной платформе с тепловозом ТЭМ23. Данная машина является первым в практике отечественного транспортного машиностроения гибридным электровозом с асинхронным тяговым приводом и бортовым накопителем энергии. Ключевой элемент новой машины – литий-ионный накопитель энергии, разработанный и произведенный компанией «Амперион» Группы «РОСНАНО».

Целью данной работы является анализ архитектуры силовой установки ЭМКА2, исследование реализованных режимов энергообмена и разработка методики оценки эффективности применения бортового накопителя в типовых маневровых циклах с учетом теплового состояния тяговых аккумуляторных батарей [4; 6].

Выполним анализ технических характеристик и архитектуры силовой установки ЭМКА2. Электровоз ЭМКА2 представляет собой четырехосный локомотив капотного типа, предназначенный для выполнения маневровой работы в крупных депо, на пассажирских вокзалах и промышленных предприятиях.

Принципиальной особенностью ЭМКА2 является наличие семи конструктивно реализованных режимов работы: тяга от контактной сети, тяга от накопителя, выбег, рекуперация электроэнергии в сеть, рекуперация в накопитель, тяга одновременно с зарядкой и зарядка на стоянке. Такое многообразие режимов обеспечивается архитектурой тягового преобразователя и алгоритмами системы управления.

Модульная конструкция локомотива включает следующие основные модули: модуль пневматического оборудования, кабина машиниста, аппаратный модуль, модуль вспомогательного оборудования, модуль тягового накопителя энергии и модуль локомотивного преобразователя. Такая компоновка существенно упрощает техническое обслуживание и ремонт, что коррелирует с современными требованиями к организации ремонтной базы [1; 5].

Приведем методику энергообмена в маневровых режимах. Для оценки эффективности применения бортового накопителя энергии в составе электровоза ЭМКА2 разработана математическая модель, описывающая энергетические процессы при выполнении типовых

маневровых операций.

Рассмотрим элементарный маневровый цикл, включающий разгон состава массой m до скорости V, движение с постоянной скоростью и торможение с возможностью рекуперации. Уравнение энергетического баланса для такого цикла имеет вид:

$$E_{затр} = E_{кин} + E_{сопр} - E_{рек},$$

где $E_{кин} = (m \cdot V^2)/2$ – кинетическая энергия состава;

$E_{сопр}$ – работа сил сопротивления движению;

$E_{рек}$ – энергия, возвращенная в накопитель при рекуперативном торможении.

Для оценки эффективности рекуперации введем коэффициент рекуперации $k_{рек}$ как отношение энергии, возвращенной в накопитель, к кинетической энергии состава перед началом торможения:

$$k_{рек} = \frac{E_{рек}}{E_{кин}} \cdot \eta_{тяг},$$

где $\eta_{тяг}$ – КПД тягового электропривода в генераторном режиме.

Экспериментальные исследования переходных процессов в приводах локомотивов на аккумуляторной тяге показывают, что эффективность рекуперации существенно зависит от динамики изменения момента на валу тягового двигателя и текущего состояния накопителя энергии [2; 7].

Для оценки теплового состояния тяговой аккумуляторной батареи в процессе зарядки и разрядки применим уравнение теплового баланса [6]:

$$Q_{выд} = Q_{акк} + Q_{охл},$$

где $Q_{выд}$ – количество теплоты, выделяемое в аккумуляторной батарее при протекании тока;

$Q_{акк}$ – теплота, аккумулируемая батареей (изменение ее температуры);

$Q_{охл}$ – теплота, отводимая системой охлаждения.

Количество выделяемой теплоты определяется выражением:

$$Q_{выд} = I^2 \cdot R_{вн} \cdot t,$$

где I – ток заряда или разряда;

$R_{вн}$ – внутреннее сопротивление батареи;

t – время протекания тока.

Для ЭМКА2, использующего литий-ионные накопители с энергоемкостью 200 кВт·ч, критически важным является ограничение токов заряда-разряда в зонах низких температур (до –40°С), что обеспечивается алгоритмами системы управления.

На основе предложенной методики можно выполнить сравнительный анализ энергетической эффективности различных режимов работы электровоза ЭМКА2.

Согласно исследованиям наиболее энергоэффективным режимом является работа от контактной сети с рекуперацией избыточной энергии в сеть. Однако в условиях отсутствия контактного провода (неэлектрифицированные пути депо, подъездные пути предприятий) режим работы с рекуперацией в накопитель может обеспечить экономию топливно-энергетических ресурсов до 70-80% по сравнению с тепловозной тягой.

Важным преимуществом ЭМКА2 является возможность заряда накопителя как от контактной сети (в движении или на стоянке), так и от внешнего зарядного устройства, что исключает необходимость создания специальной зарядной инфраструктуры.

Следует отметить, что эффективность применения гибридных локомотивов в значительной степени зависит от надежности работы тяговых аккумуляторных батарей и

систем управления [7]. Исследования, проведенные в работах отечественных ученых, указывают на высокую чувствительность литий-ионных накопителей к тепловым и механическим воздействиям [4; 9; 10].

В конструкции ЭМКА2 предусмотрена возможность удаленного мониторинга состояния накопителя и других параметров работы локомотива. Кроме того, заложена возможность интеграции систем автоматического управления «Автомашинист» и бортовой предиктивной диагностики, что позволяет своевременно выявлять отклонения в работе оборудования и предотвращать отказы [5].

Опыт эксплуатации первых двух опытных образцов ЭМКА2 на железнодорожных вокзалах Москвы подтвердил заявленные производителем характеристики и позволил собрать данные для совершенствования алгоритмов управления [11]. Третий образец локомотива, прошедший испытания в 2025 году, полностью состоит из узлов и агрегатов российского происхождения, что гарантирует технологическую независимость и стабильность поставок запасных частей.

Согласно данных РОСНАНО, применение ЭМКА2 взамен маневровых тепловозов позволяет на 40-60% сократить текущие эксплуатационные расходы, что достигается за счет экономии дизельного топлива, упрощения технического обслуживания [1] и увеличения межремонтных пробегов.

Заключение. Проведенный анализ контактно-аккумуляторного электровоза ЭМКА2 позволяет сделать следующие выводы:

– ЭМКА2 является первым отечественным гибридным маневровым электровозом, реализующим семь режимов работы, что обеспечивает высокую гибкость применения в различных эксплуатационных условиях;

– разработанная методика оценки энергообмена позволяет оценивать эффективность применения бортового накопителя в типовых маневровых циклах и оптимизировать алгоритмы управления с учетом теплового состояния аккумуляторных батарей [6];

– применение литий-ионных накопителей отечественного производства с энергоемкостью 200 кВт·ч обеспечивает автономный ход до 14 км с составом массой 2000 т, что достаточно для выполнения большинства маневровых операций на неэлектрифицированных путях;

– полное импортозамещение компонентной базы гарантирует технологическую независимость и стабильность эксплуатации в условиях современных экономических вызовов;

– дальнейшее совершенствование конструкции ЭМКА2 должно быть направлено на развитие систем диагностики и мониторинга состояния тягового накопителя, а также на оптимизацию алгоритмов управления тепловыми процессами при заряде-разряде в условиях низких температур [4; 6; 9].

Библиографический список

1. Стоянова, Н. В. Основные функции и задачи дирекции по ремонту тягового подвижного состава / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 286-290. – EDN EXQUOL.
2. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
3. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической

конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.
4. Гутаревич, В. О. Исследование условий работы аккумуляторных батарей локомотивов / В. О. Гутаревич, К. А. Рябко, В. А. Захаров // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2020. – № 56. – С. 95-102. – EDN MYHGMT.
5. Смирнов, В. А. Внедрение оперативной экспресс-диагностики топливной аппаратуры в депо / В. А. Смирнов // Организация производства, экономика и менеджмент : Труды VI студенческой научно-практической конференции, Воронеж, 10 июня 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 68-71. – EDN QSIYRH.
6. Рябко, К. А. Исследование теплового состояния аккумуляторных батарей шахтных локомотивов в процессе зарядки / К. А. Рябко // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 1. – С. 343-353. – EDN GOYXMA.
7. Рябко, К. А. Оценка надежностных характеристик электрооборудования электровозов ВЛ80С / К. А. Рябко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 216-221. – EDN SGWDSZ.
8. Стоянова, Н. В. Развитие скоростного подвижного состава в современных условиях / Н. В. Стоянова, Е. Г. Спиридонов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 290-292. – EDN RREVCK.
9. Рябко, К. А. Оценка прочностных характеристик аккумуляторных батарей шахтных электровозов / К. А. Рябко, Е. М. Арефьев // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2023. – № 2(18). – С. 31-43. – DOI 10.46573/2658-5030-2023-2-31-43. – EDN TROAVV.
10. Арефьев, Е. М. Влияние условий эксплуатации шахтных монорельсовых локомотивов на долговечность полимерных ободьев приводных колес / Е. М. Арефьев, К. А. Рябко // Горные науки и технологии. – 2023. – Т. 8, № 1. – С. 59-67. – DOI 10.17073/2500-0632-2022-11-34. – EDN XBVYLS.
11. Стоянова, Н. В. Проведение приемосдаточных испытаний тягового электродвигателя тягового подвижного состава после ремонта / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 189-192. – EDN QTJEKI.

УДК 004.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМА K-MEANS В ВОПРОСАХ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Высоцкая[1] И.А., Латышкин[1] Д.А., Ларионов[2] М.С.
[1]ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
[2]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», (г. Воронеж)

В работе рассматриваются возможности применения алгоритма кластеризации *k-means* для решения задач в области информационной безопасности. В условиях постоянного роста объёмов сетевого трафика и увеличения числа кибератак особую актуальность приобретает использование методов машинного обучения для автоматического анализа и выявления аномалий. Алгоритм k-means относится к методам обучения и позволяет

группировать объекты по степени их сходства, что делает его эффективным инструментом для обнаружения не детектируемых угроз и сетевых аномалий в информационных системах.
Ключевые слова: машинное обучение, k-means, информационная безопасность, атаки нулевого дня, не детектируемые угрозы, сетевые аномалии.

Различные виды угроз информационной безопасности могут нанести непоправимый ущерб информационным системам организации, ее репутации и принести серьезные экономические проблемы [1]. При проектировании системы кибербезопасности предприятия чаще всего используют различные стандартные технические средства защиты информации в совокупности с организационными мерами. Однако, злоумышленники находят новые способы нанести критический урон информационным системам, и используют ранее не известные виды атак. Использование кластерного анализа [2] дает возможность структурировать и анализировать большие объемы данных, находить скрытые взаимосвязи, что в итоге позволяет идентифицировать не детектируемые угрозы информационной безопасности [3].

Проанализируем некоторые ключевые особенности кластерного анализа и его применения для обнаружения сетевых аномалий.

Вначале необходимо собрать данные о событиях безопасности. С помощью кластерного анализа возможно выделить различные кластеры в сетевом трафике на основе различных характеристик, таких как объем данных, частота запросов и типы протоколов. Стоит определить ключевые характеристики (признаки), которые будут использоваться для поиска аномалий, и создать эталонную базу. Это могут быть такие параметры, например как IP-адреса. Отметим, что для работы с IP-адресами, их необходимо преобразовать в числовой формат (например, с помощью преобразования в 32-битное целое число).

Методы кластеризации чувствительны к исходным данным, поэтому при анализе стоит обратить внимание на разброс исходных значений. Если в исходных данных имеются выбросы или шумы, то эти значения могут доминировать в процессе кластеризации и искажать результаты. В таком случае стоит использовать методы нормализации или обработку пропусков данных.

Результаты кластеризации данных должны быть проанализированы и применены в поиске возможных угроз информационной безопасности. Если далее наблюдаются данные, которые не вписываются в регламентированные или ранее наблюдаемые кластеры, то можно провести дополнительный анализ, которые может выявить не детектируемые атаки, такие как DDoS-атаки или атаки с использованием вредоносного ПО. При анализе большого количества данных, кластеры в которых не встречено подозрительных аномалий, можно убрать из рассмотрения.

Для выполнения кластеризации можно использовать различные инструменты, среди которых, самым популярным является высокоуровневый язык программирования Python. Среди библиотек стоит выделить библиотеку машинного обучения scikit-learn, и модуль sklearn.cluster, в котором представлена реализация алгоритма K-means.

Рассмотрим программный код, который на основе исходных данных о стационарном поведении системы может произвести кластеризацию и анализ данных:

```
import pandas as pd
import numpy as np
from sklearn.cluster import KMeans
import ipaddress
import matplotlib.pyplot as plt

# Функция для преобразования IP-адреса в числовой формат
def ip_to_int(ip):
    return int(ipaddress.ip_address(ip))
```

```
# Пример данных с IP-адресами
data = {
    'ip_address': [
        '192.168.1.1', '192.168.1.2', '192.168.1.3', '10.0.0.1',
        '10.0.0.2', '172.16.0.1', '173.16.0.2', '192.168.1.10',
        '10.0.0.10', '172.16.0.10', '192.168.1.20', '192.168.1.30',
        '10.0.0.20', '172.16.0.20', '192.168.2.1', '192.168.2.2',
        '10.1.1.1', '10.1.1.2', '172.17.0.1', '172.17.0.2'],

    'traffic': [ 190, 150, 200, 300, 250, 400, 350, 500,
        450, 600, 700, 400, 650, 300, 356,
        180, 126, 138, 140, 200]  # Пример трафика
}
# Создание DataFrame
df = pd.DataFrame(data)

# Преобразование IP-адресов в числовой формат
df['ip_numeric'] = df['ip_address'].apply(ip_to_int)

# Подготовка данных для кластеризации
X = df[['ip_numeric', 'traffic']]

# Определение количества кластеров
k = 3

# Кластеризация с использованием K-means
kmeans = KMeans(n_clusters=k, random_state=0)
df['cluster'] = kmeans.fit_predict(X)

# Вывод результатов
print(df)

# Визуализация кластеров
plt.scatter(df['ip_numeric'], df['traffic'], c=df['cluster'], cmap='viridis')
plt.xlabel('IP (числовой формат)')
plt.ylabel('Трафик')
plt.title('Кластеризация IP-адресов')
plt.show()

# Анализ результатов кластеризации
for cluster in range(k):
    cluster_data = df[df['cluster'] == cluster]
    print(f"\nАнализ кластера {cluster}:")
    print(f"Количество IP-адресов: {len(cluster_data)}")
    print(f"Средний трафик: {cluster_data['traffic'].mean()}")
    print(f"Минимальный трафик: {cluster_data['traffic'].min()}")
    print(f"Максимальный трафик: {cluster_data['traffic'].max()}")
```

В результате мы получим следующую информацию:

	ip_address	traffic	ip_numeric	cluster
0	192.168.1.1	190	3232235777	1

1	192.168.1.2	150		3232235778	1		
2	192.168.1.3	200		3232235779	1		
3	10.0.0.1		300	1677721610		1	
4	10.0.0.2		250	167772162			0
5	172.16.0.1	400		2886729729	2		
6	173.16.0.2	350		2903506946	2		
7	192.168.1.10	500		3232235786	1		
8	10.0.0.10	450		167772170		0	
9	172.16.0.10	600		2886729738	2		
10	192.168.1.20	700		3232235796	1		
11	192.168.1.30	400		3232235806	1		
12	10.0.0.20		650	167772180			0
13	172.16.0.20	300		2886729748	2		
14	192.168.2.1	356		3232236033	1		
15	192.168.2.2	180		3232236034	1		
16	10.1.1.1		126	167837953			0
17	10.1.1.2		138	167837954			0
18	172.17.0.1	140		2886795265	2		
19	172.17.0.2	200		2886795266	2		

Анализ кластера 0:
Количество IP-адресов: 6
Средний трафик: 319.0
Минимальный трафик: 126
Максимальный трафик: 650

Анализ кластера 1:
Количество IP-адресов: 8
Средний трафик: 334.5
Минимальный трафик: 150
Максимальный трафик: 700

Анализ кластера 2:
Количество IP-адресов: 6
Средний трафик: 331.6666666666667
Минимальный трафик: 140
Максимальный трафик: 600
И графическое представление полученных кластеров представлено на рисунке 1.

Таким образом, использование кластерного анализа данных может помочь выявить необычные модели поведения, которые могут указывать на не детектируемые атаки и компрометацию защищаемой системы. Так, например для каждого из кластеров найден средний трафик, максимальный и минимальный, т.е. найдено стационарное состояние информационной системы. Если во время дальнейшего функционирования, будут выявлены значения, не входящие ни в одни из кластеров, или сильно превышающие максимальный трафик, следовательно стоит провести дополнительный анализ для данного случая.

Заключение. При рассмотрении вопросов связанных с безопасностью компьютерных сетей [4] особое внимание стоит уделить задачам выявления признаков возможных атак. Целесообразность использования методов кластеризации объясняется их наглядной интерпретируемостью. Отметим, что для проведения анализа достаточно только данных о событиях безопасности, и нет необходимости в изучении самой атаки и ее методов.

Преимуществом применения кластерного анализа является возможность организации процесса мониторинга событий по поиску признаков возможных не детектируемых атак.

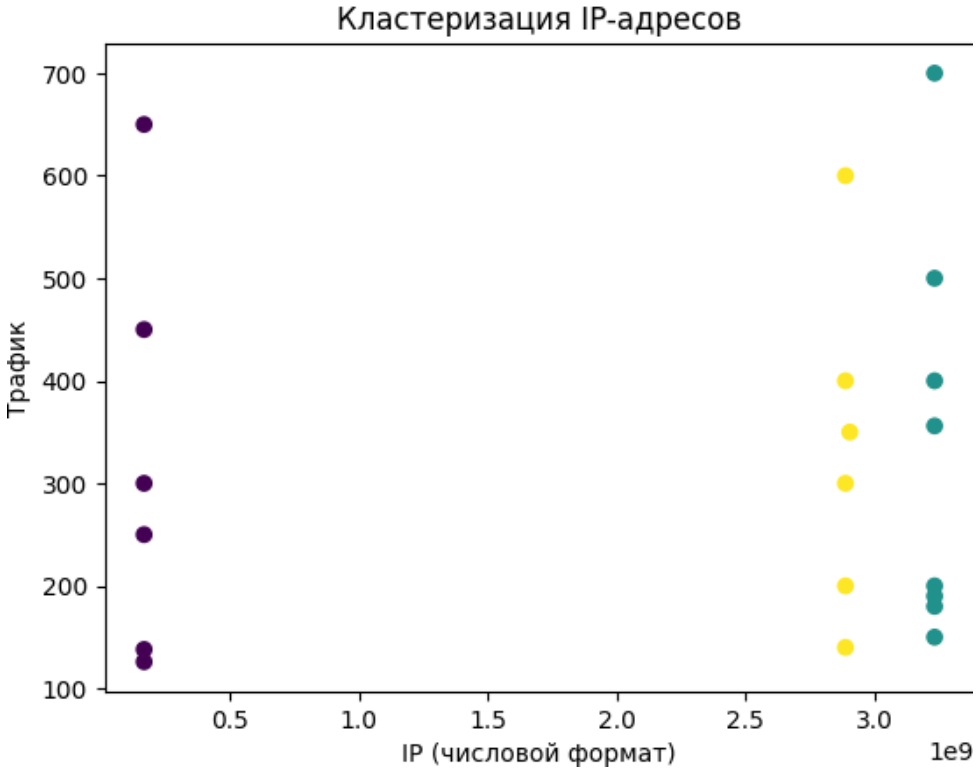


Рисунок 1 – Кластеризация IP-адресов

Таким образом, необходимо использование комплексного подхода для создания устойчивой и безопасной сетевой инфраструктуры, что позволяет эффективно предотвратить возможные угрозы информационной безопасности.

Библиографический список

1. Браницкий, А.А. Анализ и классификация методов обнаружения сетевых атак / А.А. Браницкий, И.В. Котенко // Тр. СПИИРАН. – 2016. – № 45. – С. 207-244.
2. Гитис, Л. Х. Статистическая классификация и кластерный анализ / Л. Х. Гитис. – Москва: Изд-во Моск. гос. гор. ун-та, 2003. – 156 с.
3. Высоцкая, И.А. Обнаружения сетевых атак с использованием методов статистического анализа / И.А. Высоцкая // Материалы XXI Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методы, технологии», Воронеж, 2021. – С. 240-243.
4. Шелухин, О.И. Обнаружение вторжений в компьютерные сети (сетевые аномалии). Учебное пособие для вузов / О. И. Шелухин, Д. Ж. Сакалема, А. С. Филинова. – М: Горячая линия-Телеком, 2013. – 220 с.

УДК 629.46/47

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВАГОНОВ В РЕМОНТНОМ ДЕПО

Гаврилов В.А.
РГУПС, филиал ГРУПС в г. Воронеж

В работе проведено технико-экономическое обследование вагонного *ремонтного депо*. Рассмотрены вопросы организации ремонта вагонов, направленные на обеспечение безопасности движения поездов.

Ключевые слова: ПТО, грузовой вагон, полное опробование тормозов, *технология ремонта, ремонтное* депо.

Пункт технического обслуживания предусматривает систему технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов, обеспечивающую высококачественный ремонт вагонов и, в первую очередь, таких ответственных узлов, как тележки, автосцепное оборудование и автотормоза, повышение эффективности работы железных дорог, обеспечение безостановочного безопасного движения поездов по установленным гарантийным участкам, безопасность труда, сохранность перевозимых грузов.

Предложено совершенствование технологии технического обслуживания вагонов за счет внедрения новых устройств диагностики тормозов подвижного состава на станции, что позволяет максимально автоматизировать процесс опробования автотормозов в парках, с установлением жесткого, многоступенчатого контроля неукоснительного выполнения технологии и соблюдения нормативных параметров работы тормозного оборудования.

Устройство зарядки и опробования тормозов с регистрацией УЗОТ-РМ предназначено для зарядки и опробования тормозов подвижного состава железных дорог на ПТО в парках отправления с формированием и сохранением в электронном виде отчетов по обработке тормозов поезда, справок об обеспечении поезда тормозами и исправном их действии, суточных отчетов и передачей данных в систему АСУ ПТО.

УЗОТ-РМ позволяет автоматизировать процессы подготовки тормозов подвижного состава в парках отправления, осуществлять контроль за качеством подготовки тормозов и соблюдением технологической дисциплины в парке отправления.

Устройство УЗОТ-РМ обеспечивает:

- управление от одного пульта оператора парка (ПТО) несколькими устройствами УЗОТ;
- одновременную обработку до пяти поездов с одного устройства УЗОТ;
- контроль пневматической части тормозов локомотива, в том числе (от любой колонки):
- продувку тормозной магистрали сжатым воздухом под давлением 1,6 - 1,9 кгс/см² при соединении тормозных рукавов;
- ускоренную (за 8-20 минут) зарядку тормозной магистрали завышенным давлением с последующей автоматической ликвидацией его темпом, не приводящим к срабатыванию тормозов;
- проверку тормозов на мягкость с контроль срабатывания при ликвидации сверхзарядного давления темпом мягкости (0,2 кгс/см² за 80 - 120 сек);
- выявление самопроизвольного срабатывания;
- проверку плотности тормозной сети состава длиной до 500 осей в автоматическом и ручном режимах; при зарядном давлении и при ступени торможения;
- проверку целостности тормозной магистрали состава при продувке тормозной магистрали открыванием концевого крана хвостового вагона;
- проверку автоматических тормозов на торможение ступенями;
- проверку автоматических тормозов на отпуск зарядным давлением;
- непрерывный контроль плотности и давления воздуха в ТМ;

- непрерывный контроль давления воздуха в напорной магистрали парка с сигнализацией снижения давления;

- регистрацию хода опробования и параметров тормозных процессов в составе;

- формирование и сохранение в электронном виде отчетов по обработке тормозов поезда, справок об обеспечении поезда тормозами и исправном их действии, суточных отчетов;

- печать форм отчетности на бумажном носителе;

- передачу форм отчетности в АСУ ПТО.

Технические характеристики установки УЗОТ-РМ, устройство обеспечивает:

Давление воздуха на входе в электро пневматический блок должно быть в пределах от 6,5 до 9,0 кгс/см².

Время зарядки тормозов, в зависимости от длины состава, при соблюдении технологического процесса, не более 8...20 минут.

Значение зарядного давления выбирается в диапазоне от 4,5 до 5,6 кгс/см².:

Величина ступени торможения выбирается в диапазоне от 0,7 до 1,3 кгс/см².

Замер неплотности тормозной сети для поездов длиной до 500 осей.

Среднее время готовности устройства к работе не более 10 минут.

Электронные блоки УЗОТ-РМ работают от сети переменного тока напряжением от 200 до 240 В при частоте 50 Гц.

Литература

1. Инструкция по ремонту грузовых вагонов РД-32 ЦВ 052-2011.-45с.
2. Прочность цистерн из стали ВСт3СП в условиях низких температур / Н. В. Стоянова, В. И. Корольков, С. Е. Гончаров, И. С. Попов // Наука и техника транспорта. – 2017. – № 4. – С. 47-49. – EDN YLFMYL.
3. Стоянова, Н. В. Неразрушающий контроль и сертификация/ Стоянова Н.В., Бомбардиров А.П., и др.// Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта М. 2009 С.60-63.
4. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.
5. Стоянова, Н. В. Проблемы и перспективы развития вагонного хозяйства / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 261-265. – EDN GHTVGW.

УДК 514.114

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ МНОГОМЕРНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Гайдай В. А.

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

В статье описывается задача многомерной евклидовой геометрии с очень простой формулировкой, рассмотрение которой оказывается связанным с более сложными вопросами теории политопов. Характеризуются некоторые возникающие при решении задачи политопы, в том числе не привлекавшие ранее существенного внимания исследователей. Статья включает также краткий исторический обзор развития теории политопов.

Ключевые слова: многомерная геометрия, политопы, многоячейники, тессеракт, глубоко усеченный пентахор.

Рассмотрим задачу.

Задача 1. Каким должно быть n, чтобы земной шар удалось положить в n-мерный куб со стороной в 1 сантиметр?

Если считать Землю трехмерным шаром радиуса около 6371 км, ответ будет следующим: требуемое в задаче выполнимо при всех n, превосходящих приблизительно $4{,}87 \cdot 10^{18}$ (около 5 квинтиллионов).

Более общий и «серьезный» вариант данной задачи из области многомерной геометрии можно сформулировать следующим образом.

Задача 2. Чему равен максимальный радиус m-мерного шара, который можно разместить внутри n-мерного куба со стороной 1? ($m \leq n$.)

Данная задача представляет интерес потому, что оказывается тесно связанной с теорией политопов – n-мерных обобщений двумерных многоугольников, трехмерных многогранников, четырехмерных многоячейников и так далее.

Основания теории политопов восходят к работам древнегреческих математиков, впервые описавшим пять правильных трехмерных многогранников – *тетраэдр, куб* (гексаэдр), *октаэдр, икосаэдр* и *додекаэдр* – и доказавшим, что других правильных выпуклых многогранников существовать не может. Правильным многогранникам посвящена, в частности, последняя книга «Начал» Евклида [1, с. 145-146].

Элементами, составляющими трехмерный многогранник, являются его вершины (нульмерные точки), ребра (одномерные отрезки) и грани (двумерные многоугольники). Многогранник называется правильным, если он совершенно симметричен, то есть если существуют не изменяющие его симметрические преобразования – отражения, повороты, – переводящие любой его элемент в любой другой однотипный элемент: любую вершину – в любую вершину, любое ребро – в любое ребро, любую грань – в любую грань.

В отличие от двумерного евклидова пространства (плоскости), где имеется бесконечно много правильных выпуклых многоугольников, в трехмерном пространстве выпуклых правильных многогранников только пять. Этот факт привлек внимание древних греков, сделавших из него два вполне правильных умозаключения: во-первых, что трехмерное пространство устроено в чем-то принципиально иначе, чем двумерное; во-вторых, что изучение свойств многогранников поможет проникнуть в эти особенности устройства трехмерного пространства и в конечном итоге понять какие-то важные свойства реального мира.

Указанные верные выводы на заре научного познания, разумеется, зачастую оформлялись в достаточно смутные и на современный взгляд наивные рассуждения с примесью мистицизма. Наиболее яркое выражение подобных размышлений – диалог Платона «Тимей, или О природе» (около 360 г. до н. э.), благодаря популярности которого за правильными многогранниками и закрепилось название платоновых тел. Для Платона числовые характеристики правильных многогранников – суть некие выражения общих числовых принципов гармонии вселенной, а сами правильные многогранники – символы пяти первоэлементов бытия. В словах Платона «нет видимых тел, более прекрасных, чем эти, притом каждое из них прекрасно по-своему» – скрывается идея симметрии: именно симметрия лежала в корне древнегреческих представлений о красоте, тесно связанных с идеей порядка, строя – «космоса», противопоставляемого «хаосу». При всей ненаучной размытости таких рассуждений античной философии, они тоже оказали свое положительное воздействие на развитие строгого научного знания. К примеру, упомянутое поэтическое сопоставление многогранников со стихиями – «сухого» тетраэдра с огнем, «разбухшего» икосаэдра с водой – ведет к современным разделам математики: введенной в XX веке характеристике сферичности многогранника (численно устанавливающей, насколько в точности многогранник «сухой» или «разбухший»), которая оказалась полезна в физике и

технике, и изопифанному неравенству, которое, несмотря на простоту формулировки, получило доказательство лишь в конце XIX века, а многочисленные его аналоги и обобщения продолжают изучаться математиками по сей день (см., например, [2]).

Несколько ближе к современной научной истине оказались античные атомисты, развивавшие догадки философов Левкиппа, Демокрита, Эпикура об устройстве материи из небольших неделимых частиц, атомов; для описания гипотетических форм и взаимодействий этих частиц они пытались привлекать многогранники. В настоящее время подобные догадки развиты в учение об атомно-молекулярных структурах, кристаллических решетках, которыми обуславливаются свойства вещества. Теория многогранников находит широчайшее применение в минералогии и кристаллографии; кроме того, геометрические свойства многогранников привлекаются, скажем, при исследовании поведения сыпучих объектов, составленных из мелких твердых частичек – таких, как песок [1, с. 164-165].

Постепенно вслед за получившими названия и подробно изученными пятью платоновыми телами в геометрии были исследованы и получили имена другие, менее симметричные («менее прекрасные», если воспользоваться платоновском выражением) многогранники: 13 полуправильных архимедовых тел, столько же полуправильных каталановых тел; в XX веке – 92 тела Джонсона [3], оказавшиеся связанными со свойствами атомно-молекулярных структур в жидкостях [4], и так далее.

Четырехмерные аналоги многогранников называются многоячейниками. Их элементы – вершины (нульмерные точки), ребра (одномерные отрезки), грани (двумерные многоугольники) и ячейки (трехмерные многогранники). Так, Людвиг Шлефли в середине XIX века обнаружил и описал все шесть правильных выпуклых многоячейников, аналогов платоновых тел: четырехмерный аналог тетраэдра, *пентахор* (пятиячейник); четырехмерный аналог куба, *тессеракт* (октахор, восьмиячейник); четырехмерный аналог октаэдра, *гексадекахор* (шестнадцатиячейник); четырехмерный аналог додекаэдра, *гекатоникосахор* (стодвадцатиячейник); четырехмерный аналог икосаэдра, *гекзакосихор* (шестисотячейник) – и, сверх того, не имеющий трехмерных аналогов и специфический именно для четырехмерного пространства *икоситетрахор* (двадцатичетырехъячейник), обладающий рядом уникальных свойств – в частности, самодвойственностью. Существует два бесконечных класса правильных политопов, двойственных самим себе: все *n*-мерные аналоги тетраэдра, симплексы, – и все двумерные многоугольники. Икоситетрахор же не входит ни в один из этих двух классов – это единственный самодвойственный правильный политоп, не являющийся ни многоугольником, ни симплексом.

Можно было бы ожидать, что в большем числе измерений аналоги платоновых тел будут еще более сложными и многообразными – но это не так. При $n \geq 5$ существуют только три *n*-мерных аналога выпуклых правильных многогранников – всегда однотипные: аналог тетраэдра, аналог куба и аналог октаэдра. Грубо и кратко пояснить этот факт можно так: при $n \leq 2$ в *n*-мерном евклидовом пространстве еще «слишком мало возможно», при $n \geq 5$ – «слишком много возможно»; в случаях же $n = 3$ и $n = 4$ что-то уже «можно», но чего-то еще «нельзя»; эти «можно» и «нельзя» вступают друг с другом в причудливые комбинации – поэтому в некотором смысле трех- и четырехмерные евклидовы геометрии оказываются наиболее трудными, прихотливыми, создают причудливые конструкции вроде вышеупомянутого икоситетрахора.

Теория *n*-мерных политопов имеет многочисленные приложения не только в таких сложных областях современной науки, как теория гравитации, физика элементарных частиц, но и во многих куда более «приземленных» отраслях – к примеру, в экономике: один из часто применяющихся для решения экономических задач математических методов, симплекс-метод решения линейного программирования, даже получил название в честь упомянутых выше симплексов – *n*-мерных аналогов трехмерных тетраэдров (в данном случае уже не обязательно правильных), которыми названный метод оперирует.

В настоящее время общая теория *n*-мерных политопов еще весьма далека от стройности и завершенности. До сих пор не закончена, скажем, классификация

четырехмерных аналогов тел Джонсона (англ. «CRF polychora») и неизвестно их точное количество, – не говоря уже о подробном исследовании и описании n-мерных аналогов архимедовых тел, каталановых тел, тел Джонсона и других примечательных классов политопов при более высоких n.

Вернемся к задаче 2 и продемонстрируем ее продуктивную связь с теорией политопов.

В случае $m = 2$, $n = 2$ искомый в задаче максимальный радиус, очевидно, равен $R = 0{,}5$: в единичный квадрат можно вписать круг единичного диаметра. При этом круг будет касаться границы квадрата в четырех точках – вершинах другого квадрата (рис. 1, а). Тот же ответ $R = 0{,}5$ получим и при других равных значениях $m = n$.

Если же взять $m = 2$, $n = 3$, искомый радиус оказывается уже немного больше 0,5: дело в том, что плоский двумерный круг можно вложить в трехмерный куб не «ровно», а «наискось». Пересечем куб плоскостью так, чтобы в сечении получился правильный шестиугольник; в этот шестиугольник вписывается круг радиуса $R \approx 0{,}6124$, касающийся границы куба в шести точках – вершинах другого правильного шестиугольника (рис. 1, б).

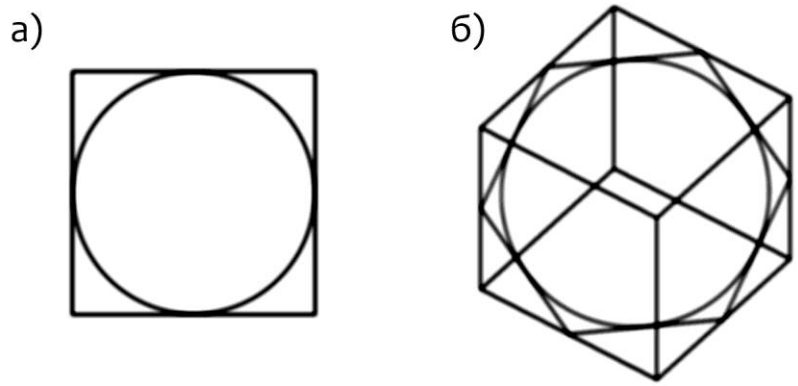


Рис. 1 – Круг внутри квадрата и внутри куба

Шестиугольное сечение, о котором идет речь, разрезает куб на две одинаковых части (рис. 2, а–в), каждая из которых имеет 7 граней, 15 ребер, 10 вершин. Общепринятого названия у многогранника на рис. 2, в – «половины куба» – в геометрии нет.

Аналогично при $m = 3$, $n = 4$ четырехмерный куб, тессеракт, можно пересечь трехмерной гиперплоскостью так, чтобы в сечении получился правильный октаэдр – см. рис. 2, г–е. (Приводимые в статье иллюстрации представляют собой ортогональные проекции трех- и четырехмерных геометрических конструкций на двумерную плоскость.)

В этот октаэдр вписывается трехмерный шар радиуса $R \approx 0{,}5774$, касающийся границы тессеракта в восьми точках – вершинах некоторого куба. Трехмерный шар большего радиуса разместить внутри единичного тессеракта нельзя. В отличие от рис. 2, б, где вершины шестиугольного сечения не совпадают с вершинами куба, на рис. 2, д все вершины октаэдрического сечения являются также и вершинами исходного тессеракта.

Упомянутое октаэдрическое сечение разрезает тессеракт на две одинаковых части. Каждая из них имеет 9 ячеек – 1 октаэдр, 4 прямоугольных тетраэдра и 4 семигранника в виде куба, от которого отрезан прямоугольный тетраэдр; 26 граней – 8 равносторонних треугольников, 6 прямоугольных треугольников, 6 квадратов и 6 пятиугольников в виде квадрата, от которого отрезан прямоугольный треугольник; 28 ребер неодинаковой длины; 11 вершин. Общепринятого названия у такого многоячейника – «половины тессеракта» (рис. 2, е) – снова нет.

Как видим, при увеличении m и n в задаче возникают все более сложные политопы, некоторые из которых даже не привлекали значительного внимания и не имеют в геометрии устоявшихся названий.

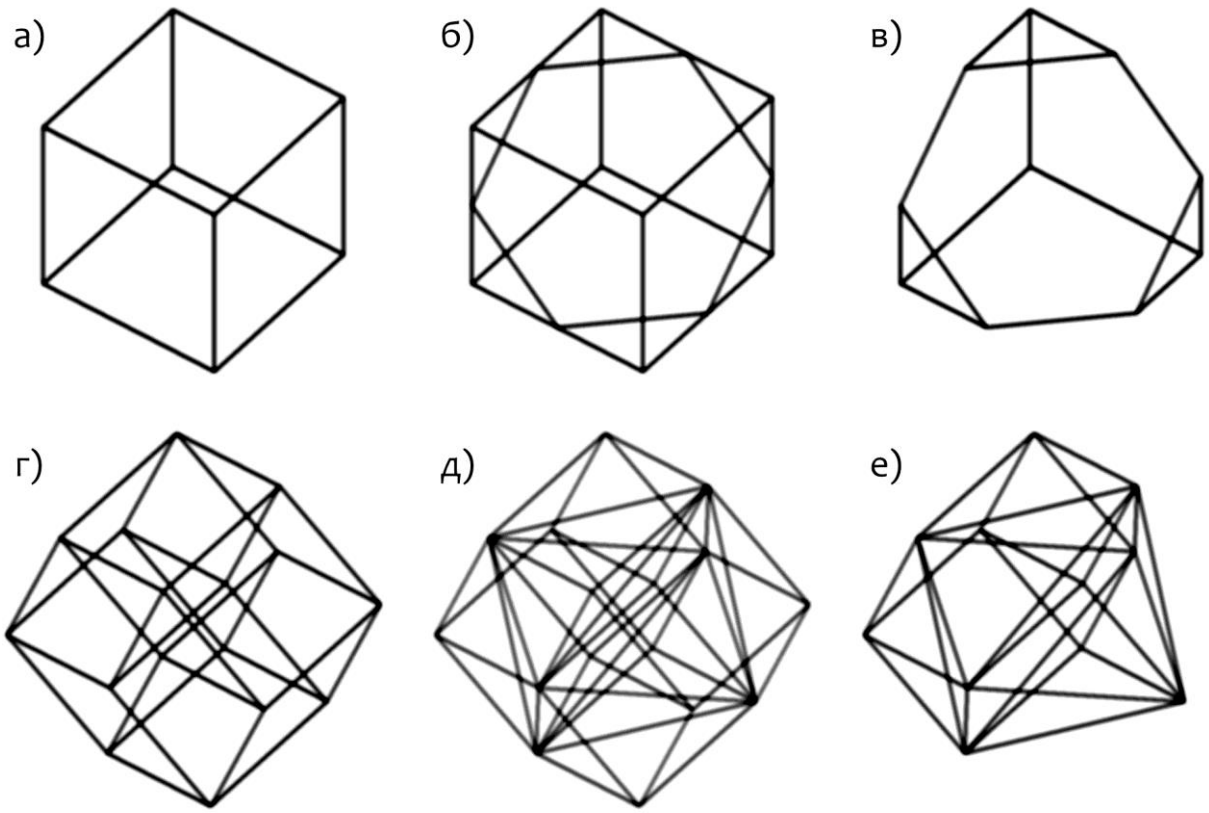


Рис. 2 – Разрезание пополам куба шестиугольником и тессеракта октаэдром

При $m = 4$, $n = 5$ картина еще более усложняется. Чтобы поместить внутри пятимерного куба, пентеракта, четырехмерный шар наибольшего радиуса, – пентеракт, как и ранее, нужно пересечь некоторой четырехмерной гиперплоскостью. Однако теперь оптимальное сечение уже не будет правильным политопом (каковыми являлись правильный шестиугольник и правильный октаэдр): этот неправильный, хотя и однородный [1, с. 150], многоячейник, получивший в XX веке наименование «глубоко усеченный пентахор» (англ. «bitruncated 5-cell»), известен по работам Гарольда Коксетера (Harold Coxeter, 1907–2003) [5] и его ученика Нормана Джонсона (Norman Johnson, 1930–2017). У глубоко усеченного пентахора 10 ячеек – одинаковых полуправильных архимедовых тел, усеченных тетраэдров; 40 граней – 20 равносторонних треугольников и 20 правильных шестиугольников; 60 ребер одинаковой длины; 30 вершин, ни одна из которых не является вершиной исходного пентеракта. В данный многоячейник вписывается четырехмерный шар радиуса $R \approx 0{,}5590$.

Чем сильнее n превосходит m, тем более «косо» вкладывается m-мерный шар внутрь n-мерного единичного куба – и тем больше может быть радиус шара R. Этим и объясняется, что при достаточно большом $n \approx 4{,}87 \cdot 10^{18}$ и $m = 3$ огромный земной шар удается разместить внутри многомерного куба со стороной всего лишь в 1 сантиметр.

Скажем, при $m = 2$, $n = 4$ искомый максимальный радиус оказывается больше, чем в разобранном выше случае $m = 3$, $n = 4$. Тессеракт можно пересечь двумерной плоскостью так, чтобы в сечении получился квадрат, все вершины которого будут также и вершинами исходного тессеракта (рис. 3); в этот квадрат вписывается круг радиуса $R \approx 0{,}7071$.

Рис. 3 – Квадрат в тессеракте

Продолжая исследовать предложенную в статье задачу про шар в кубе при различных значениях *m* и *n*, мы попутно открываем все новые многомерные политопы и знакомимся с новыми свойствами известных политопов; этим и обусловлено ее теоретическое значение.

Библиографический список

1. Болл У., Коксетер Г. Математические эссе и развлечения. М.: Мир, 1986. 474 с.
2. Гайдай, В. А. Изопериметрические неравенства для полиформ / В. А. Гайдай // Некоторые вопросы анализа, алгебры, геометрии и математического образования. 2018. № 8. С. 82-83. EDN YTPDAL.
3. Залгаллер В. А. Выпуклые многогранники с правильными гранями // Записки научного семинара ЛОМИ. М.–Л.: Наука, 1967. Т. 2. С. 5-220.
4. Гурин, А. М. К истории изучения выпуклых многогранников с правильными гранями / А. М. Гурин // Сибирские электронные математические известия. 2010. Т. 7. С. А5-А23. EDN NBRLYN.
5. Kaleidoscopes: Selected Writings of H. S. M. Coxeter. Edited by F. Arthur Sherk, Peter McMullen, Anthony C. Thompson, Asia Ivic Weiss. Wiley-Interscience Publication, 1995. 472 p.

УДК 303.732.4

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ИХ ВЕСОВ В ФУНКЦИИ ПОЛЕЗНОСТИ

Глущенко С.В., Сиделев С.М.

ВУНЦ ВВС «ВВА имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация: В статье проводится исследование системы, основанное на проведении корреляционного и факторного анализа для построения функции полезности. В качестве весовых коэффициентов показателей эффективности предлагается использовать специальным образом модифицированные собственные значения корреляционной матрицы.

Ключевые слова: Система, корреляционный анализ, факторный анализ, ядро конфликта, собственный вектор, собственное значение, функция полезности.

Активная фаза функционирования системы наступает после того как система полностью структурирована на данном этапе, определены цели, методы их достижения, оценены условия функционирования системы. Таким образом объективируется и инициализируется оптимизация системы на текущем временном интервале ее функционирования.

Оптимизация целеполагаемой системы $X = (x_1,x_2,\ldots,x_n)$, где x_i – параметр системы $(i = 1,2,\ldots,n)$, невозможна без анализа внутрисистемных связей и процессов, протекающих в системе, а также факторов ее функционирования. Корреляционный анализ параметров системы позволяет оценить степень и характер их взаимодействия и затем структурировать группу параметров. Корреляционные плеяды, включающие параметры с отрицательной корреляционной зависимостью выявляют конфликт в системе (ядра конфликта W^k), корреляционные плеяды с положительной корреляционной зависимостью – согласие (ядра согласия W^c), подгруппа независимых параметров – безразличие. Таким образом можно построить ядра конфликта, согласия и безразличия в системе по корреляционной матрице $R = \{r_{ij}\}$, $(i, j = 1,2,\ldots,n)$. Здесь r_{ij} – парный коэффициент корреляции между i - м и j – м параметрами. В основе взаимодействия параметров лежат некие факторы (их можно обозначить в виде латентных переменных f_i $(i = 1,2,\ldots,k)$, где k существенно меньше n.

В связи с этим на следующем этапе анализа системы необходимо определить факторы функционирования системы и степень их воздействия на поведение системы. Существующий математический аппарат включает ряд методов факторного анализа, среди которых наиболее популярен метод главных компонент. Выделенные главные компоненты (направления главного изменения данных) и представляют собой факторы f_i $(i = 1,2,\ldots,k)$. Они характеризуют основную дисперсию параметров системы [1]. При этом оставшиеся $n – k$ факторов принимаются несущественными. Суммарная дисперсия, определяемая этими факторами близка к нулю.

Модель факторного анализа представляется в виде системы уравнений:

$$x_i = \sum_{j=1}^{k} l_{ij} f_j + e_i;\ \ i = 1,2,\ldots,n;\ \ k < n. \qquad (1)$$

Значения каждого параметра x_i могут быть выражены взвешенной суммой латентных переменных (простых факторов) f_i, количество которых меньше числа исходных параметров, и остаточным членом e_i с дисперсией $\sigma^2(e_i)$, действующей только на x_i, который называют специфическим фактором. Коэффициенты l_{ij} называются нагрузкой i-го параметра на j - й фактор или нагрузкой j - го фактора на i - й параметр. Систему уравнений (1) можно преобразовать в систему уравнений

$$f_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j;\ \ i = 1,2,\ldots,k. \qquad (2)$$

Здесь a_{ij} – *преобразованная* нагрузка j-го параметра на i-й фактор.

Векторы главных компонент - это ортонормированный набор собственных векторов V_i корреляционной матрицы R, расположенных в порядке убывания собственных значений $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \ldots \geq \lambda_n > 0$.

$$RV_i = \lambda_i V_i. \qquad (3)$$

В силу симметричности матрицы R, в которой r_{ij} $(i, j = 1,2,\ldots,n)$ – вещественные числа, собственные значения λ_i $(i = 1,2,\ldots,n)$ – также вещественные числа. Собственные векторы V_i корреляционной матрицы R, соответствующие первым k собственным значениям $\lambda_1, \lambda_2,\ldots,\lambda_k$, соответствуют факторам f_i $(i = 1,2,\ldots,k)$, определяемым методом главных компонент, определяющих основную дисперсию параметров системы, а, значит, и несущих основную информацию о системе.

Если функционирование системы связано с достижением некоторых целей, или в общем некоей интегральной цели, то предполагается формирование критериев оптимальности (не ограничивая общности, на достижение максимума каждого критерия). В этом смысле для рассмотренной системы $X = (x_1,x_2,\ldots,x_n)$ в качестве критериев можно рассмотреть x_i – параметры системы $(i = 1,2,\ldots,n)$.

На первом этапе оптимизации системы необходимо построить целевую функцию по достижению оптимума (максимума), зависящую от критериев, или другими словами функцию полезности.

Аксиоматические методы построения функции полезности – это формальные методы, основанные на том, что формулируются специальные предположения (аксиомы) о свойствах предпочтения, выполнение которых гарантирует существование функции полезности конкретного вида. Обычно, при использовании таких методов функцию полезности строят в аддитивном виде [4]:

$$f = \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + ... + \alpha_n x_n \qquad (4)$$

с некоторыми весовыми коэффициентами α_i $(i = 1,2,...,n)$, определяющими степень влияния x_i на f в целом. Максимизация f предполагает максимизацию x_i $(i = 1,2,...,k)$.

Можно предложить следующий этап оптимизации системы, основанный на значительном снижении количества критериев оптимизации. Применение факторного анализа позволяет решить эту задачу, получив группу факторов f_i $(i = 1,2,...,k)$, количество которых значительно меньше исходного количества критериев. Предлагается такая модель функции полезности [2]:

$$f = \lambda_1 f_1 + \lambda_2 f_2 + ... + \lambda_k f_k . \qquad (5)$$

В качестве весовых коэффициентов предлагается взять собственные значения λ_1, $\lambda_2,...,\lambda_k$, характеризующие уровень дисперсии (уровень информативности), т.е. степень влияния соответствующего фактора на поведение системы. Для увеличения полезности системы возможно потребуется усиление одних и ослабление других факторов. Это возможно (если технология позволяет), поскольку факторы взаимнонезависимы. Однако при этом необходимы анализ и интерпретация факторов. Для увеличения полезности системы усиление (ослабление) факторов, связанных с ядрами согласия, теоретически не вызывает трудности и основывается на скалярной оптимизации. Гораздо сложнее с точки зрения оптимизации системы воздействовать на факторы, формирующие ядра конфликта. Оптимизация соответствующих факторов основывается на решении задач векторной оптимизации по всем W^k. На основании описанных процедур и определяются скорректированные f_i и λ_i для последующего формирования функции полезности. Требуют также внимания и те специфические факторы, которые оказывают существенное воздействие на отдельные параметры системы. В связи с этим проводится окончательная коррекция спектра $\lambda_1, \lambda_2,...,\lambda_k$.

Можно предложить следующий метод формирования коэффициентов $\lambda_1, \lambda_2,...,\lambda_k$, учитывая в первую очередь наряду с информативностью важность фактора с точки зрения его полезности. Степень важности каждого фактора (критерия полезности) f_i обозначим α_i. Определим коэффициенты λ_i $(i = 1,2,...,k)$:

$$\lambda_i = (\alpha_i + \alpha_i \delta_i) / \sum_{i=1}^{k} (\alpha_i + \alpha_i \delta_i) . \qquad (6)$$

Здесь δ_i – нормированная дисперсия фактора f_i $(\sum_{i=1}^{k} \delta_i = 1)$. Очевидно для (6) выполняется требование $\sum_{i=1}^{k} \lambda_i = 1$. В силу нормированности α_i $(\sum_{i=1}^{k} \alpha_i = 1)$ выражение (6) можно преобразовать в виде:

$$\lambda_i = (\alpha_i + \alpha_i \delta_i) / (1 + \sum_{i=1}^{k} \alpha_i \delta_i) . \qquad (7)$$

Должно выполняться требование $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq ... \geq \lambda_k$ (значимость с точки зрения полезности каждого последующего критерия не должна превышать значимости предшествующего). В силу этого могут быть скорректированы первоначально выбранные коэффициенты α_i. Пусть изначально определен α_1, тогда имеем

$$(\alpha_1 + \alpha_1\delta_1)/(1+\sum_{i=1}^{k}\alpha_i\delta_i) \geq (\alpha_2 + \alpha_2\delta_2)/(1+\sum_{i=1}^{k}\alpha_i\delta_i),$$

следовательно $\alpha_1 + \alpha_1\delta_1 \geq \alpha_2 + \alpha_2\delta_2$, тогда $\alpha_2 \leq (\alpha_1 + \alpha_1\delta_1)/(1+\delta_2)$.

Т.е. максимально-возможное значение α_2 можно взять равным

$$\alpha_2 = (\alpha_1 + \alpha_1\delta_1)/(1+\delta_2) .$$

Повторяя эти рассуждения для всех коэффициентов α_i $(i = 2,3,...,k)$, получим:

$$\alpha_i \geq (\alpha_{i-1} + \alpha_{i-1}\delta_{i-1})/(1+\delta_i). \quad (8)$$

Таким образом определяются окончательно значения коэффициентов λ_i для факторов (критериев полезности) f_i $(i = 1,2,...,k)$ по формуле (7).

Библиографический список

1. Глущенко С.В. О факторном анализе в целеполагаемой системе / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах // Научнотехнический журнал. Выпуск №3-4(17-18). Воронеж. ВГТУ, 2019 г. С. 13-15.

2. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. - М: Радио и связь, 1981. - 560 с.

УДК 004.4

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАКРУЧЕННОГО ТЕЧЕНИЯ

Голикова Е.В., Бункэт М.

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. В ходе исследования выполнено численное моделирование закрученного течения в цилиндрическом канале, результаты которого имеют важное практическое значение для разработки гидросистем в авиации. Основное внимание уделено изучению характеристик гидравлического сопротивления, поскольку этот параметр непосредственно определяет надежность и энергоэффективность оборудования. С применением методов вычислительной гидродинамики проанализированы функциональные зависимости коэффициента гидравлического сопротивления Установленные закономерности создают основу для прогнозирования потерь давления в реальных условиях и позволяют проводить целенаправленную оптимизацию параметров гидравлических систем летательных аппаратов.

Ключевые слова: численное моделирование, закрученный поток, гидравлическое сопротивление.

Гидравлические системы находят широкое применение в промышленности, на транспорте, в строительстве и энергетике, обеспечивая передачу энергии и управление посредством жидкостей и газов. Одним из центральных аспектов проектирования и эксплуатации таких систем является учет гидравлического сопротивления, то есть потерь давления, возникающих при движении рабочей среды по трубопроводам и элементам системы. Особое внимание в этом контексте уделяется течению с закруткой, при котором поток совершает вращательное движение вследствие винтовой геометрии каналов, наличия поворотов, клапанов или специальных закручивающих устройств. Такой режим течения существенно влияет на величину гидравлических потерь, общую эффективность и надежность системы [1; 2]. В настоящей работе рассматриваются механизмы формирования гидравлического сопротивления, особенности закрученных течений, методы их

моделирования и расчета, а также даются практические рекомендации по минимизации потерь в гидросистемах. Современный военный самолет требует для управления своими механизмами усилий, недоступных человеку. Пилот физически не способен мускульной силой поднять закрылки, выпустить шасси или затормозить после посадки. Эти функции выполняет гидравлическая система – критически важная «невидимая мускулатура» летательного аппарата. Она преобразует относительно небольшую механическую энергию, отбираемую от двигателей, в мощное, точное и быстрое усилие, необходимое для перемещения органов управления, уборки шасси и остановки многотонной машины. Гидравлика представляет собой высокотехнологичную, непрерывно развивающуюся область. Ее будущее связано с повышением интеллектуальности систем, внедрением прогнозирующего обслуживания, использованием новых материалов и рабочих жидкостей с улучшенными характеристиками. До тех пор, пока существуют тяжелые самолеты, требующие передачи значительных усилий, гидравлика останется их неотъемлемой и жизненно важной частью, надежно переводя команды пилота или автопилота в мощное и точное движение. Любая гидравлическая система, независимо от сложности, строится на базовом наборе компонентов, каждый из которых выполняет строго определенную функцию. Трубопроводы, являющиеся «артериями» системы, изготавливаются из стали, титана или композитов и должны выдерживать рабочее давление с существенным запасом прочности.

Гидравлическое сопротивление представляет собой совокупность сил, противодействующих течению внутри системы. Оно проявляется в виде потерь давления, для преодоления которых требуются дополнительные энергозатраты. Основной зависимостью для оценки гидравлических потерь служит уравнение Дарси- Вейсбаха, показывающее, что потери давления пропорциональны квадрату скорости потока и длине участка. Выделяют следующие виды сопротивлений: линейное сопротивление, обусловленное трением рабочей среды о внутренние стенки трубы, местные сопротивления, вызванные изменениями конфигурации потока в изгибах, поворотах, клапанах и других элементах, сопротивление при закрутке – вид потерь, связанный с возникновением вращательного движения и сложной турбулентной структуры внутри потока.

Течение с закруткой характеризуется наличием постоянного или переменного вращательного движения частиц вокруг оси, совпадающей с направлением основного потока. Такой режим часто возникает в каналах со спиральной геометрией, при прохождении потока через закручивающие устройства или резкие повороты. Причинами закрутки могут быть как конструктивные особенности тракта (винтовые каналы), так и задачи управления потоком (стабилизация, смешивание) или геометрия местных препятствий (резкие повороты, сужения). Для математического описания таких течений применяются уравнения Навье-Стокса и специальные модели турбулентности, такие как, например, k-ε. Поскольку аналитическое решение часто невозможно, для оценки потерь широко используются численные методы вычислительной гидродинамики.

В практике гидравлических расчетов широко применяется принцип декомпозиции. Этот инженерный метод позволяет рассчитать сложную систему путем ее разбиения на простые, стандартные элементы, характеристики которых могут быть описаны аналитически или определены экспериментально. Сложная гидросистема представляется в виде совокупности элементарных звеньев. После определения гидравлических характеристик каждого звена составляется и решается система уравнений, описывающая их взаимосвязь. Это позволяет найти ключевые параметры: расходы, давления, скорости, потери мощности и температурные режимы. Инструменты для таких расчетов делятся на две категории: аналитические (например, ручные расчеты или вычисления в инженерных пакетах типа Mathcad), пригодные для простых систем и стационарных режимов, и специализированное программное обеспечение (MATLAB/Simulink с библиотеками по гидравлике). В последнем принцип декомпозиции реализован наглядно: пользователь соединяет готовые виртуальные модели элементов (насос, клапан, цилиндр) в схему, аналогичную реальной, после чего программа автоматически формирует и решает полную систему уравнений.

Под потерями напора (гидравлическими потерями) понимают безвозвратное рассеяние удельной энергии (переход ее в тепло) на участках гидросистем вследствие вязкого трения, что приводит к снижению общего напора или давления. Для пересчета потерь напора в потери давления используется соотношение:

$$\Delta p = \gamma h_l ,$$

где Δp – перепад давления, γ – удельный вес рабочего тела, h_l – потери напора. Удельный вес не является фиксированным свойством вещества, так как зависит от ускорения свободного падения, которое меняется в зависимости от места измерения. Удельный вес может быть определен как произведение

$$\gamma = \rho g ,$$

где ρ – плотность рабочего тела, g – ускорения силы тяжести [3].

Потери давления по длине канала обусловлены трением рабочего тела, обладающего вязкостными свойствами, типом его движения. Эти потери описываются уравнением [1; 2]

$$\Delta p_{тр} = \lambda \bar{L} \frac{\rho v^2}{2} ,$$

где $\Delta p_{тр}$ – потери давления (Па) на трение, λ – коэффициент трения, $\bar{L} = \frac{L}{D}$ – относительная длина канала, L – длина (м), D – диаметр канала (м), ρ – плотность рабочего тела (кг/м^3), v – скорость потока (м/с). Коэффициент гидравлического трения λ в этом уравнении является ключевым параметром, зависящим от режима течения.

Местные сопротивления возникают в местах изменения конфигурации потока, эти потери описываются через коэффициент местного сопротивления ξ.

$$\Delta p_{местн} = \xi \frac{\rho v^2}{2} .$$

Для количественной оценки гидравлического сопротивления в условиях закрученного потока используются различные подходы, которые условно можно разделить на экспериментальные и теоретико-численные. (разработка аналитических моделей, основанных на уравнениях Навье-Стокса с учетом эффекта закрутки, применение методов численного моделирования, использование эмпирических формул и коэффициентов сопротивления, которые получены путем обобщения экспериментальных данных [4]).

В работе [5] представлено исследование потерь напора в трубопроводе при движении закрученного потока. На основе полученных результатов можно определить численные значения коэффициента гидравлического сопротивления ξ для заданного типа течения, геометрии канала и свойств рабочей среды. В указанном исследовании на первом этапе по экспериментальным данным о потерях напора были рассчитаны перепады давления. Затем, с учетом теплофизических характеристик рабочего тела, вычислены итоговые коэффициенты гидравлического сопротивления

$$\Delta p = \Delta p_{тр} + \Delta p_{местн} = \lambda \bar{L} \frac{\rho v^2}{2} + \xi \frac{\rho v^2}{2} = \left(\lambda \bar{L} + \xi\right) \frac{\rho v^2}{2} = (\xi_{тр} + \xi_{мс}) \frac{\rho v^2}{2} = \xi \frac{\rho v^2}{2} ,$$

где $\xi_{тр}$, – коэффициент сопротивления трения, $\xi_{мс}$ – коэффициент местных гидравлических сопротивлений [2, 4]. Откуда

$$\xi = \frac{2\Delta p}{\rho v^2}.$$

Полученные значения коэффициента гидравлического сопротивления представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Значения коэффициента гидравлического сопротивления потока с закруткой

Перепад давления Δp, $\times 10^5$ $Па$	Коэффициент гидравлического сопротивления ξ	Массовый расход $\dot{m}$, $м^3/ч$
0.91571445	3296.16	7.07
4.360545	981	28.26
16.38692811	409.622	84.78

Зависимости коэффициента гидравлического сопротивления ξ от массового расхода для потоков с закруткой и без закрутки представлены на рисунке 1.

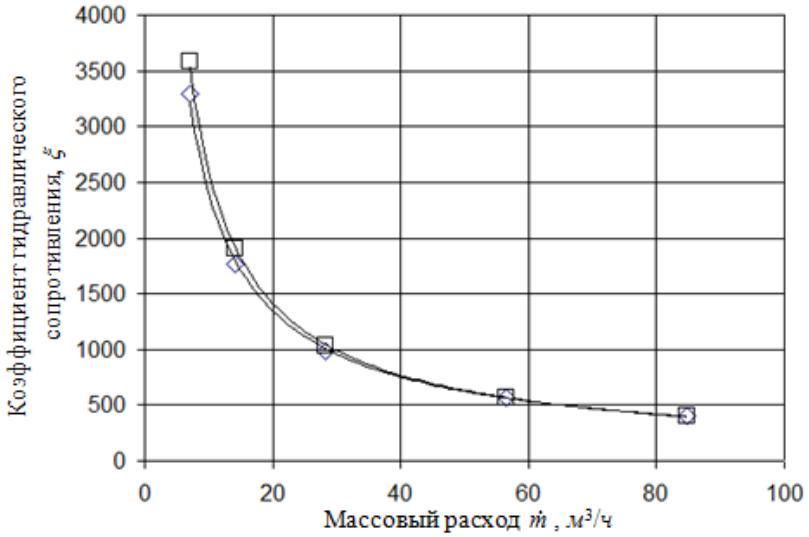


Рис. 1 – Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления ξ от массового расхода $\dot{m}$

□ – течение без закрутки, ◊ – течение с закруткой

Анализ полученных результатов позволил получить следующую зависимость для определения коэффициента гидравлического сопротивления при течении с вращением ξ_1 и гидравлического сопротивления при течении без закрутки ξ_2.

$$\xi_1 = \frac{16546}{\dot{m}^{0.8378}}, \qquad \xi_2 = \frac{19740}{\dot{m}^{0.8798}}.$$

Оптимизация гидравлических систем летательных аппаратов представляет собой задачу, требующую нахождения оптимального баланса между зачастую конфликтующими требованиями при строгих конструктивных и эксплуатационных ограничениях. Исследование и точное определение коэффициентов гидравлического сопротивления служат основой для проведения корректных гидравлических расчетов. Это, в свою очередь,

позволяет совершенствовать характеристики систем, подбирая наиболее эффективные параметры их работы. В итоге это приводит к повышению общей эффективности систем и значительному сокращению затрат на их обслуживание и эксплуатацию.

Библиографический список

1. Некрасов Б.Б. Гидравлика. М.: Воениздат. 1960. 348 с.
2. Щукин В.К., Халатов А.А. Теплообмен, массообмен и гидродинамика закрученных потоков в осесимметричных каналах. М.: Машиностроение. 1982. 200 с.
3. Крауиньш П. Я., Смайлов С. А., Мойзес Б. Б. Гидравлика и гидропривод: Учеб. пособие / Том. политехн. ун-т. – Томск, 2006. – 223 с.
4. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Машиностроение. 1992. 782 с.
5. Иншаков Р.С., Балабуха А.В., Анисимова Е.Ю., Цырендашиев Н.Б., Панасенко Н.Л., Цыбуля И.И. Применение завихрителя потока движущейся среды для снижения гидравлических потерь в трубопроводах // Вестник Евразийской науки, 2018 №3, https://esj.today/PDF/36SAVN318.pdf (доступ свободный).

УДК 629.46/47

ВНЕДРЕНИЕ ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ОБОРУДОВАНИЯ НА ПТО ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Головин Е.Р.
РГУПС, филиал ГРУПС в г. Воронеж

В работе проведено техническое обследование ПТО вагонного *ремонтного депо*. Рассмотрены основные задачи организации ремонта вагонов и новых технических средств, направленные для обеспечение безопасности движения поездов и грузов.

Ключевые слова: ПТО, вагон, комплекс, *технология ремонта, ремонтное* депо, программа ремонта, информация.

В современных условиях ставится задача усиления базы текущего отцепочного ремонта с внедрением прогрессивных технических средств и совершенствования оборудования, для обеспечения безопасности движения и сохранности груза.

Комплекс тепловой диагностики «ПАУК», созданный специалистами Ростовского государственного университета путей сообщения и установленный на ПТО Север станции Батайск Северо-Кавказской железной дороги, позволяет на ранних стадиях обнаруживать температурные аномалии в подвагонном пространстве. Эти аномалии могут быть связаны с неисправностями тормозной рычажной передачи, буксового узла колесной пары, колес и подвагонного оборудования во время движения поездов.

Предназначен комплекс для следующих целей:

– мониторинга (упреждающего контроля) состояния грузового поезда в движении; автоматизированного съема, хранения и обработки информации, возможности доступа к информации на каждом уровне управления ОАО «РЖД»;

– раннего выявление дефектных узлов элементов ходовой части грузовых вагонов в процессе движения поезда осуществляется бесконтактным методом с использованием высокоразрешающих приборов промышленного тепловидения. Полученное инфракрасное видеоизображение затем обрабатывается с применением методов машинного зрения и распознавания образов.

По каналам связи выдается информация для принятия решений на рабочие места руководителей и специалистов структурных подразделений. Работа комплекса в реальном масштабе времени наблюдается на web-сайте СПД ОАО «РЖД».

В состав комплекса АДК «ПАУК» входят:

– постовое напольное оборудование, в структуре которого два комплекта выносных модулей с портативными инфракрасными системами и дополнительными программируемыми устройствами, два комплекта оптоволоконного модуля связи выносных модулей и регистрирующего оборудования и модуль электроснабжения;

– постовое регистрирующее оборудование, состоящее из двух комплектов модулей регистрирующего оборудования и одного комплекта оптоволоконного модуля связи выносных модулей и регистрирующего оборудования, а также модули электроснабжения, электрической централизации и навигации;

– станционное оборудование, включающее в себя комплекты автоматизированного рабочего места (АРМ) вагонных диспетчеров, АРМ администратора сети, АРМ работников ПТО, АРМ специалистов служб управления Северо-Кавказской дороги.

– постовое регистрирующее оборудование, состоящее из двух комплектов модулей регистрирующего оборудования и одного комплекта оптоволоконного модуля связи выносных модулей и регистрирующего оборудования, а также модули электроснабжения, электрической централизации и навигации;

– станционное оборудование, включающее в себя комплекты автоматизированного рабочего места (АРМ) вагонных диспетчеров, АРМ администратора сети, АРМ работников ПТО, АРМ специалистов служб управления Северо-Кавказской дороги.

Постовое напольное оборудование комплекса размещается на расстоянии 8-10 метров от путевой структуры в контейнерных модулях, расположенных в горловине станции, рядом с ПТО (путевая структура может быть однопутной, в крайнем случае – двухпутной). При этом предусмотрено антивандальное исполнение конструкции постового напольного оборудования комплекса.

Постовое регистрирующее оборудование комплекса, выполненное в виде стандартной компьютерной стойки, устанавливается в ближайшем станционном помещении. Станционное оборудование комплекса размещается в помещениях ПТО.

Связь между напольным и регистрирующим оборудованием комплекса осуществляется с помощью оптоволоконного кабеля на расстоянии не менее 25 км. Связь регистрирующего станционного оборудования комплекса с АРМ специалистов соответствующих служб дороги осуществляется через штатные каналы связи.

Доступ к теплотехническим паспортам осуществляется по штатным каналам линии связи со скоростью 256 Кбит/с. Доступ к первичной информации реализуется по штатным каналам линии связи типа Е2.

Внедрение автоматизированного диагностического комплекса «ПАУК», для выявления неисправности механической части вагонов в составе грузового поезда на ПТО эксплуатационного вагонного депо, экономически целесообразно.

Литература

1. *Прочность цистерн из стали ВСт3СП в условиях низких температур / Н. В. Стоянова, В. И. Корольков, С. Е. Гончаров, И. С. Попов // Наука и техника транспорта. – 2017. – № 4. – С. 47-49. – EDN YLFMYL.*
2. Стоянова, Н. В. Проблемы и перспективы развития вагонного хозяйства / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 261-265. – EDN GHTVGW.
3. Стоянова, Н. В. Неразрушающий контроль и сертификация/ *Стоянова Н.В.,* Бомбардиров А.П.*, и др.*// Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта М. 2009 С.60-63.

4. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.

УДК 514.11

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАССТОЯНИЯ ОТ ТОЧКИ ДО ПРЯМОЙ

Гордюнина Л. М.
Руководитель: Федоринин Н.И.
РГУПС, Филиал РГУПС в г. Воронеж

Пусть есть прямая, проходящая через точки с координатами (x_1,y_1) и (x_2,y_2). Уравнение, описывающее такую прямую имеет вид [1]

$$y = k_{12}(x - x_1) + y_1$$

где $$k_{12} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Требуется определить расстояние h от некоторой третьей точки с координатами (x_3,y_3) до этой прямой. Кратчайшим расстоянием является перпендикуляр, следовательно, надо определить координаты точки (x_h,y_h) пересечения заданной прямой и перпендикуляра, опущенного на эту прямую из третьей точки.

Если $x_2 = x_1$ то выражение для k_{12} теряет смысл, но в этом случае в нем нет нужды, так как заданная прямая оказывается вертикальной и требуемое кратчайшее расстояние определяется просто

$$h = |x_1 - x_3| \quad (1)$$

Также если $k_{12}=0$, т.е. $y_2=y_1$, то заданная прямая является горизонтальной и требуемое расстояние можно выразить

$$h = |y_1 - y_3| \quad (2)$$

Поэтому далее считаем, что $x_2 \neq x_1$ и $y_2 \neq y_1$. Точка пересечения принадлежит заданной прямой, следовательно, выполняется соотношение

$$y_h = k_{12}(x_h - x_1) + y_1$$

Но эта же точка принадлежит и перпендикуляру к заданной прямой, т.е. должно выполняться [1]

$$y_h = -\frac{1}{k_{12}}(x_h - x_3) + y_3$$

Получаем уравнение

$$k_{12}(x_h - x_1) + y_1 = -\frac{1}{k_{12}}(x_h - x_3) + y_3$$

Решаем это уравнение относительно x_h

$$\left(k_{12} + \frac{1}{k_{12}}\right)x_h = k_{12}x_1 + \frac{x_3}{k_{12}} + y_3 - y_1$$

$$x_h = \frac{{k_{12}}^2 x_1 + x_3 + k_{12}(y_3 - y_1)}{{k_{12}}^2 + 1} = x_1 + \frac{x_3 - x_1 + k_{12}(y_3 - y_1)}{{k_{12}}^2 + 1}$$

Выражаем вторую координату

$$y_h = k_{12}(x_h - x_1) + y_1 = k_{12}\frac{x_3 - x_1 + k_{12}(y_3 - y_1)}{{k_{12}}^2 + 1} + y_1 =$$

$$= \frac{k_{12}(x_3 - x_1) + {k_{12}}^2 y_3 - {k_{12}}^2 y_1 + {k_{12}}^2 y_1 + y_1}{{k_{12}}^2 + 1} =$$

$$= \frac{{k_{12}}^2 y_3 + k_{12}(x_3 - x_1) + y_1}{{k_{12}}^2 + 1}$$

Длина перпендикуляра

$$h = \sqrt{(x_h - x_3)^2 + (y_h - y_3)^2} =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{{k_{12}}^2 x_1 + x_3 + k_{12}(y_3 - y_1)}{{k_{12}}^2 + 1} - x_3\right)^2 + \left(\frac{{k_{12}}^2 y_3 + k_{12}(x_3 - x_1) + y_1}{{k_{12}}^2 + 1} - y_3\right)^2} =$$

$$= \frac{\sqrt{\left({k_{12}}^2(x_1 - x_3) + k_{12}(y_3 - y_1)\right)^2 + \left(k_{12}(x_3 - x_1) + y_1 - y_3\right)^2}}{{k_{12}}^2 + 1} =$$

$$= \frac{\sqrt{{k_{12}}^2\left(k_{12}(x_1 - x_3) - (y_1 - y_3)\right)^2 + \left(-k_{12}(x_1 - x_3) + y_1 - y_3\right)^2}}{{k_{12}}^2 + 1} =$$

$$= \frac{\left|k_{12}(x_1 - x_3) - (y_1 - y_3)\right|}{\sqrt{{k_{12}}^2 + 1}} \qquad (3)$$

Полученные формулы (1), (2) и (3) позволяют рассчитать расстояние от заданной точки до прямой, заданной двумя точками, при любом варианте их взаимного положения.

Литература

1. Корн Г., Корн Т Справочник по математике // М., «Наука», 1973, 832с.

УДК 517. 977

ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ В КОНТЕКСТЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СЕТЕЙ

Бадмаев Д.К., Гунькина А.С.
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Рассмотрим дифференциальную систему, описываемую начально-краевой задачей (все рассмотрения используют обозначения монографии [1] и произвольный связный ограниченный ориентированный граф Γ; $\partial\Gamma$ - множество граничных узлов, $\Gamma_T = \Gamma_0 \times (0,T)$, каждое ребро графа Γ параметризуется отрезком (0,1))

$$\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} - \frac{\partial}{\partial x}\left(a(x)\frac{\partial u(x,t)}{\partial x}\right) + b(x)u(x,t) = f(x,t), \qquad (1)$$

$$\sum_{\gamma_j \in R(\xi)} a(1)_{\gamma_j} \frac{\partial u(1,t)_{\gamma_j}}{\partial x} = \sum_{\gamma_j \in r(\xi)} a(0)_{\gamma_j} \frac{\partial u(0,t)_{\gamma_j}}{\partial x}, \qquad (2)$$

$$u|_{t=0} = \varphi(x), \frac{\partial u}{\partial t}|_{t=0} = \psi(x), x \in \Gamma, \qquad (3)$$

$$u|_{\partial\Gamma} = 0, \quad 0 \le t \le T \qquad (4)$$

Установим необходимые факты, которые являются аналогичными утверждениям, представленным в [2].

Теорема 1. *Решение* $u(x,t)$ *начально-краевой задачи* (2.84)-(2.87) *непрерывно зависит от исходных данных* $f(x,t)$, $\varphi(x)$, $\psi(x)$ *в метрике пространства* $W_2^1(\Gamma_T)$.

Исходные данные $f(x,t)$, $\varphi(x)$ и $\psi(x)$ в соответствии с предположениями [3] являются элементами пространств $L_{2,1}(\Gamma_T)$, $W_{2,0}^1(a,\Gamma)$ и $L_2(\Gamma)$, поэтому для оператора $\{f,\varphi,\psi\} \to u$ (оператор перехода от исходных данных $f(x,t)$, $\varphi(x)$ и $\psi(x)$ к состоянию системы (1)-(4)), обозначим его через $\mathfrak{L}$, справедливо следующее утверждение:

Теорема 2. Оператор $\mathfrak{L}: L_{2,1}(\Gamma_T) \times W_{2,0}^1(a,\Gamma) \times L_2(\Gamma) \to W_2^1(\Gamma_T)$ непрерывен.

Следствие. Пусть функция $f(x,t)$ - заданный фиксированный элемент пространства $L_{2,1}(\Gamma_T)$, тогда оператор $\{\varphi,\psi\} \to u$, обозначим его через $\mathbb{L}_{\varphi,\psi}$ $\left(\mathbb{L}_{\varphi,\psi}: W_{2,0}^1(a,\Gamma) \times L_2(\Gamma) \to W_2^1(\Gamma_T)\right)$, непрерывен

Пусть ρ_1, ρ_2 - произвольные фиксированные числа интервала $(0,1)$. Рассмотрим ограниченное множество $P(\rho,\Gamma)$ и функции $\varphi_j(x) \in P(\rho,\Gamma)$ вида

$$\varphi_j(x) = \begin{cases} C_j, x \in [0,\rho_j] \subset \gamma_{p+1}, \\ 0, x \in [\rho_j,1] \subset \gamma_{p+1}, \\ 0, x \in \gamma_k, k = \overline{1,m}(k \ne p+1), \end{cases}$$

здесь $j = 1,2$, произвольные постоянные $C_j \in [C_*, C^*]$ $(0 < C_{j*} < C^* < \infty,\ j = 1,2)$, C_*, C^* - фиксированы. Пусть $f(x,t)$, $\varphi(x) = \varphi_1(x)$, $\psi(x) = \varphi_2(x)$ - исходные данные начально-краевой задачи (1)-(4). Аналогично рассуждениям [2], определяется непрерывно дифференцируемая функция $(C_1,C_2) \to J(u)(C_1,C_2)$, устанавливающаяся зависимость пары чисел C_1, C_2 интервала (0,1) и значений функционала

$$J(u) = \int_\Gamma (v(x) - \tilde{\varphi}(x))^2 dx$$

посредством оператора состояния $\varphi(x,C_1,C_2) \to (\mathbb{L}_{\varphi,\psi}\varphi)(x,t,C_1,C_2) = u(x,t,C)$ и оператора наблюдения $u(x,t,C_1,C_2) \to (Nu)(x,T,C_1,C_2) = v(x,C_1,C_2)$.

Из сказанного и утверждений теорем 1 и 2 непосредственно вытекает

Теорема 3. *Функция* $C_1, C_2 \to J(u)(C_1, C_2)$, *отображающая прямоугольник* $(C_*, C^*) \times (C_*, C^*)$ *на множество значений функционала* $J(u)(C_1, C_2)$ *является непрерывной.*

При условии дифференцируемости функции $C_1, C_2 \to J(u)(C_1, C_2)$ последнее утверждение позволяет применить любые градиентные методы для отыскания ее оптимумов.

Список литературы

1. Провоторов В.В., Волкова А.С. Начально-краевые задачи с распределенными параметрами на графе / В.В. Провоторов, А.С. Волкова. - Воронеж. Научная книга, 2014. – 188 с.
2. Волкова А.С. Оптимальные решения для параболических систем с распределенными параметрами на сетях // Современные методы прикладной математики, теории управления и компьютерных технологий: сб. тр. VIII междунар. конф. «ПМТУКТ-2015» – 2015. – С. 100–102.
3. Волкова А.С. Однозначна разрешимость начально-краевых задач с распределенными параметрами на графе // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2013. – Том 18, вып. 5. – С. 2473-2475.

УДК 625.143.4:656.2.08

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ИЗНОС РЕЛЬСОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ПОЕЗДОВ

Дедов А.Ю.
Руководитель: Куралесин В.В.
РГУПС, Филиал РГУПС в г. Воронеж

В статье выполнен анализ факторов, влияющих на износ рельсов при эксплуатации высокоскоростных поездов, включая фрикционные автоколебания тормозной системы, дефекты стрелочных переводов и геометрические характеристики колесно-рельсового контакта. Рассмотрены современные методы мониторинга и прогнозирования износа на основе цифровых двойников, технологий Интернета вещей и вероятностных моделей отказов. Показано, что интеграция физических моделей с системами непрерывного мониторинга и алгоритмами машинного обучения создает основу для перехода к прогнозному обслуживанию железнодорожной инфраструктуры.

Ключевые слова: износ рельсов, высокоскоростные поезда, полигональный износ, цифровые двойники, мониторинг, прогнозное обслуживание.

This article analyzes factors influencing rail wear during high-speed train operation, including frictional self-oscillations of the braking system, switch defects, and geometric characteristics of the wheel-rail contact. Modern methods for monitoring and predicting wear based on digital twins, Internet of Things technologies, and probabilistic failure models are considered. It is shown that the integration of physical models with continuous monitoring systems and machine learning algorithms provides the foundation for the transition to predictive maintenance of railway infrastructure.

Keywords: rail wear, high-speed trains, polygonal wear, digital twins, monitoring, predictive maintenance.

Эксплуатация высокоскоростных поездов предъявляет повышенные требования к состоянию железнодорожного пути, и в особенности к рельсам, которые подвергаются интенсивному износу под действием динамических нагрузок, вибраций и контактных напряжений. В условиях роста скоростей движения проблема износа рельсов приобретает критическое значение для обеспечения безопасности и надежности перевозок. Износ рельсов

проявляется в различных формах, включая полигональный износ колес, усталостные трещины и геометрические искажения рельсовой колеи. Актуальность вопроса обусловлена необходимостью своевременного выявления и прогнозирования износовых процессов. Целью работы является анализ факторов, влияющих на износ рельсов при эксплуатации высокоскоростных поездов, на основе обзора современных научных источников.

Одним из ключевых факторов, влияющих на износ рельсов, является полигональный износ колес, возникающий вследствие нестабильной вибрации дисковой тормозной системы. На основе теории фрикционной автоколебательной неустойчивости установлено, что в процессе торможения поезда фрикционные автоколебания системы колесо-рельс, индуцированные совместным действием трения в контакте колесо-рельс и дисковой тормозной системы, служат корневой причиной возникновения полигонального износа колес [1]. Оседисковое тормозное устройство преимущественно вызывает фрикционные автоколебания на частоте 582 Гц, что приводит к образованию полигонального износа 20-го порядка, тогда как дисковое тормозное устройство генерирует автоколебания на частоте 447 Гц, вызывая износ 15-го порядка. Снижение коэффициента трения тормозного устройства позволяет подавить полигональный износ, а увеличение числа тормозных единиц повышает устойчивость системы колесо-рельс [1].

Дефекты рельсов могут возникать не только в зоне контакта колесо-рельс, но и в неконтактных зонах, что особенно характерно для стрелочных переводов. Анализ разрушения рамного рельса стрелочного перевода показал, что трещина зарождается в подошве рельса в зоне крепления скользящего башмака [2]. Причиной разрушения является жесткое нажатие башмака, приводящее к образованию вмятин и фреттинг-износу на верхней поверхности подошвы рельса. С использованием метода конечных элементов установлено, что напряжения в подошве рельса в зоне крепления являются высокими, что инициирует зарождение трещины. Скорость распространения трещины значительно возрастает с увеличением размера трещины и величины нагрузки. Повреждаемость трещины в подошве рамного рельса определена как 7 мм, что соответствует моменту до начала быстрого распространения трещины [2].

Значительное влияние на износ рельсов оказывает геометрия контакта колесо-рельс. Исследование аномальной низкочастотной поперечной вибрации кузова высокоскоростного поезда показало, что сочетание метода восстановления профиля колеса, заключающегося в боковом смещении профиля для формирования тонкого гребня, и чрезмерного износа рельсов приводит к экстремально низкой эквивалентной конусности [3]. Линейное и нелинейное численное моделирование подтвердило, что низкая конусность вызывает потерю устойчивости кузова, проявляющуюся в виде бокового виляния. Предложены контрмеры, включающие новый метод восстановления профиля колеса и шлифовку рельсов до нового профиля, а также определен критический профиль рельса для оценки необходимости шлифовки [3].

Применение цифровых двойников открывает новые возможности для управления износом рельсов. Цифровые двойники позволяют моделировать реальное состояние объектов в режиме реального времени с учетом динамической нагрузки, климатических и эксплуатационных факторов, прогнозировать износ рельсов и шпал [4]. Использование нейросетевых моделей дает возможность выявлять закономерности в данных о вибрациях и температурных колебаниях, прогнозировать критические состояния и планировать ремонтные мероприятия. При этом отмечается необходимость стандартизации подходов к сбору данных и внедрения методов машинного обучения [4].

Технологии Интернета вещей обеспечивают непрерывный мониторинг состояния железнодорожного пути. Сенсорные устройства, устанавливаемые на рельсы, шпалы и подвижной состав, фиксируют вибрации, деформации, температурные параметры в реальном времени [5]. Применение алгоритмов машинного обучения позволяет не только выявлять текущие дефекты, но и прогнозировать вероятность их возникновения в будущем.

Основными вызовами остаются обеспечение надежности сенсорных модулей в условиях интенсивной эксплуатации и стандартизация протоколов передачи данных [5].

Для оценки надежности и прогнозирования отказов рельсов применяются вероятностные модели. Статистические модели на основе эмпирических распределений отказов позволяют описывать вероятность наступления отказа на основании исторических данных [6]. Байесовские методы обеспечивают апостериорное обновление вероятностей по мере накопления новых данных. Методы Монте-Карло применяются для численного моделирования вероятностных распределений состояния конструкций. Современные подходы машинного обучения используют данные мониторинга для построения прогнозных моделей деградации конструкций [6].

Фрикционные автоколебания, возникающие в системе колесо-рельс при торможении, являются одной из основных причин полигонального износа колес, который ускоряет износ рельсов. Частотный состав этих автоколебаний определяется конструкцией тормозной системы [1]. Снижение коэффициента трения тормозного устройства и увеличение числа тормозных единиц способствуют повышению устойчивости системы.

Механические повреждения рельсов могут возникать в местах крепления к элементам стрелочных переводов. Жесткое нажатие скользящего башмака на подошву рельса приводит к образованию вмятин и фреттинг-износу, инициируя зарождение усталостных трещин. Скорость распространения трещины резко возрастает при достижении критического размера 7 мм [2].

Геометрические характеристики профилей колес и рельсов определяют устойчивость движения. Чрезмерно низкая эквивалентная конусность приводит к потере устойчивости кузова и возникновению бокового виляния, создавая дополнительные динамические нагрузки на рельсы [3].

Цифровые двойники и IoT-системы обеспечивают непрерывный мониторинг состояния рельсов и прогнозирование износа на основе данных с сенсоров и алгоритмов машинного обучения [4, 5]. Вероятностные методы позволяют количественно оценивать риск износа и разрушения с учетом неопределенности параметров [6].

Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку гибридных моделей, объединяющих фрикционную автоколебательную теорию, метод конечных элементов и вероятностные подходы. Особый интерес представляет изучение взаимного влияния полигонального износа колес и геометрических дефектов рельсов в зонах крепления стрелочных переводов.

Развитие цифровых двойников требует стандартизации протоколов сбора и передачи данных, а также разработки энергоэффективных сенсорных устройств. Необходимо создание централизованных баз данных о дефектах рельсов для обучения моделей машинного обучения.

Применение методов искусственного интеллекта для автоматической классификации дефектов рельсов по данным вибрационного мониторинга позволит перейти к прогнозному обслуживанию. Также важны исследования влияния климатических факторов на скорость износа рельсов.

Анализ источников показал, что износ рельсов при эксплуатации высокоскоростных поездов обусловлен комплексным воздействием нескольких факторов. Фрикционные автоколебания системы колесо-рельс при торможении приводят к полигональному износу колес [1]. Жесткое крепление скользящих башмаков к подошве рельса в стрелочных переводах вызывает фреттинг-износ и зарождение трещин [2]. Чрезмерно низкая эквивалентная конусность колесно-рельсового контакта приводит к потере устойчивости кузова и дополнительным динамическим нагрузкам [3].

Применение цифровых двойников и IoT-систем обеспечивает непрерывный мониторинг состояния рельсов и прогнозирование износа [4, 5]. Вероятностные методы анализа отказов позволяют количественно оценивать риск износа [6]. Интеграция этих

технологий с физическими моделями создает основу для разработки систем прогнозного обслуживания.

Библиографический список

1. Zhu Q., Xie J., Cui X., Li J. Study on wheel polygonal wear of high-speed train caused by the unstable vibration of the disc brake system // Wear. 2025. Vol. 570. № 205925. URL: https://doi.org/10.1016/j.wear.2025.205925.

2. Yi Q., Liu X., Wang S., Chang H., Jiang Z., Wang W. Failure mechanism and crack propagation behavior of turnout stock rail in high-speed railway // Engineering Failure Analysis. 2025. Vol. 167, Part B. № 109026. URL: https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2024.109026.

3. Li Y., Dai L., Guo Z., Chi M. Carbody abnormal lateral vibration failure of high–speed train induced by the coupling factor of the wheel re–profiling method and excessive rail wear // Engineering Failure Analysis. 2024. Vol. 160. № 108170. URL: https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2024.108170.

4. Куралесин, В. В. Применение цифровых двойников для прогнозирования состояния железнодорожной инфраструктуры / В. В. Куралесин // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2025) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 178-182. – EDN IMZFYT.

5. Куралесин, В. В. Системы мониторинга и диагностики дефектов железнодорожного пути с использованием IOT / В. В. Куралесин // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2025) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 182-187. – EDN AUMACY.

6. Куралесин, В. В. Модели вероятностного анализа отказов железнодорожных мостов и тоннелей / В. В. Куралесин, Е. С. Костюков // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2025) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 188-192. – EDN TRGKZS.

УДК 004.584

ИНТЕРАКТИВНЫЙ ПОМОЩНИК ШКОЛЬНИКА. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМ И ЦЕЛЕВОЙ АУДИТОРИИ ПРОЕКТА

[1]Донцова В.В., [2]Малахова Я.О.

1. Луганский государственный университет им. В. Даля, г. Луганск

1. Заочная физико-техническая школа (ЗФТШ) при Московском физико-техническом институте (МФТИ), г. Москва

В статье рассматривается необходимость введения в обучение устройства, которое помогало бы школьнику следить за осанкой, освещенностью за партой. Были выявлены основные проблемы, возникающие из-за долгого нахождения ребенка в сидячем положении, было приведено процентное соотношение распространённости данных заболеваний, произведен опрос и анализ целевой аудитории.

Ключевые слова: автоматизированное устройство, контроль времени, анализ целевой аудитории.

This article examines the need for a device to help students monitor their posture and the lighting at their desk. The main problems arising from prolonged sitting were identified, the

prevalence of these conditions was assessed, and a survey and target audience analysis were conducted.

Keywords: automated device, time monitoring, target audience analysis.

Введение. В настоящем мире дети большую часть времени проводят за уроками, сидя за партой. Обучение – очень важный этап для подрастающего поколения. Однако из-за долгого времяпровождения в сидячем положении могут возникнуть проблемы со здоровьем, а именно со зрением и осанкой.

Постановка задачи. Выявить основные проблемы, возникающие из-за долгого нахождения ребенка в сидячем положении, выявить распространённость данных заболеваний, провести анализ целевой аудитории.

Основная часть. Проблемы, которые удалось определить при анализе Интернет ресурсов:

1. Отсутствие контроля расстояния между рабочим столом/компьютером и глазами [1,2].
2. Плохое освещение при работе за рабочим столом/компьютером [3,4].
3. Неправильная посадка ребенка за рабочим столом, как следствие искривление позвоночника [5].
4. Отсутствие контроля времени провождения ребенка за компьютером [6].

Основной задачей является снижение вреда здоровью школьника при работе за столом и уменьшение нагрузки на зрение и шейный отдел позвоночника.

Был проведен анализ распространённости основных болезней, появляющихся в результате частого нахождения за партой:

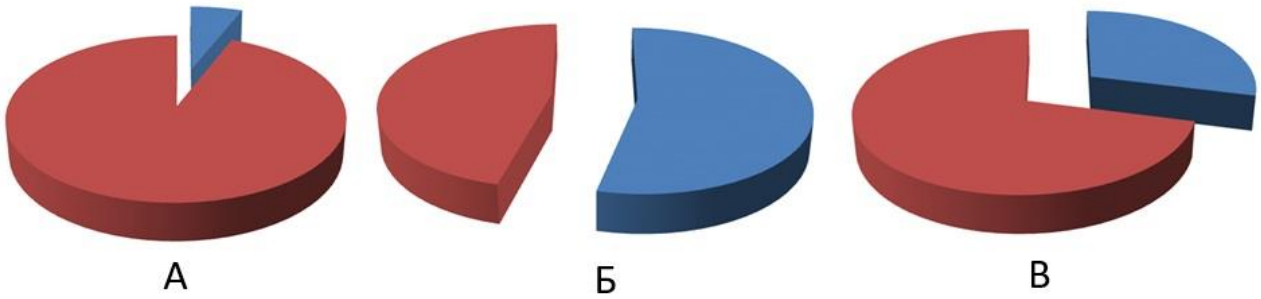


Рис. 1. – Диаграммы распространённости основных заболеваний, вызванных частым времяпровождением в сидячем положении

На рис. 1А представлено соотношение школьников, которые имеют нарушение осанки к тем, кто не имеет. По статистике 94% детского населения страдает от данного нарушения. Близорукость имеют 46,17% школьников, диаграмма представлена на рис. 1Б. Распространённость сколиоза составляет 71% (рис. 1В).

Анализ массива статистических данных [4] о распространенности нарушений осанки среди школьников проводим с использованием математического аппарата Искусственного Интеллекта по методике, изложенной в работе.

Результаты проведенного анализа представлены на рис. 2.

Результаты будут использованы для оценки количества потенциальных пользователей цифрового решения «Интерактивный помощник школьника».

Определение целевой аудитории потенциальных пользователей было произведено методом опроса с последующей обработкой собранного статистического материала. Всем респондентам был задан один и тот же вопрос: Будете ли вы рады использованию Интерактивного помощника школьников?

Результаты опроса с разбивкой по возрастным категориям приведены в таблице 1

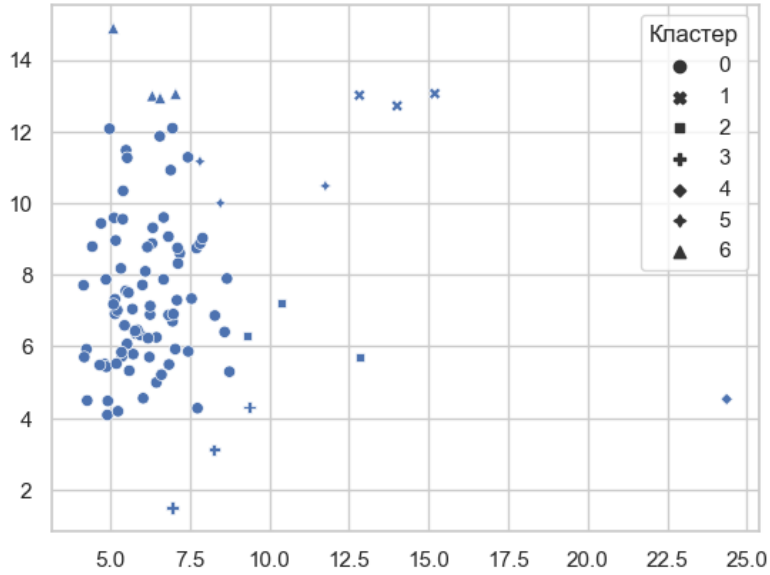


Рис. 2. – Использование технологий искусственного интеллекта для кластеризации данных

Таблица 1. –Учет потребностей выбора аудитории (результаты опроса)

Вопросы	Возрастная категория (классы)							
	0		1 – 4		5 – 8		9 – 11	
	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%
	0	0	5	41,7	7	43,8	4	30,8
	1	10	4	33,3	5	31,2	3	23,1
	3	30	2	16,7	2	12,5	5	38,4
	6	60	1	8,3	2	12,5	1	7,7

В результате анализа целевой аудитории было выявлено:

Дети дошкольники мало проводят времени за рабочим столом и слабо представляют, зачем им это нужно.

Дети, учащиеся начальных классов (1 – 4 классы) с интересом относятся к идее создания интерактивного помощника школьника.

Дети, учащиеся средней школы (5 – 8 классы) с наибольшим интересом относятся к данной идее, так как в этот период формируется весь организм.

Дети, учащиеся старшей школы (9 – 11 классы) с уже проявляют меньший интерес, так как организм почти сформировался.

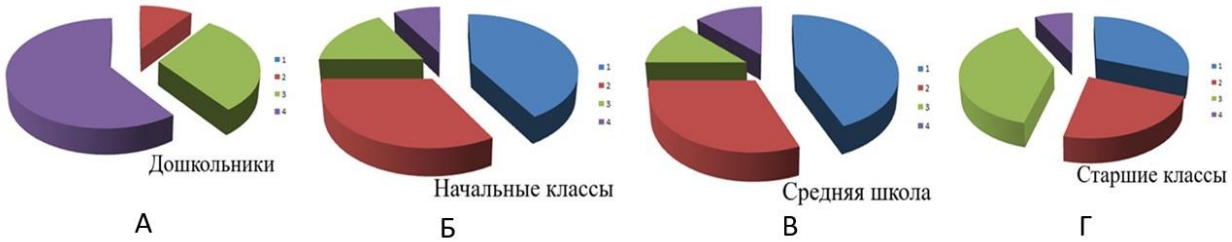


Рис. 3. – Диаграммы соотношения ответов школьников в зависимости от возраста

На рис. 3 представлены диаграммы, благодаря которым удобнее увидеть, в каком возрасте дети проявляют наибольший интерес к данной идее. Цвета на диаграмме обозначают следующие ответы:

1(синий) – Да, конечно, с радостью буду использовать.

2(красный) – Скорее буду использовать, чем не буду.

3(зеленый) – Нет, не буду использовать, это лишнее.

4(фиолетовый) – Затрудняюсь ответить.

Выводы. В статье рассматривается необходимость введения в обучение автоматизированного устройства, которое помогало бы школьнику следить за осанкой, освещенностью за партой. Были выявлены основные проблемы, возникающие из-за долгого нахождения ребенка в сидячем положении, было приведено процентное соотношение распространённости данных заболеваний, произведен опрос и анализ целевой аудитории.

Библиографический список

1. Россия попала в топ-3 стран с самым большим количеством близоруких детей [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.m24.ru/news/obshchestvo/30092024/730168
2. Береги глаза смолоду. Российские дети оказались близорукими [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.kommersant.ru/doc/7196240
3. Исследование: почти треть детей по всему миру страдают близорукостью [Электронный ресурс] Режим доступа: https://vademec.ru/news/>/news/2024/09/26/issledovanie-pochti-tret-detey-po-vsemu-miru-stradayut-blizorukostyu/
4. Видят все хуже: почему зрение российских детей резко падает [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.mk.ru/social/2024/10/05/vidyat-vse-khuzhe-pochemu-zrenie-rossiyskikh-detey-rezko-padaet.html1. К вопросу о распространенности нарушений осанки у школьников / Н. Н. Зиняков, С. Ю. Болдырев, Н. Т. Зиняков, В. В. Барташевич // Кубанский научный медицинский вестник. – 2009. – № 8(113). – С. 91-93. – EDN KYIQID.
5. Центр хирургии позвоночника SRH все статьи. Последствия сколиоза. Опасно ли искривление позвоночника? [Электронный ресурс] Режим доступа: http://klinikum-karlsbad.ru/ortopedia/skolioz-posledstviya
6. Рекомендации родителям по контролю времени пребывания ребенка с гаджетами [Электронный ресурс] Режим доступа: https://center-vo.voadm.gov.spb.ru/poleznaja-informacija-dlja-detej-i-roditelej/roditeljam/rekomendacii-roditeljam-po-kontrolju-vremeni-prebyvanija-rebenka-s-gad/

УДК 629.42

ПРИМЕНЕНИЕ НОВОГО МИКРОПРОЦЕССОРНОГО ДЕШИФРАТОРА ДКСВ-М

Дороднов А.А.
Руководитель Малеев В.В.
РГУПС, филиал ГРУПС в г. Воронеж

Для повышения уровня безопасности движения поездов, за счет дальнейшего совершенствования системы управления безопасностью движения, необходимо постоянно улучшать систему многоступенчатого и непрерывного контроля за обеспечением безаварийной работы.

Ключевые слова: дешифратор, подвижной состав, локомотив, технические средства, ремонт, безопасность движения, крана машиниста.

На железной дороге за последние годы накоплен значительный опыт проведения планово-предупредительных мероприятий по обеспечению безопасности движения, основанных на инструментах и методиках Стратегии обеспечения гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса в холдинге «РЖД».

Значительную роль в профилактической работе по обеспечению безопасности движения в первую очередь основанную на риск-ориентированной модели, занимает контрольно-ревизионная работа, проводимая ревизорским аппаратом, аудиты Системы менеджмента безопасности движения (СМБД), аналитическая работа по выявлению рисков

возникновения нарушений безопасности движения и выработке корректирующих мер по их устранению.

На железной дороге имеется большое количество примеров добросовестного отношения руководителей и работников, обеспечивающих непрерывный перевозочный процесс при безусловном соблюдении норм и правил ПТЭ РФ, опыт которых должен являться главным элементом по созданию в коллективах форм «Культуры безопасности». Качество проведения технического обучения работников, связанных с движением поездов, индивидуальный подход к обучаемым, должно стать приоритетом в воспитании грамотных специалистов по отраслям хозяйств.

Для повышения уровня безопасности движения поездов, за счет дальнейшего совершенствования системы управления безопасностью движения, качества технического обслуживания, ремонта, эксплуатации технических средств, подвижного состава, повышения ответственности персонала за выполнение должностных обязанностей, норм и правил, необходимо постоянно улучшать систему многоступенчатого и непрерывного контроля за обеспечением безаварийной работы.

Одним из приборов безопасности является Дешифратор ДКСВ. Он предназначен для расшифровывания принимаемых кодовых сигналов от усилителя УК-25/50М-Д и в соответствии с ними зажигает определенную лампу на локомотивном светофоре, а также для совместной работы с устройством контроля бдительности машиниста.
Зажигание огней на локомотивном светофоре в соответствии с принимаемым кодом поступающем от усилителя УК-25/50М-Д . Зажигания белого огня на локомотивном светофоре при отсутствии поступающих кодов от усилителя после приема кодов зеленого или желтого огней. Зажигания красного огня на локомотивном светофоре в кабине машиниста при отсутствии кодов после приема кода красного с желтым. Осуществляет непрерывный контроль скорости при показании красно-желтого огня локомотивного светофора, а также периодическую проверку бдительности машиниста. Питание дешифратора ДКСВ осуществляется от источника постоянного тока номинальным напряжением 50 В ±10 В.Дешифратор ДКСВ предназначен для работы при температуре окружающего воздуха от —40 до +55 °С.

Микропроцессорный дешифратор ДКСВ-М с обновленным программным обеспечением предназначен для расшифровки кодовых сигналов и управления в соответствии с ними огнями локомотивного светофора и ЭПК как в составе существующей системы АЛСН, так и в рамках современных микропроцессорных приборов безопасности. Применяется на локомотивах, эксплуатируемых на участках железных дорог с автономной и электрической тягой постоянного и переменного тока, оборудованных путевыми устройствами АЛСН.

Дешифратор обеспечивает:

а) прием и обработку сигналов АЛСН при выборе канала 25 Гц, 50 Гц или 75 Гц;

б) обеспечивает снятие напряжения с электропневматического клапана ЭПК при отсутствии подтверждения бдительности машиниста и превышении допустимой скорости по сигналам с установок скорости регистратора параметров движения;

в) формирование сигналов в соответствии с принимаемым кодом АЛСН;

г) формирование сигнала «Б» при отсутствии кодов после приема кодов «З» или «Ж»;

д) формирование сигнала «К» при отсутствии кодов после приема кода «КЖ»;

е) контроль сигнала установки скорости 20 км/ч от регистратора параметров движения при сформированном сигнале «К»;

ж) контроль сигнала установки скорости Vкж от регистратора параметров движения при сформированном сигнале «КЖ».

Литература
1. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.
3. Стоянова, Н. В. Основные функции и задачи дирекции по ремонту тягового подвижного состава / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 286-290. – EDN EXQUOL.
4. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
5. Рябко, К. А. Исследование теплового состояния аккумуляторных батарей шахтных локомотивов в процессе зарядки / К. А. Рябко // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 1. – С. 343-353. – EDN GOYXMA.
6. Рябко, К. А. Оценка надежностных характеристик электрооборудования электровозов ВЛ80С / К. А. Рябко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 216-221. – EDN SGWDSZ.
7. Рябко, К. А. Исследование процесса заряда аккумуляторных батарей шахтных подвесных монорельсовых локомотивов / К. А. Рябко // Горная механика и машиностроение. – 2022. – № 2. – С. 30-36. – EDN LFUDNM.
8. Стоянова, Н. В. Развитие скоростного подвижного состава в современных условиях / Н. В. Стоянова, Е. Г. Спиридонов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 290-292. – EDN RREVCK.
9. Стоянова, Н. В. Проведение приемосдаточных испытаний тягового электродвигателя тягового подвижного состава после ремонта / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 189-192. – EDN QTJEKI.

УДК 629.4:656.222.2

ЗАРУБЕЖНЫЙ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОЕЗДОВ ПОВЫШЕННОЙ МАССЫ И ДЛИНЫ

Дубовой Д.В.
РГУПС, филиал в г. Воронеж

В статье рассматриваются современные тенденции и мировой опыт организации тяжеловесного железнодорожного движения. Освещены подходы к модернизации инфраструктуры в Китае, включая эксплуатацию соединённых поездов массой до 30 000 т на полигонах Дацин и Шуохуан. Рассмотрены особенности канадских маршрутов со сложным профилем пути и опыт внедрения автоматизированных систем управления поездами в Австралии. Отдельное внимание уделено перспективам развития полигонов тяжеловесного движения на сети железных дорог Российской Федерации в контексте реализации

Генеральной схемы развития до 2030 года. Описаны технические и инфраструктурные решения, направленные на повышение эффективности перевозок массовых грузов в условиях сложного климата и профиля пути, включая спрямление кривых и обновление локомотивного парка.

Ключевые слова: тяжеловесное движение, железнодорожный транспорт, грузовые перевозки, поезда повышенной длины, соединенные поезда, осевая нагрузка, транспортная инфраструктура, трансграничные коридоры

This article examines current trends and global experience in organizing heavy-haul rail traffic. It highlights approaches to infrastructure modernization in China, including the operation of connected trains weighing up to 30,000 tonnes on the Daqing and Shuohuang railways. It examines the specifics of Canadian routes with complex track profiles and the experience of implementing automated train control systems in Australia. Special attention is given to the prospects for developing heavy-haul railways on the Russian railway network in the context of the implementation of the General Development Scheme until 2030. It describes technical and infrastructure solutions aimed at improving the efficiency of bulk freight transportation in challenging climates and track profiles, including curve straightening and locomotive fleet renewal.

Keywords: heavy haulage, rail transport, freight transport, long-haul trains, coupled trains, axle load, transport infrastructure, cross-border corridors

Несмотря на невысокую долю железнодорожного транспорта в общих грузоперевозках в Европе (около 20%, стратегическая цель до 2030 года – до 30%), Европейский Союз связывает перспективы трансграничных коридоров с полигонами движения поездов повышенной длины. Имеющиеся маршруты были разделены на две категории.

К первой относятся участки, где разрешено движение составов 600…750 м (около 40% всей протяженности железных дорог ЕС). Ко второй категории были отнесены участки, по которым возможно ведение составов длиной свыше 750 м (также около 40% всей сети). В границах данных полигонов были организованы 9 коридоров для тяжеловесных перевозок. Ожидается, что на отдельных направлениях будет организовано движение соединённых поездов длиной более 1,5 км. При этом нормой должно стать использование подвижного состава с нагрузкой на ось 25 т (на 2,5 т выше, чем в настоящее время). Уже сейчас в Швеции на рудовозной дороге Malmbanan эксплуатируются поезда с вагонами-хопперами с осевой нагрузкой 30 т [5; 8].

В основу организации трансъевропейских коридоров тяжеловесного железнодорожного движения положены общие правила. Длина поезда стандартизирована и составляет 750 м. Пропуск составов такой длины является ориентиром для железнодорожных администраций ЕС, что определяет объемы инвестиций в развитие инфраструктуры и тяговых мощностей. В свою очередь, это влияет на установление диапазонов допустимых скоростей движения поездов и перерабатывающих возможностей станций в пределах коридоров. Так, регуляторными рекомендациями ЕС закреплено, что длина подъездных путей и мощность грузовых дворов не будут выступать в роли ограничителей также и в перспективе. Это означает, что в рамках формирования полигонов модернизация станций производится с расчетом на переработку составов длиной более 1,5 км.

Планируется, что к 2030 году 35% всех объемов перевозок железнодорожным транспортом в ЕС будут сконцентрированы в пределах следующих тяжеловесных коридоров: коридор A Роттердам – Женева, коридор B Стокгольм – Болонья, коридор C Антверпен – Базель (с ответвлениями к морским портам Северного моря), коридор D Лион – Захонь, коридор E Гамбург – Констанца, и коридор F Зеебрюгге – Тересполь. Обращение поездов длиной свыше 750 м планируется по коридорам A, B и E, для коридоров C, D и F длину поездов планируется увеличить до 1 км.

Значительное внимание уделяют организации тяжеловесного движения также власти КНР. По состоянию на данный момент организовано два полигона с направлением Восток – Запад в северной части страны, на которых обращается подвижной состав с осевой нагрузкой 25…30 т [1; 10; 11].

Первый маршрут проходит в зоне возрастающих грузопотоков, в направлении порта Дацин, где система управления движением и эксплуатацией тяжеловесных поезда оборудована с использованием оборудования и экспертизы компании Locotrol (США) с использованием мобильной железнодорожной связи стандарта GSM-R. Первые поезда на данном полигоне фактически были составленными из четырёх поездов (соединённые поезда) из составов по 51 вагону со своим локомотивом (всего 204 вагона в поезде). В дальнейшем составы были сгруппированы в два блока по 105 вагонов в каждом с распределением тяговых мощностей в голове, середине и хвосте состава (всего 210 вагонов в соединённом поезде). С 2014 г. по результатам испытаний было решено включить в поезда ещё по одному блоку, что составляет в общей сложности поезд из 315 вагонов с общей массой 30 000 т.

Второй полигон организован на углевозной железной дороге в районе Шуохуан. Планируется, что тут интенсификация железнодорожного сообщения за счёт внедрения тяжеловесного движения позволит увеличить суммарный объем перевозок до 350 млн. т. в год без существенного изменения инфраструктуры полигона. Поезда на данном маршруте оборудованы системами управления тягой и торможения хвостовых вагонов на основе скоростного мобильного интернета стандарта LTE компании Huawei. Подвижной состав оборудован комплексом бортовых датчиков. На обоих полигонах поезда оборудованы системами электропневматического торможения, а электровозы оборудованы также системой рекуперативного торможения.

Меридиональный маршрут тяжеловесного движения в направлении внутреннего коридора Север – Юг находится в стадии подготовки инфраструктуры. Одним из ожидаемых нововведений является измененный профиль головки рельса, что, как ожидается, должно увеличит площадь контакта колеса и рельса и способствовать снижению динамических усилий в зоне контакта, уменьшить боковой износ пары трения, существенный для тяжеловесных поездов.

На американском континенте наиболее налаженной является организация движения тяжеловесных поездов в Канаде. Особенностью маршрутов является значительная доля кривых участков пути, опасных с точки зрения движения тяжеловесных поездов. Тем не менее, налажено стабильная эксплуатация поездов массой до 20000 т. Подвижной состав оборудован технологией управления тягой и торможением Train Area Marshalling (TrAM), которая в комплексе с другими системами позволила снизить в половину число крушений составов.

Особо интересным в плане внедрения технологии вождения поездов повышенной массы и длины является опыт австралийской компании Rio Tinto, которая оперирует перевозками руды с собственных рудников в глубине континента к портам западного побережья Австралии. На маршруте протяжённостью около 1700 км налажена эксплуатация тяжеловесных поездов массой до 26000 т с распределённой тягой, а с 2021 года одновременно с повышением осевой нагрузки до 30 т и общей массы поезда – до 34000 т внедряется система полностью автоматизированного вождения поездов без машинистов. На данный момент практически все перевозки в направлении портов осуществляются в таком режиме.

В Генеральной схеме развития железных дорог до 2030 года в качестве одного из приоритетных направлений дальнейшего развития сети закреплено развитие и усовершенствование полигонных технологий организации движения тяжеловесных поездов.

В соответствии со Стратегией развития ОАО «РЖД» программа развития движения поездов с нормой массы состава до 7100 т включает направления Кузбасс – Центр, Кузбасс – Челябинск – порты Азово-Черноморского бассейна и Кузбасс – Дальний Восток, а для поездов с массой до 9000 т также в направлении Кузбасс – Екатеринбург – порты Северо-

Западного региона. Планируется, что данные направления в перспективе будут иметь решающее значение для обеспечения роста как внутренних, так и экспортных перевозок страны [2-4; 6].

Это связано с высокой экономической эффективностью перевозок тяжеловесными поездами, а также поездами в составе вагонов с повышенными осевыми и погонными нагрузками. Особенно это сказывается на себестоимости перевозок массовых грузы с высоким удельным весом, что позволяет наиболее полно использовать резерв грузоподъемности, а также инфраструктуры станций, расположенных в пределах полигонов пропуска таких поездов (в частности, сняты ограничения на длину приемоотправочных путей от 71 условного вагона и выше) [7; 9].

Уже сейчас наблюдается устойчивый рост количества сформированных и отправленных тяжеловесных поездов – по предварительным данным за 2024 г. более 160 тысяч, причём растёт как общее число поездов данной категории, так и их доля в отправке грузов в целом по сети.

Особенности организации движения поездов повышенной массы и длины, в том числе соединённых, на сети железных дорог РФ обусловлено особенностями климатических условий и профиля пути: на значительной части перечисленных полигонов подъемы чередуются с уклонами, на участках присутствуют кривые малых радиусов. Это выдвигает дополнительные требования к инфраструктуре и тяговому электроснабжению, обновлению парка магистральных локомотивов. Значительную часть подготовительной работы составляют мероприятия по уменьшению вредного воздействия на путь. В частности, на Забайкальской железной дороге на кривые участки пути приходится около 46% протяженности главного хода. Научными коллективами Московского, Дальневосточного и Сибирского университетов путей сообщения с 2016 года разработана генеральная схема реконструкции инфраструктуры, в частности, спрямления участков с кривыми малого радиуса.

Библиографический список

1. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.
2. Рябко, К. А. Оценка надежностных характеристик электрооборудования электровозов ВЛ80С / К. А. Рябко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 216-221. – EDN SGWDSZ.
3. Смирнов, В. А. Внедрение оперативной экспресс-диагностики топливной аппаратуры в депо / В. А. Смирнов // Организация производства, экономика и менеджмент : Труды VI студенческой научно-практической конференции, Воронеж, 10 июня 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 68-71. – EDN QSIYRH.
4. Рябко, К. А. Исследование теплового состояния аккумуляторных батарей шахтных локомотивов в процессе зарядки / К. А. Рябко // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 1. – С. 343-353. – EDN GOYXMA.
5. Стоянова, Н. В. Основные функции и задачи дирекции по ремонту тягового подвижного состава / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 286-290. – EDN EXQUOL.

6. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
7. Рябко, К. А. Оценка прочностных характеристик аккумуляторных батарей шахтных электровозов / К. А. Рябко, Е. М. Арефьев // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2023. – № 2(18). – С. 31-43. – DOI 10.46573/2658-5030-2023-2-31-43. – EDN TROAVV.
8. Стоянова, Н. В. Развитие скоростного подвижного состава в современных условиях / Н. В. Стоянова, Е. Г. Спиридонов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 290-292. – EDN RREVCK.
9. Стоянова, Н. В. Проведение приемосдаточных испытаний тягового электродвигателя тягового подвижного состава после ремонта / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 189-192. – EDN QTJEKI.
10. Гутаревич, В. О. Исследование условий работы аккумуляторных батарей локомотивов / В. О. Гутаревич, К. А. Рябко, В. А. Захаров // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2020. – № 56. – С. 95-102. – EDN MYHGMT.
11. Арефьев, Е. М. Влияние условий эксплуатации шахтных монорельсовых локомотивов на долговечность полимерных ободьев приводных колес / Е. М. Арефьев, К. А. Рябко // Горные науки и технологии. – 2023. – Т. 8, № 1. – С. 59-67. – DOI 10.17073/2500-0632-2022-11-34. – EDN XBVYLS.

УДК 658.152

РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА В РТУ СЦБ

Егоров Д.Г.
Руководитель: Тимофеев А.И.
РГУПС, Филиал РГУПС в г. Воронеж

Внедрение мероприятий по совершенствованию организации труда в РТУ приводит к улучшению условий труда, организации трудового процесса и обслуживания рабочих мест; продуманному оснащению и более рациональной планировке рабочих мест; своевременному планированию производственных заданий, экономии затрачиваемого времени на подготовительно-заключительные работы, обслуживание рабочего места и регламентированные перерывы.

По данным, полученным на основании фотографии рабочего дня работников РТУ дистанции, непроизводительные затраты следующие: лишняя непроизводительная работа (хождение за реле и их переноска); дополнительное обслуживание рабочего места; поиск деталей; простои.

Внедрение мероприятий повышает качество ремонта приборов СЦБ; качество работы кабельных линий; улучшает состояние технической документации на дистанции, в результате чего сокращается число отказов устройств СЦБ, уменьшается их длительность, что приводит к сокращению количества поездо-часов простоя; снижается трудоемкость ремонта, а, следовательно, возрастает производительность труда.

В тех случаях, когда высвобождаемый штат используется для работ на той же дистанции, имеет место условное высвобождение; при переводе персонала на другие предприятия имеет место абсолютное высвобождение.

Высвобождение работников за счет снижения трудоемкости продукции определяется по формуле

$$Ч_{э(ст)} = \frac{(Т_1 - Т_2) \cdot В_2}{Ф_Г}, \quad (1)$$

где $Т_1$ и $Т_2$ – трудоемкость единицы продукции до и после внедрения мероприятий;

$В_2$ – годовой объем выпуска продукции;

$Ф_Г$ – годовой фонд рабочего времени одного работника, равен 2001 ч

По формуле (1) определим

$$Ч_{э(ст)} = \frac{(2{,}5 - 1) \cdot 1760}{2001} = 1 \text{чел}$$

Высвобождение работников за счет экономии рабочего времени определяется по формуле

$$Ч_{э(вр)} = \frac{(Н_1 - Н_2) \cdot Ч_{ср} \cdot Н_р}{Ф_Г}, \quad (2)$$

где $Н_1$ и $Н_2$ – потери и непродуктивные затраты рабочего времени в расчете на одного работника в течение смены до и после внедрения мероприятий, $Н_1$ принимаем равным 0,25ч; $Н_2$ принимаем равным 0,02;

$Ч_{ср}$ – расчетная численность работников, работающих в бригаде по ремонту приборов СЦБ;

$Н_р$ – число рабочих дней за год, $Н_р$ принимаем равным 251.

По формуле (2) определим

$$Ч_{э(вр)} = \frac{(0{,}25 - 0{,}02) \cdot 11 \cdot 251}{2001} = 0{,}3 \text{ чел}$$

Суммарное высвобождение работников определяется по формуле

$$Ч_э = Ч_{э(ст)} + Ч_{э(вр)}, \quad (3)$$

По формуле (3) определим

$$Ч_э = 1 + 0{,}3 = 1 \text{чел}$$

Производительность труда возрастает и определяется по формуле

$$П = \frac{Ч_э}{Ч_{ср} - Ч_э} \cdot 100\%, \quad (4)$$

По формуле (4) определим

$$П = \frac{1}{11 - 1} \cdot 100\% = 10\ \%$$

При расчете экономии фонда заработной платы учитываются начисления на заработную плату в виде премий и отчисления на социальные нужды. Годовая экономия фонда заработной платы от высвобождения электромехаников с учетом начислений на заработную плату определяется по формуле

$$Э_{з.п.} = \left(t_{ШН} + t_{ШН} \cdot (К_п + К_{с.н})\right) \cdot Ч_э \cdot 12, \quad (5)$$

где $t_{ШН}$ – месячный должностной оклад электромеханика РТУ, принимаем равным 53400 руб.;

$К_п$ – размер премии, принимаем равным 20%;

$К_{с.н}$ – размер отчислений на социальные нужды, принимаем равным 39,9%.

По формуле (5) определим

$Э_{з.п.} = (53400 + 53400 \cdot (0,2 + 0,399)) \cdot 1 \cdot 12 = 1024639,2$ руб.

Экономия средств от сокращения простоя поездов определяется по формуле

$$Э_{п} = (N_1 - N_2) \cdot A_{п-ч}, \quad (6)$$

где N_1 и N_2 – количество поездо-часов простоя до и после внедрения мероприятий по совершенствованию организации труда в РТУ, N_1 принимаем равным 150 поездо-часов простоя, N_2 – равным 70 поездо-часов простоя;

$А_{п-ч}$ – укрупненная расходная ставка на 1 поездо-час простоя, принимаем равной 2800 руб.

По формуле (6) определим

$Э_{п} = (150 - 70) \cdot 280 = 224000$руб.

Общая экономия от внедрения мероприятий определяется по формуле

$$Э_{о} = Э_{з.п.} + Э_{п}, \quad (7)$$

По формуле (7) определяем

$Э_{о} = 1024639,2 + 224000 = 1248639,2$ руб.

Капиталовложения, связанные с приобретением мебели, дополнительных столов, изготовление необходимых приставок и приспособлений, дополнительное оснащение рабочих мест, затраты на организацию дополнительных помещений РТУ СЦБ (капитальный ремонт или пристройка), принимаем равными 2100000 руб.

Годовой экономический эффект определяется по формуле

$$Э_{Г} = Э_{о} - Е_{н} \cdot К, \quad (8)$$

где $Е_{н}$ – нормативный коэффициент эффективности, принимаем равным 0,15;

К – дополнительные капиталовложения на внедрение мероприятий, руб.

По формуле (8) определим

$Э_{Г} = 1248639,2 - 0,15 \cdot 2100000 = 933639,2$руб.

Экономическая эффективность от внедрения мероприятий по совершенствованию организации труда в РТУ составит 933639,2 руб., а также при внедрении этих мероприятий в РТУ ликвидируются непроизводительные затраты рабочего времени, сократится среднее время на ремонт одного прибора, повысится качество ремонта приборов СЦБ, улучшится состояние технической документации, в результате чего сократится число отказов устройств СЦБ, уменьшится их длительность.

Список литературы

1. Шерстюков, О. С. Современные способы учёта и анализа отказов устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / О. С. Шерстюков, Н. И. Климентов // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2023") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26–28 апреля 2023 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2023. – С. 228-233. – EDN WYKTOJ.
2. Евстигнеев, М. И. Показатели оценки состояния контактной сети / М. И. Евстигнеев, Н. И. Климентов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 46-52. – EDN WYYWPT.

3. Кураков, А. В. Исследование межподстанционной зоны тяговой сети переменного тока на модели в среде Multisim / А. В. Кураков, Н. И. Климентов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 36-39. – EDN RNDLCL.
4. Дегтярев, А. А. Методика проведения испытаний силовых кабелей 0,4-10 кВ / А. А. Дегтярев, Н. И. Климентов, Г. М. Мамедов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 32-36. – EDN LDTCBB.
5. Полянская, М. Н. Моделирование однородной длинной линии в среде Multisim / М. Н. Полянская, А. В. Вотановская, Н. И. Климентов // Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники : Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции, Воронеж, 15–16 мая 2017 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2017. – С. 95-98. – EDN ZVVYAD.
6. Мамедов, Г. М. Электротехника и электроника. Основы электроники : учебное пособие / Г. М. Мамедов ; Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; Московский гос. ун-т путей сообщ.. – Москва : РОАТ, 2011. – 59 с. – ISBN 978-5-7473-0577-9. – EDN QMLYTR.
7. Мамедов, Г. М. К расчету устройств автоматического регулирования с встречно-параллельным корректирующим устройством / Г. М. Мамедов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2021) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 15 ноября 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 88-91. – EDN IOGTCK.
8. Семенчук, Д. Е. Электронное устройство для обнаружения межвиткового замыкания в обмотках электрооборудования / Д. Е. Семенчук, Г. М. Мамедов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 71-74. – EDN LXPORQ.
9. Мамедов, Г. М. Формирование динамики электромеханических систем средствами встречно-параллельной коррекции / Г. М. Мамедов // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2023") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26–28 апреля 2023 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2023. – С. 108-113. – EDN EVGEWS.
10. Мамедов, Г. М. Формирование динамики электромеханических систем средствами встречно-параллельной коррекции / Г. М. Мамедов // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2023") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26–28 апреля 2023 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2023. – С. 108-113. – EDN EVGEWS.

УДК 65

РАСЧЕТ ЧИСЛЕННОСТИ ПЕРСОНАЛА ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ УСТРОЙСТВ СЦБ

Завьялов А.А.
Руководитель: Гордиенко Е.П.
РГУПС, Филиал РГУПС в г. Воронеж

Расчет численности работников, обслуживающих устройства СЦБ, производим в соответствии с распоряжением «Об утверждении Нормативов численности работников дистанций сигнализации, централизации и блокировки ОАО «РЖД»» №217р от 3.02.2010 года, распоряжением №2820р от 28.12.2011 года «О внесении изменений в Нормативы численности работников дистанций сигнализации, централизации и блокировки ОАО «РЖД»

Данные нормативы численности предназначены для расчета численности работников ОАО «РЖД», осуществляющих техническое обслуживание и ремонт устройств сигнализации, централизации и блокировки, аппаратуры СЦБ ремонтно-технологического участка, систем автоматического контроля технического состояния железнодорожного подвижного состава на ходу поезда (ДИСК), комплекса технических средств для модернизации ДИСК и приборов обнаружения нагрева аварийных букс (КТСМ), устройств механизированных и автоматизированных сортировочных горок, дистанционных мастерских, бригад механизации и автотранспорта дистанций сигнализации, централизации и блокировки ОАО «РЖД» .

В нормативах численности учтены требования правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации, Правил техники безопасности производственной санитарии в хозяйстве сигнализации, связи и вычислительной техники железнодорожного транспорта, Инструкции по техническому обслуживанию устройств автоматики, телемеханики и связи, нормативных актов по безопасности движения и иных нормативных актов, действующих на железнодорожном транспорте.

Для расчета численности работников на обслуживании устройств автоматики и телемеханики, применяем поправочный коэффициент (К) к нормативам численности на пропуск поездов при обслуживании устройств СЦБ.

Данный коэффициент зависит от числа пар поездов, проходящих в сутки на участке, исходя из среднегодового исчисления. В данном случае число пар поездов ежедневно составляет 13 пар скоростных электропоезда «Ласточка», соответственно коэффициент К=1,005. Исходные данные для расчета численности работников приведены в таблице 1

Таблица 1 - Расчет численности работников, обслуживающих устройства СЦБ

Вид устройств	Кол-во устройств	Должность	Измеритель	Норма обслуживания	Норматив численности На измеритель	Численность чел.
Устр-ва СЦБ на станциях	15 15	ШН ШЦМ	Стрелка Стрелка	28 45	1 1	0,53 0,33
На скоростном участке АЛС-ЕН	3	ШН ШЦМ	Комплект	14	1	0,021 -

Произведя по таблице расчет численности обслуживающего персонала перегоне (электромехаников и электромонтеров СЦБ), получаем:

Электромеханик СЦБ –(0,53+0,021)*1,005=0,554

Электромонтер СЦБ – (0,33)*1,005=0,332

Округляя полученные данные до целого числа, делаем вывод, что на техническое обслуживание устройств автоматики и телемеханики, при условии, что на перегонах отсутствуют напольные устройства, потребуется: электромехаников СЦБ – 1 человек, электромонтеров СЦБ – 1 человек.

Список литературы

1. Евстигнеев, М. И. Показатели оценки состояния контактной сети / М. И. Евстигнеев, Н. И. Климентов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 46-52. – EDN WYYWPT.
2. Кураков, А. В. Исследование межподстанционной зоны тяговой сети переменного тока на модели в среде Multisim / А. В. Кураков, Н. И. Климентов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 36-39. – EDN RNDLCL.
3. Дегтярев, А. А. Методика проведения испытаний силовых кабелей 0,4-10 кВ / А. А. Дегтярев, Н. И. Климентов, Г. М. Мамедов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 32-36. – EDN LDTCBB.
4. Полянская, М. Н. Моделирование однородной длинной линии в среде Multisim / М. Н. Полянская, А. В. Вотановская, Н. И. Климентов // Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники : Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции, Воронеж, 15–16 мая 2017 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2017. – С. 95-98. – EDN ZVVYAD.
5. Мамедов, Г. М. Электротехника и электроника. Основы электроники : учебное пособие / Г. М. Мамедов ; Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; Московский гос. ун-т путей сообщ.. – Москва : РОАТ, 2011. – 59 с. – ISBN 978-5-7473-0577-9. – EDN QMLYTR.
6. Мамедов, Г. М. К расчету устройств автоматического регулирования с встречно-параллельным корректирующим устройством / Г. М. Мамедов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2021) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 15 ноября 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 88-91. – EDN IOGTCK.
7. Семенчук, Д. Е. Электронное устройство для обнаружения межвиткового замыкания в обмотках электрооборудования / Д. Е. Семенчук, Г. М. Мамедов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 71-74. – EDN LXPORQ.
8. Мамедов, Г. М. Формирование динамики электромеханических систем средствами встречно-параллельной коррекции / Г. М. Мамедов // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2023") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26–28 апреля 2023 года. – Воронеж: филиал федерального

государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2023. – С. 108-113. – EDN EVGEWS.
9. Мамедов, Г. М. Формирование динамики электромеханических систем средствами встречно-параллельной коррекции / Г. М. Мамедов // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2023") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26–28 апреля 2023 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2023. – С. 108-113. – EDN EVGEWS.

УДК 629.46/47

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПОСТ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЯ ВАГОНОВ

Иващенко М.Ю.
РГУПС, филиал ГРУПС в г. Воронеж

Рассмотрены вопросы обеспечения безопасности движения, своевременно выявления дефектов и неисправностей, которые могут привести к сходу вагона с рельсов.
Ключевые слова: вагон, эксплуатация, *ремонт, ППСС,* техническое обслуживание, безопасность движения.

Система технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов предназначена для обеспечения устойчивой работы железных дорог, поддержания исправного технического состояния грузовых вагонов и своевременного выявления и устранения неисправностей.

Основным показателем обеспечения безопасности движения поездов является своевременное выявление технической неисправности подвижных единиц.

Комплексы диагностического контроля подвижного состава позволяют в автоматическом режиме выявлять неисправные узлы вагонов, а также позволяют проводить прогнозирование развития неисправности (износа) узлов и деталей вагонов.

Внедрение интегрированного поста комплексного контроля вагонов объединяет в себе комплекс существующих диагностических устройств, таких как КТСМ, КТИ, ПАК и многих других.

Комплексное объединение подсистем ППСС позволяет осуществить многосторонний мониторинг технического состояния вагонов при движении поезда с установленной скоростью и анализировать и выводить полученные результаты на пульт оператора ПТО с целью принятия дальнейшего принятия решения о возможности проследования поезда.

Результаты показаний также способствуют оперативному принятию мер к порожним грузовым вагонам, предназначенных для погрузки. Данный факт исключает вероятность возникновения неисправности и отцепки груженого вагона в пути следования. Данный факт благоприятно влияет на уровень безопасного проследования грузовых поездов, своевременности доставки грузов, исключение задержек поездов в пути следования по причине возникновения неисправностей.

Техническим результатом внедрения комплекса послужит:

- Техническая и технологическая межхозяйственная интеграция, т.е. использование ППСС возможно не только работникам вагонного хозяйства.,

но также работникам осуществляющим контроль сохранности грузов и правильности погрузки;

- Интегральная оценка технического состояния подвижного состава и степени его влияния на инфраструктуру. В частности система определения ударной нагрузки «колесо-рельс» позволяет своевременно выявлять подвижные единицы с неисправностями колесных

пар, тем самым предупреждая образование сопутствующих неисправностей вагонов (трещины в литых частях тележки) и верхнего строения пути;

- Прогнозирование технического состояния подвижного состава. Данный функционал позволит своевременно принимать решения о необходимости отцепки вагонов при прибытии поезда на станцию и своевременно организовать маневровую работу по расформированию поезда;

- Оптимизация численности штата работников станции, осуществляющих контроль состояния груза, на 30%;

- Сокращение капитальных расходов на 30 %. Внедрение ППСС позволит исключить необходимость постройки других диагностических устройств (КТСМ, КТИ, ПАК и пр.) на подходе к станции.

Обеспечить безопасность движения, своевременно выявлять дефекты и неисправности, не допуская их дальнейшего развития, которое может привести к сходу вагона с рельсов или другой аварии является основной задачей ППСС.

Литература

1. *Прочность цистерн из стали ВСт3СП в условиях низких температур / Н. В. Стоянова, В. И. Корольков, С. Е. Гончаров, И. С. Попов // Наука и техника транспорта. – 2017. – № 4. – С. 47-49. – EDN YLFMYL.*
2. Стоянова, Н. В. Неразрушающий контроль и сертификация/ *Стоянова Н.В.,* Бомбардиров А.П.*, и др.*// Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта М. 2009 С.60-63.
3. Стоянова, Н. В. Обеспечение безопасности движения поездов при взрезе стрелки с невзрезным стрелочным электроприводом / Н. В. Стоянова, Д. Е. Минаков, Е. Ю. Минаков // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 268-272. – EDN LPUYFY.
4. Стоянова, Н. В. Проблемы и перспективы развития вагонного хозяйства / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 261-265. – EDN GHTVGW.

УДК 504

КУЛЬТУРА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Калитвин П.В., Мамонова Я.С.
РГУПС, Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы информированности студентов об экологической безопасности, оценки экологической обстановки и экологического просвещения в образовательных учреждениях. Подготовлена анкета и проведен опрос среди студентов филиала РГУПС в г. Воронеж. На основе полученных данных сформулированы предложения по повышению уровня культуры экологической безопасности

Ключевые слова: Экологическая безопасность, экология, опрос, студенты.

Экологическая безопасность – это важная отрасль экологии, которой необходимо уделять должное внимание во избежание накопления и усугубления экологических проблем.

Деятельность человека очень сильно влияет на окружающую среду, и по этой причине необходимо минимизировать отрицательное влияние этих действий на природу.

В рамках изучения темы «Культура экологической безопасности» нами был проведён социологический опрос с целью изучения мнения студентов по данной проблематике.

Опрос проводился в 2026 году среди студентов филиала РГУПС в г. Воронеж. В нём приняли участие 51 респондент в возрасте от 18 до 24 лет. Анкета включала 10 вопросов, затрагивающих оценку экологической безопасности и методы просвещения в данной сфере.

В данной работе представлен анализ ответов респондентов и основные выводы, полученные в ходе опроса.

В ходе опроса участникам были заданы следующие вопросы:

1) Что, по-вашему, включает в себя термин "экологическая безопасность"?
2) С какого возраста, по вашему мнению, нужно уделять внимание экологической безопасности?
3) Что помогло сформировать вашу культуру экологической безопасности?
4) Какую из экологических проблем вы считаете наиболее важной?
5) Что, по-вашему, важнее всего для повышения уровня экологической культуры среди студентов?
6) Какие экологические практики вы проводите в повседневной жизни?
7) Каким образом вы предпочли бы повышать свой уровень осведомленности об экологической безопасности?
8) В каких формах ВУЗ должен просвещать студентов об экологической безопасности?
9) Какие экологические мероприятия проводятся в вашем ВУЗе?
10) Что, по-вашему, мешает формированию культуры экологической безопасности среди студентов?

Статистика ответов:

Определение понятия «экологическая безопасность»

Согласно опросу, 42,5% респондентов понимают под экологической безопасностью соблюдение законов и норм в области окружающей среды, столько же сказало, что это защита жизни и здоровья человека. Ещё 14,3% сказало, что экологическая безопасность заключается в предотвращении и устранении экологических катастроф.

Возраст прививания экологической безопасности

У опрошенных сформировалось двоякое мнение относительно данного вопроса. Большинство (57,1%) посчитало разумным обучать основам экологической безопасности с дошкольного возраста, остальные решили, что школьный возраст для этого наиболее подходящий. Период старшей школы и ВУЗа не выбрал никто.

Формирование культуры экологической безопасности у опрошенных

Характерно, что мнения на этот вопрос разделились абсолютно так же, как и на предыдущий. 52,1% респондентов отметили, что культура экологической безопасности была привита им семьёй, а остальные сказали, что узнали об этом уже в школе. Проводя параллели с прошлым вопросом, можно отметить следующую закономерность: те, кому культура экологической безопасности была привита ещё в детстве, считают, что её нужно прививать именно в этом возрасте. Те же, кто получил свои первые знания в данном вопросе в школе, не видят необходимости заботиться об этом слишком рано.

Наиболее важная экологическая проблема

В данном вопросе мнения респондентов разделились. 42,9% посчитало наиболее важной проблемой неконтролируемое накопление мусора и создание больших мусорных свалок. Чуть более меньшая часть (28,6%) Наиболее опасным посчитали загрязнение воздуха. Остальные респонденты назвали главной проблемой исчезновение биологических видов и загрязнение воды – по 14,3% на каждый вариант. Среди опрошенных никто не посчитал проблемой давно уже освещаемый в СМИ феномен глобального потепления.

Деятельность для повышения экологической культуры среди студентов

Более половины (57,1%) респондентов считают правильным баланс между практической и теоретической деятельностью в вопросе повышения культуры экологической безопасности. Среди оставшихся же большая часть респондентов, а именно 28,6%, уделила внимание практической стороне вопроса. Остальные же посчитали более необходимым делать упор на теорию.

Предпочитаемые методы повышения культуры экологической безопасности

Среди респондентов не нашлось желающих слушать лекции и семинары, однако 57,1% опрошенных находит развлекательные виды искусства наиболее привлекательными для изучения вопроса экологической безопасности. Треть респондентов привлекает документальное кино, остальные же предпочитают научные статьи.

Экологические практики в повседневной жизни

В данном и последующих вопросах респонденты могли выбирать несколько вариантов ответов. Сам же вопрос был задан с целью выяснить, какими способами респонденты проявляют свою осведомленность об экологической безопасности на практике.

Абсолютное большинство опрошенных (более 80%) экономит электроэнергию. Половина респондентов сортирует свои бытовые отходы, и всего треть участвует в экологических акциях. Трое из опрошенных не указали ни одну из этих практик как используемую в повседневности.

Информирование об экологической безопасности в ВУЗе

Среди респондентов более половины считают необходимым Волонтёрскую деятельность, экологические акции и информационные кампании, при этом особое внимание (более 80% ответов) было уделено экологическим акциям. В меньшей степени респонденты сочли необходимым исследовательскую деятельность ВУЗа, а менее трети сочло нужным введение экологических предметов в расписание.

В вопросе об уже проводимых экологических мероприятиях в ВУЗе более 70% указало волонтерскую деятельность. Почти половина респондентов в равной мере отметила учебные дисциплины и экологические акции, исследовательскую же деятельность и информационные кампании почти никто не указал.

Главная проблема студентов в экологическом просвещении

Более 80% респондентов видят главной проблемой формирования культуры экологической безопасности отсутствие у студентов мотивации в данной области. Почти 60% считает проблемой нехватку у студентов времени на изучение вопроса. 43% видят проблему в недостатке уровня экологической осведомлённости, но при этом лишь 10% опрошенных видит проблему в недостатке даваемой ВУЗом информации об экологической безопасности.

Проведённый опрос показал достаточно интересные результаты, которые, вероятно, связаны с выборкой респондентов (студенты возрастом 18-24 лет).

По первому вопросу становится очевидно, что каждый из респондентов по-своему понимает термин «экологическая безопасность». Впрочем, большинство в данном вопросе видят в первую очередь либо безопасность человека, либо законы, ограничивающие его воздействие на природу.

В вопросе раннего формирования понятия об экологической безопасности, каждый счёл наиболее полезным именно тот период, в котором получили о нём представление сами.

Несмотря на массовое освещение в СМИ проблемы глобального потепления, никто из опрошенных не считает её основной проблемой экологии.

В вопросе о теории и практике большинство респондентов считают теорию и практику одинаково важной в вопросе формирования культуры экологической безопасности, однако большинство из оставшихся больше внимания уделяют практике.

В вопросе экологических активностей ВУЗа большинство сочло наиболее важными волонтёрство и экологические акции, то есть практическую деятельность. В то же время, многие респонденты считают, что ВУЗу недостаёт проводимых им информационных кампаний. Вкупе с этим, интересно то, что большинство студентов считает главной

проблемой в экологическом просвещении отсутствие мотивации, а наиболее предпочтительным видом просвещения в области экологии – развлекательное искусство. Совокупность этой статистики даёт представление о мнении студентов – экологическая безопасность для студентов не является ненужной – она является для них неинтересной. Такого студента, предположительно, необходимо привлекать при помощи мероприятий внутри ВУЗа, поданных как развлечения, например, превратить субботник в командное соревнование, или провести экологический опрос как викторину, что могло бы побудить в студенте тягу больше изучать экологическую безопасность.

Создание системы эффективного формирования экологической культуры всех категорий населения, рассматривается как одно из приоритетных направлений. Большинство людей усваивают те или иные убеждения с детства, до того, как получают возможность осознано осмыслить полученную информацию… Изменение общественного сознания, невозможно без системной, целенаправленной работы, которая должна проводится на всех уровнях общения с населением и во всех формах обучения. Экологическая культура – результат экологического воспитания, осуществляемого на базе экологического образования[3].

Библиографический список

1. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
2. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года (утв. Президентом РФ 30.04.2012).
3. Гостева, С. Р. Формирование экологической культуры населения / С. Р. Гостева // Транспорт: наука, образование, производство (транспорт-2021) : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 19–21 апреля 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 72-76. – EDN QTLMFN.
4. Гостева, С. Р. Экологическое образование / С. Р. Гостева // Евразийское Научное Объединение. – 2020. – № 6-6(64). – С. 433-434. – EDN ZGDTOU.
5. Гостева, С. Р. Будущее, которого мы хотим (проблемы перехода Российской Федерации к устойчивому развитию) / С. Р. Гостева // Европейский журнал социальных наук. – 2014. – № 1-2(40). – С. 362-369. – EDN SDJYYB.
6. Гостева, С. Р. Экологическая безопасность Российской Федерации / С. Р. Гостева // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2006. – № 13. – С. 66-77. – EDN KUUZCR.
7. Гостев, Р. Г. Эколого-климатическая составляющая устойчивого развития Российской Федерации через призму итогового документа конференции организации Объединенных наций по устойчивому развитию "будущее, которого мы хотим" / Р. Г. Гостев, С. Р. Гостева // Берегиня. 777. Сова: Общество. Политика. Экономика. – 2013. – № 2(17). – С. 134-157. – EDN XXAJEZ.
8. Гостев, Р. Г. БУДУЩЕЕ, КОТОРОГО МЫ ХОТИМ (эколого-климатический компонент перехода России к устойчивому развитию) / Р. Г. Гостев, С. Р. Гостева // Право и государство: теория и практика. – 2014. – № 1(109). – С. 144-152. – EDN SAHKDB.

УДК 681.513(075.8)

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С НЕЛИНЕЙНОСТЯМИ ГИСТЕРЕЗИСНОЙ ПРИРОДЫ

Канищева О.И., Щербаков К.В.
ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. Рассматриваются вопросы, связанные с приближенным построением периодических режимов в системах автоматического управления, содержащих помимо функциональных, нелинейности гистерезисной природы. Разработан метод приближенного построения вынужденных периодических режимов в рассматриваемых системах, а также приведены условия его реализуемости.

Ключевые слова: системы автоматического управления, периодические режимы, гистерезисные нелинейности, корректность к малым возмущениям.

Задача о наличии в системах автоматического регулирования устойчивых периодических решений – классическая задача теории управления. Этому вопросу были посвящены работы многих авторов. Однако большинство методов приближенного построения вынужденных периодических режимов ориентированы на системы с обычными функциональными нелинейностями. В работе рассматривается метод приближенного построения периодических режимов в системах автоматического управления, содержащих помимо функциональных, нелинейности гистерезисной природы.

Динамика систем автоматического регулирования с гистерезисной обратной связью описывается системой уравнений

$$\dot{\mathbf{z}} = \mathbf{A}\mathbf{z} + \mathbf{b}u(t), \tag{1}$$

$$u(t) = f(t, x(t), \xi(t)), \tag{2}$$

$$x(t) = (\mathbf{z}(t), \mathbf{c}), \tag{3}$$

$$\boldsymbol{\xi}(t) = \boldsymbol{l}(\omega(t)), \tag{4}$$

$$\omega(t) = \boldsymbol{\Gamma}[\omega_0]x(t), \tag{5}$$

где n-мерная вектор-функция $\mathbf{z}(t)$ – переменное состояние линейного звена, $\mathbf{A}$ – постоянная матрица размерности $n \times n$, $\mathbf{b}$ и $\mathbf{c}$ – фиксированные векторы из $\mathbb{R}^n$, функция $f(t, x, \xi)$ – предполагается гладкой и T-периодической по первому аргументу. Уравнения (4), (5) описывают динамику гистерезисного виброкорректного преобразователя, описание которого будет приведено ниже.

Пусть фиксировано банахово пространство E, полуупорядоченное телесным конусом K, такое, что из $y \in K, y \neq 0$ следует $-y \notin K$, отметим, что всякий телесный конус является нормальным, т.е. всякий конусный отрезок в пространстве полуупорядоченном нормальным конусом ограничен по норме. Неравенство $\omega_1 \geq \omega_2$ $(\omega_1, \omega_2 \in E)$ означает $\omega_1 - \omega_2 \in K$. Обозначим через $<\omega_1, \omega_2>$ конусный отрезок $<\omega_1, \omega_2> \equiv \{\omega : \omega_1 \leq \omega \leq \omega_2\}$.

Пусть Ω – выпуклое компактное множество, $\Omega \subset <\omega_1, \omega_2>$ и $\omega_-, \omega_+ \in \Omega$. Ω – пространство состояний K_0-правильного гистерезисного преобразователя. Допустимыми для K_0-правильного гистерезисного преобразователя, находящегося в состоянии ω_0 $(\omega_0 \neq \omega_-, \omega_+)$, будут все непрерывные входы $x(t), (t \geq 0)$, удовлетворяющие равенству $x(0) = \varphi(\omega_0)$, где φ – линейный, положительный на конусе K функционал. Если же преобразователь находится в одном из состояний ω_- или ω_+, то допустимыми для него будут все непрерывные входы, удовлетворяющие неравенствам $x(0) \leq \varphi(\omega_-)$ или $x(0) \geq \varphi(\omega_+)$ соответственно.

Динамику преобразователя (Γ, l) описывают соотношения: вход-состояние $\omega(t) = \mathbf{\Gamma}[\omega_0]x(t)$ и состояние-выход $\xi(t) = l(\omega(t))$, где $\mathbf{\Gamma}[\omega_0]$ – однозначный оператор, зависящий от начального состояния $\omega_0 \in \Omega$, как от параметра и сопоставляющий каждому непрерывному входу $x(t)$ переменное состояние $\omega(t) \in \Omega$. l – линейный непрерывный положительный на конусе K функционал. Будем считать выполненными следующие условия:

1) Для любого допустимого входа переменное состояние $\omega(t)$ $(t \geq 0)$ является непрерывной функцией.

2) Оператор $\mathbf{\Gamma}[\omega_0]$ удовлетворяет условию Липшица по входам

$$\rho(\omega_1(t), \omega_2(t)) = \left\| \mathbf{\Gamma}[\omega_0]x_1(t) - \mathbf{\Gamma}[\omega_0]x_2(t) \right\|_E \leq \lambda \left\| x_2(\tau) - x_1(\tau) \right\|_{C_{[0,t]}}$$

равномерно относительно $\omega_0 \in \Omega$. Здесь $C_{[0,t]}$ – пространство непрерывных функций на $[0,t]$ с нормой $\left\| x(\tau) \right\|_{C_{[0,t]}} = \max\limits_{0 \leq \tau \leq t} \left| x(\tau) \right|$.

3) Оператор $\mathbf{\Gamma}[\omega_0]$ монотонен по входам и начальным состояниям: из $\omega_2 \geq \omega_1;\ x_2(t) \geq x_1(t)$ $(\omega_2 : \omega_1 \in \Omega;\ t \geq 0)$ вытекает $\mathbf{\Gamma}[\omega_2]x_2(t) \geq \mathbf{\Gamma}[\omega_1]x_1(t)$.

4) Оператор $\mathbf{\Gamma}[\omega_0]$ является моноцикличным, т.е. каждому допустимому периодическому входу отвечает периодический, того же периода выход.

5) Существуют такие числа d_- и d_+, что для входов $x_+(t) = d_-(1-t) + d_+ t$ и $x_-(t) = d_-(t) + (1-t)d_+$ будут верны равенства $\Gamma[\omega_-]x_+(1) = \omega_+$ и $\Gamma[\omega_+]x_-(1) = \omega_-$.

6) Элемент $x_0 = \omega_+ - \omega_-$ является внутренним элементом конуса K_0.

Гистерезисный преобразователь, удовлетворяющий этим свойствам назовем K_0-правильным. Отметим, что K_0-правильным гистерезисным преобразователем является обобщенный люфт с насыщением, преобразователь Прейзаха с финитным носителем меры [1] и некоторые другие гистерезисные преобразователи.

Известно [2], что периодические решения системы (1)-(5) являются неподвижными точками оператора $\mathbf{H}: \mathbf{C}(\mathbb{R}^n)_{[0;\mathrm{T}]} \to \mathbf{C}(\mathbb{R}^n)_{[0;\mathrm{T}]}$:

$$[\mathbf{Hz}](t) = \int_0^{\mathrm{T}} H(t-s, \mathrm{T})\mathbf{b}\, f(s, x(s), \omega(s))ds, \qquad (6)$$

где $x(s) = (\mathbf{z}(s), \mathbf{c})$, $\omega(s) = \mathbf{\Gamma}[\boldsymbol{\omega}_0]x(s)$, $H(t, \mathrm{T}) = e^{\mathbf{A}t}(\mathbf{E} - e^{\mathbf{A}\mathrm{T}})^{-1}$ $(0 \leq t \leq \mathrm{T})$ – функция продолженная на неотрицательную числовую полуось соотношением

$$H(t + n\mathrm{T}, T) = H(t, \mathrm{T}) \quad (n \in N).$$

Таким образом, задача о существовании периодических решений (1)-(5) сводится к нахождению неподвижных точек оператора (6), обладающих дополнительным условием $\omega(\mathrm{T}) = \omega_0$.

Линейную систему (1)-(3) назовём *регулярной*, если импульсная характеристика

$$h(t) = (e^{\mathbf{A}t}\mathbf{b}, \mathbf{c}) \qquad (t \geq 0) \qquad (7)$$

положительна при $t > 0$, система (1) управляема, матрица $\mathbf{A}$ гурвицева, самое правое её собственное число является простым и вещественным и, отвечающий ему собственный вектор не ортогонален вектору $\mathbf{c}$. В работе [3] установлено, что если система (1)-(5) регулярна, то множество $K = \overline{co}\,\{\mathbf{z} : \mathbf{z} = \lambda e^{\mathbf{A}t}\mathbf{b};\ \ \lambda, t \geq 0\}$ (8)

образует телесный конус в $\mathbb{R}^n$. Установим некоторые свойства оператора (6).

Лемма 1. Пусть линейная система (1)-(3) регулярна и функция $f(t, x, \omega)$ монотонно возрастает по второму и третьему аргументам, тогда оператор (6) монотонен по конусу K.

Доказательство: Зафиксируем $\mathbf{z}_1(t)$ и $\mathbf{z}_2(t)$, связанные неравенством $\mathbf{z}_1(t) \geq \mathbf{z}_2(t)$ (по конусу), и ω_{01} и ω_{02} ($\omega_{01} \geq \omega_{02}$) такие, что функции $x_1(t)$ и $x_2(t)$ ($x_1(t) = (\mathbf{z}_1(t), \mathbf{c})$, $x_2(t) = (\mathbf{z}_2(t), \mathbf{c})$) являются допустимыми входами для преобразователя (4), (5), находящегося в состояниях ω_{01} и ω_{02} соответственно.

По построению конуса K для всех $\mathbf{z} \in K$ выполняется неравенство $(\mathbf{z}, \mathbf{c}) \geq 0$, поэтому будет выполнено неравенство $x_1(t) \geq x_2(t)$ $(0 \leq t \leq \mathrm{T})$. В силу монотонности преобразователя (4), (5) выходы $\xi_1(t)$ и $\xi_2(t)$, отвечающие $x_1(t)$ и $x_2(t)$, будут связаны неравенством $\xi_1(t) \geq \xi_2(t)$.

Таким образом, для $\forall t \in [0;\mathrm{T}]$ в силу монотонности функции $f(t,x,\omega)$ будет выполняться неравенство $f(t, x_1(t), \xi_1(t)) \geq f(t, x_2(t), \xi_2(t))$, которое означает, что при всех $t \in [0;\mathrm{T}]$ элемент $\mathbf{b}(f(t, x_1(t), \xi_1(t)) - f(t, x_2(t), \xi_2(t))) \in K$.

По построению линейный оператор $\mathbf{H}: \mathbf{C}(\mathbb{R}^n)_{[0;\mathrm{T}]} \to \mathbf{C}(\mathbb{R}^n)_{[0;\mathrm{T}]}$

$$[\mathbf{Hz}](t) = \int_0^{\mathrm{T}} H(t-s, \mathrm{T})\, \mathbf{z}(s) ds \qquad (9)$$

положителен на конусе K, поэтому для всех $t \in [0;\mathrm{T}]$

$$[\mathbf{Hz}_1](t) - [\mathbf{Hz}_2](t) = \int_0^{\mathrm{T}} H(t-s, \mathrm{T}) \mathbf{b} (f(t, x_1(t), \xi_1(t)) - f(t, x_2(t), \xi_2(t))) ds \in K,$$

означает монотонность оператора (9) по конусу K. Лемма доказана. ■

Лемма 2. Пусть линейная система (1)-(3) регулярна, выполнены условия леммы 1 и выполняется неравенство

$$\overline{\lim_{\mathbf{x} \to \infty}} \sup_{\omega} f(t,x,\omega) \cdot |x|^{-1} < (\mathbf{A}^{-1}\mathbf{b}, \mathbf{c})^{-1}, \qquad (10)$$

тогда найдутся такие вектор-функции $\mathbf{z}_-(t)$, $\mathbf{z}_+(t) \in \mathbf{C}(\mathbb{R}^n)$, связанные неравенством $\mathbf{z}_- < \mathbf{z}_+$ (по конусу K), что будут выполнены неравенства

$$\mathbf{Hz}_- \geq \mathbf{z}_- + \mathbf{u}_0, \quad \mathbf{Hz}_+ \leq \mathbf{z}_+ - \mathbf{u}_0, \qquad (11)$$

где $\mathbf{u}_0 \in \operatorname{int} K$.

Доказательство: Будет искать $\mathbf{z}_-$ и $\mathbf{z}_+$ среди вектор-функций равных константе. В силу неравенства (10) при достаточно больших x будет выполняться неравенство $f(t,x,\omega) \cdot < (\mathbf{A}^{-1}\mathbf{b}, \mathbf{c})^{-1} x$. Тогда

$$\mathbf{Hz}_+ = \int_0^{\mathrm{T}} H(t, \mathrm{T}) \mathbf{b}\, f(s, x_+, \omega_+)\, ds =$$

$$= (\mathbf{E} - e^{\mathbf{A}\mathrm{T}})^{-1} \left[\int_0^t e^{\mathbf{A}(t-s)} \mathbf{b}\, f(s, x_+, \omega_+)\, ds + \int_t^{\mathrm{T}} e^{\mathbf{A}(t-s+\mathrm{T})} \mathbf{b}\, f(s, x_+, \omega_+)\, ds \right] <$$

$$< (\mathbf{E} - e^{\mathbf{A}\mathrm{T}})^{-1} \left[\int_0^t e^{\mathbf{A}(t-s)} \mathbf{b}\, x_+\, ds + \int_t^{\mathrm{T}} e^{\mathbf{A}(t-s+\mathrm{T})} \mathbf{b}\, x_+\, ds \right] =$$

$$= (\mathbf{A}^{-1}\mathbf{b}, \mathbf{c})^{-1} (\mathbf{E} - e^{\mathbf{A}\mathrm{T}})^{-1} x_+ \left[-\mathbf{A}^{-1} e^{\mathbf{A}(t-s)} \mathbf{b} \Big|_0^t - \mathbf{A}^{-1} e^{\mathbf{A}(t-s+\mathrm{T})} \mathbf{b} \Big|_t^{\mathrm{T}} \right] =$$

$$= (\mathbf{A}^{-1}\mathbf{b}, \mathbf{c})^{-1} (\mathbf{E} - e^{\mathbf{A}\mathrm{T}})^{-1} x_+ \left[\mathbf{A}^{-1}(-\mathbf{E}\mathbf{b} + e^{\mathbf{A}t}\mathbf{b}) - \mathbf{A}^{-1} e^{\mathbf{A}t}\mathbf{b} + \mathbf{A}^{-1} e^{\mathbf{A}\mathrm{T}} \mathbf{b} \right] =$$

$$= (\mathbf{A}^{-1}\mathbf{b}, \mathbf{c})^{-1} (\mathbf{E} - e^{\mathbf{A}\mathrm{T}})^{-1} x_+ \left[\mathbf{A}^{-1}(e^{\mathbf{A}\mathrm{T}} - \mathbf{E})\mathbf{b} \right] = (\mathbf{A}^{-1}\mathbf{b}, \mathbf{c})^{-1} \mathbf{A}^{-1}\mathbf{b}\, x_+.$$

Докажем, что по конусу K выполняется следующее неравенство

$$(\mathbf{A}^{-1}\mathbf{b},\mathbf{c})^{-1}\mathbf{A}^{-1}\mathbf{b}\,x_+ \le \mathbf{z}_+. \qquad (12)$$

Умножая (12) скалярно на $\mathbf{c}$, получим $(\mathbf{A}^{-1}\mathbf{b},\mathbf{c})^{-1}(\mathbf{A}^{-1}\mathbf{b},\mathbf{c})\,x_+ \le (\mathbf{z}_+,\mathbf{c})$ или $x_+ = (\mathbf{z}_+,\mathbf{c})$ выполняется по определению. Таким образом, выполняется строгое неравенство $\mathbf{H}\mathbf{z}_+ < \mathbf{z}_+$, следовательно, существует такой вектор $\mathbf{u}_0 \in \operatorname{int} K$, что $\mathbf{H}\mathbf{z}_+ \le \mathbf{z}_+ - \mathbf{u}_0$.

Аналогично доказывается существование вектора $\mathbf{z}_-$. Лемма доказана. ■

Опишем процедуру построения периодических решений системы (1)-(5) (аналогичная конструкция была предложена в [4]). Зафиксируем монотонно убывающую к нулю последовательность $\{\sigma_n\}$ $(\sigma_1 < 1)$.

Рассмотрим вспомогательную последовательность $\{\mathbf{v}_n\} \in \mathbf{C}(\mathbb{R}^n)$:

$$\mathbf{v}_0 = \mathbf{z}_-, \quad \mathbf{v}_{k+1} = \mathbf{H}\mathbf{v}_k + \sigma_1\mathbf{u}_0. \qquad (13)$$

По построению, последовательность монотонно возрастает по конусу K и в условиях лемм 1, 2 ограничена сверху элементом $\mathbf{z}_+$. Кроме того, последовательность $\{\mathbf{v}_n\}$ равностепенно непрерывна, следовательно, эта последовательность сходится в пространстве $\mathbf{C}(\mathbb{R}^n)$. Для ее предельного элемента $\mathbf{v}^*$ выполняется равенство $\mathbf{v}^* = \mathbf{H}\mathbf{v}^* + \sigma_1\mathbf{u}_0$, поэтому среди ее членов найдутся такие, для которых будет выполнено неравенство

$$\mathbf{v}_k > \mathbf{H}\mathbf{v}_k + \sigma_3\mathbf{u}_0. \qquad (14)$$

Для первого члена последовательности (13), удовлетворяющего неравенству (14) положим $\mathbf{v}_k = \mathbf{z}_1$. $\mathbf{z}_1$ является первым членом последовательности $\{\mathbf{z}_n\}$, которую определим следующим образом. Пусть первые $(n-1)$ ее членов построены тогда $\mathbf{z}_n$ определим как первый член вспомогательной последовательности $\{\mathbf{v}_n\}$:

$$\mathbf{v}_0 = \mathbf{z}_{n-1}, \quad \mathbf{v}_{k+1} = \mathbf{H}\mathbf{v}_k + (-1)^{n+1}\sigma_n\mathbf{u}_0, \qquad (15)$$

удовлетворяющий неравенству $(-1)^{n+1}(\mathbf{v}_k - \mathbf{H}\mathbf{v}_k) > \sigma_{n+2}\mathbf{u}_0$. (16)

Теорема 1. В условиях лемм 1, 2 при любом натуральном n члены последовательности $\{\mathbf{z}_n\}$ могут быть построены, выполняются неравенства

$$\mathbf{z}_0 < \mathbf{z}_2 < \ldots < \mathbf{z}_{2n} < \ldots < \mathbf{z}_* \le \mathbf{z}_{**} < \ldots < \mathbf{z}_{2n-1} < \ldots < \mathbf{z}_1, \qquad (17)$$

существуют пределы $\lim\limits_{n\leftarrow\infty} \| \mathbf{z}_{2n} - \mathbf{z}_* \|_{\mathbf{C}(\mathbb{R}^n)} = 0$, $\lim\limits_{n\leftarrow\infty} \| \mathbf{z}_{2n-1} - \mathbf{z}_{**} \|_{\mathbf{C}(\mathbb{R}^n)} = 0$, (18)

$\mathbf{z}_*$ и $\mathbf{z}_{**}$ являются неподвижными точками оператора (6).

Доказательство: Докажем возможность построения членов последовательности $\{\mathbf{z}_n\}$ по индукции. Первый ее член уже построен. Пусть построены первые $(n-1)$ ее членов. Последовательность (15) по построению является монотонной и ограниченной, а так же равностепенно непрерывной. Поэтому она имеет предел в пространстве $\mathbf{C}(\mathbb{R}^n)$. Для ее предельного элемента $\mathbf{v}_*$ выполняется равенство $\mathbf{v}_* = \mathbf{H}\mathbf{v}_* + (-1)^{n+1}\sigma_n\mathbf{u}_0$.

Поэтому среди ее членов найдется элемент $\mathbf{v}_k$, для которого будет выполнено неравенство (16). Первый член последовательности $\{\mathbf{v}_n\}$, удовлетворяющий этому неравенству обозначим через $\mathbf{z}_n$. Теорема доказана. ■

Во многих прикладных задачах важна степень близости приближенных решений к точному. Ниже формулируется теорема, позволяющая дать априорную оценку в условиях слабой дифференцируемости оператора (6).

Ниже предполагается, что оператор (6) имеет слабую производную Гато $\mathbf{H}'_*$ на множествах $\mathrm{M}_1 \equiv \{\mathbf{z} : \mathbf{z}_{2n} \le \mathbf{z} \le \mathbf{z}_*\}$, $\mathrm{M}_2 \equiv \{\mathbf{z} : \mathbf{z}_{**} \le \mathbf{z} \le \mathbf{z}_{2n-1}\}$. Обозначим через N константу нормальности конуса K, $\mathrm{M} = \sup\limits_{0\le\Theta\le1} \| \mathbf{H}'_*(\mathbf{z}_{2n} + \Theta\Delta\mathbf{z}) \|$, где $\Delta\mathbf{z} = \mathbf{z}_* - \mathbf{z}_{2n}$.

Теорема 2. *Пусть выполнено неравенство* $\mathrm{M}\cdot\mathrm{N} < 1$*, тогда верны оценки*

$$\| \mathbf{z}_* - \mathbf{z}_{2n} \|_{C(\mathrm{R}^n)} < \frac{\sigma_{2n} \cdot \mathrm{N}}{1 - \mathrm{M} \cdot \mathrm{N}}, \qquad (19)$$

$$\| \mathbf{z}_{**} - \mathbf{z}_{2n-1} \|_{C(\mathrm{R}^n)} < \frac{\sigma_{2n-1} \cdot \mathrm{N}}{1 - \mathrm{M} \cdot \mathrm{N}}. \qquad (20)$$

Доказательство: По построению последовательности $\{\mathbf{z}_n\}$ для элемента $\mathbf{z}_{2n}$ выполняются неравенства $\sigma_{2n+2}\mathbf{u}_0 < \mathbf{H}\mathbf{z}_{2n} - \mathbf{z}_{2n} < \sigma_{2n}\mathbf{u}_0$ (21)
(по конусу K). Следовательно, будут выполнены неравенства

$$\mathbf{z}_* - \mathbf{z}_{2n} - \sigma_{2n}\mathbf{u}_0 < \mathbf{H}\mathbf{z}_* - \mathbf{H}\mathbf{z}_{2n} < \mathbf{z}_* - \mathbf{z}_{2n} - \sigma_{2n+2}\mathbf{u}_0 \qquad (22)$$

и $$\| \mathbf{z}_* - \mathbf{z}_{2n} \| \le \mathrm{N}\left(\| \mathbf{H}\mathbf{z}_* - \mathbf{H}\mathbf{z}_{2n} \| + \sigma_{2n} \| \mathbf{u}_0 \| \right). \qquad (23)$$

С другой стороны, применив формулу конечных приращений [3] к отображению $\mathbf{H}$, получим $\| \mathbf{H}\mathbf{z}_* - \mathbf{H}\mathbf{z}_{2n} \| \le \mathrm{M} \| \mathbf{z}_* - \mathbf{z}_{2n} \|$. (24)

Из (22) и (23), с учетом $\| \mathbf{u}_0 \| = 1$ получим неравенство

$$\| \mathbf{z}_* - \mathbf{z}_{2n} \| \le \mathrm{N}\left(\mathrm{M} \| \mathbf{z}_* - \mathbf{z}_{2n} \| + \sigma_{2n} \right), \qquad (25)$$

из которого следует $$\| \mathbf{z}_* - \mathbf{z}_{2n} \|_{C(\mathrm{R}^n)} < \frac{\sigma_{2n} \cdot \mathrm{N}}{1 - \mathrm{M} \cdot \mathrm{N}}. \qquad (26)$$

Аналогично доказывается вторая оценка (20). Теорема доказана. ■

Из теорем 1, 2 следует, что T-периодические решения системы (1)-(5) могут быть эффективно построены с любой точностью.

Во многих системах автоматического регулирования параметры системы принципиально невозможно определить точно. Поэтому технически реализуемые вынужденные периодические режимы должны обладать естественным свойством корректности по отношению к малым изменениям параметров системы.

Библиографический список:

1. Красносельский М.А. Системы с гистерезисом / М.А. Красносельский, А.В. Покровский – М.: Наука, 1983. – 271с.
2. Красносельский М.А. Позитивные линейные системы: метод положительных операторов / М.А. Красносельский, Е.А. Лифшиц, А.В. Соболев – М.: Наука, 1985. – 256 с.
3. Семенов М.Е. Математическое моделирование устойчивых периодических режимов в системах с гистерезисными нелинейностями / М.Е. Семенов. – Воронеж. : Воронеж. гос. технол. акад., 2002. – 104 с.
4. Красносельский М.А. Правильные решения интегральных уравнений с разрывной нелинейностью. / Красносельский М.А., Покровский А.В. // ДАН СССР, 1976, т. 226, № 3, с. 506 – 509.
5. Математическая теория систем / [под ред. М.А. Красносельского]. – М. : Наука, 1986. – 166 с.

УДК 658.152

ОБОСНОВАНИЕ КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ НА РЕКОНСТРУКЦИЮ ОРУ 27,5 КВ ТРАНЗИТНОЙ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ МОЩНОСТЬЮ 80 МВА

Карпенко Дмитрий Сергеевич
Руководитель: Тимофеев А.И.
РГУПС, Филиал РГУПС в г. Воронеж

В статье приведено обоснование капитальных затарат на реконструкцию ОРУ 27,5 кВ транзитной тяговой подстанции мощностью 80 МВА.

Ключевые слова: капитальные затраты, реконструкция

Капитальные затраты на реконструкцию ОРУ включают: 1) расходы на разработку проектной документации; 2) расходы на оборудование; 3) расходы на строительно-монтажные и пусконаладочные работы.

Расходы на разработку документации оцениваются в 180 тыс. руб.

Состав, цены и стоимость приобретаемого оборудования приведена в таблице

Таблица 1. Стоимость оборудования, тысяч рублей

Наименование	К-во	Цена, руб	Стоимость
Выключатели ВБЭТ-35-25/1250	12	980890	11771
Разъединители РГП-П1-35	12	270000	3240
Трансформаторы напряжения 3НОЛ-35	8	210000	1680
Ограничители перенапряжения ОПН-П1-35	4	70500	282
Комплекты защит	1	270000	270
ИТОГО			17243

Транспортно-заготовительные расходы, включающие расходы на доставку, разгрузку и хранение составляют 6% стоимости оборудования: 17243х0,06=1035 тыс. руб. Расходы на оборудования с учётом ТЗР: 17243 х 1,06 = 18277 тыс. руб.

Расходы на строительно-монтажные работы включают: строительные материалы, заработную плату с отчислениями, стоимость работ машин и оборудования, накладные расходы. Стоимость монтажных материалов (медные шины, кабельная продукция, метизы) составляет 2 388 тыс. руб. Монтажные работы выполняются бригадой из 8 человек, средний разряд рабочих – 5,3. Реконструкция выполняется в течении 15 рабочих дней, трудоёмкость реконструкции составляет 1440 нормо-часов. С 30.12.2025 минимальная часовая тарифная ставка в ОАО «РЖД» составляет 82,63 руб., тарифные коэффициенты 5 и 6 разряда равны соответственно 2,12 и 2,3. Тарифный коэффициент среднего разряда 5,8 найдём методом интерполяции: 2,12 + 0,3 х (2,3 – 2,12) = 2,174. Уровень компенсационных и стимулирующих выплат составляет 47% тарифного заработка. Расходы на оплату труда с учётом компенсационных и стимулирующих выплат составят:
1440 х 2,174 х 82,63 х 1,47 /1000= 380 тыс. руб.

Тариф взносов во внебюджетные фонды – 30%. Сумма взносов:
380 х 0,3 = 114 тыс. руб.

При реконструкции используются машины: Кран автомобильный, Экскаватор-погрузчик JCB 3CX. Расчёт стоимости нормо-часа указанных машин приведен в таблицах 2 и 3.

Таблица 2. Расчёт стоимости нормо-часа крана автомобильного

Заработная плата и отчисления	Изм	Значение
Число машинистов	Чел	1
Средний разряд	Разряд	6
Часовая тарифная ставка	₽	200
Компенсационные и стимулирующие выплаты, к тарифному заработку	%	47
Тариф взносов во внебюджетные фонды	%	30
Итого заработная плата с отчислениями	₽	200х1,47х1,3=382
Топливо		
Средний расход топлива	л/ч	22,8

Цена топлива	₽ / л	68,0
Стоимость топлива	₽	22,8х68,0=1550
Расходы на ТО и ТР		
Расходы на ТО и ТР в год	₽	556 000
Количество отработанных смен в год	смен	224
Продолжительность смены	Ч	12
Расходы на ТО и ТР в час	₽	556 000 / 224 / 12 = 207
Прочие расходы в год	₽	113 650
Прочие расходы в час	₽	113 650 / 224 / 12 = 42
Амортизация		
Стоимость	₽	8 027 000
Срок службы нормативный	Лет	25
Амортизация в час	₽	8 027 000 / 25 / 224 / 12 = 119
ИТОГО прямые расходы	₽	382+1550+207+42+119 =2301
Накладные расходы, 70% от прямых	₽	2301х0,7=1611
ИТОГО машино-час	₽	2301+1611=3912

Таблица 3. Расчёт стоимости нормо-часа Экскаватора-погрузчика JCB 3CX

Заработная плата и отчисления	Изм	Значение
Число машинистов	Чел	1
Средний разряд	Разряд	6
Часовая тарифная ставка	₽	200
Компенсационные и стимулирующие выплаты, к тарифному заработку	%	47
Тариф взносов во внебюджетные фонды	%	30
Итого заработная плата с отчислениями	₽	200х1,47х1,3=382
Топливо		
Средний расход топлива	л/ч	16,8
Цена топлива	₽ / л	68,0
Стоимость топлива	₽	16,8х68,0=1142
Расходы на ТО и ТР		
Расходы на ТО и ТР в год	₽	335 300
Количество отработанных смен в год	смен	215
Продолжительность смены	Ч	12
Расходы на ТО и ТР в час	₽	335300 / 215 / 12 = 130
Прочие расходы в год	₽	66 900
Прочие расходы в час	₽	58300 / 215/ 12 = 26
Амортизация		
Стоимость	₽	12 900 000
Срок службы нормативный	Лет	40
Амортизация в час	₽	12 900 000 / 40 / 215 / 12 = 125

ИТОГО прямые расходы	₽	382+1142+130+26+125 = 1805
Накладные расходы, 70% от прямых	₽	1805 х 0,7 = 1264
ИТОГО машино-час	₽	1805+1264=3069

Расчёт расходов на использование машин приведен в таблице 4.

Таблица 4. Расходы на использование машин

Наименование	Стоимость машино-часа, рублей	Количество смен (часов)	Расходы на использование машин, тыс. рублей
Автокран	3912	4 (48)	188
Экскаватор-погрузчик	3069	8 (96)	147
ИТОГО			335

Прямые расходы на строительно-монтажные работы:
2388 + 380 + 114 + 335 = 3217 тыс. руб.

В структуре расходов на строительно-монтажные работы накладные расходы составляют 35%, следовательно, все остальные расходы: заработная плата с отчислениями, материалы и расходы на использование машин – 65%. Следовательно, накладные расходы составляют:
3217 / 0,65 х 0,35 = 1732, а общие затраты на строительно-монтажные работы:
3217 + 1732= 4949

ИТОГО капитальные затраты: 180 + 18277 +4949= 23406 тыс. руб.

Структура капитальных затрат приведена на рис.1

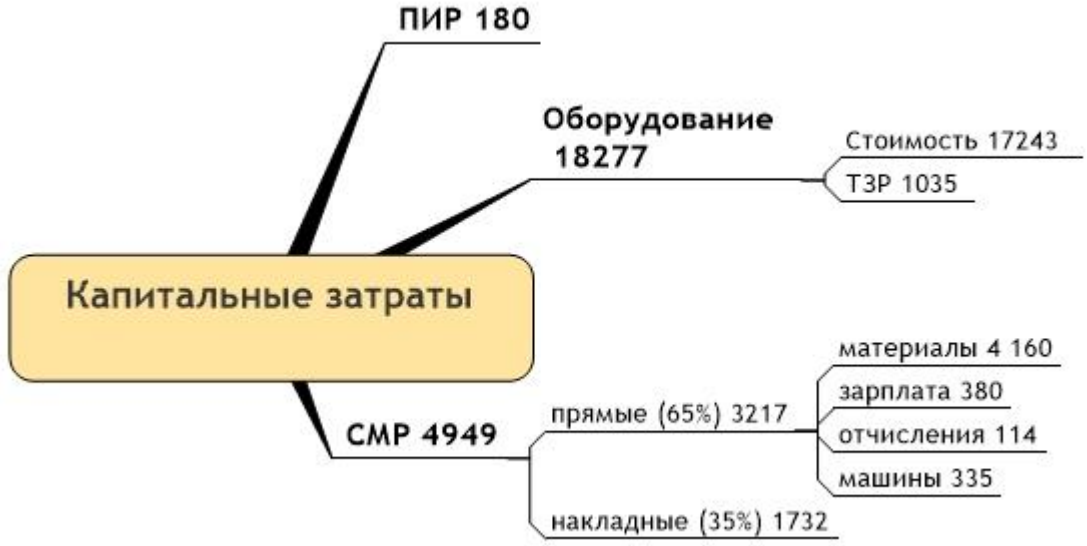


Рисунок 1. Структура капитальных затрат на реконструкцию ОРУ, тыс. руб.

Список литературы.

1. Шерстюков, О. С. Современные способы учёта и анализа отказов устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / О. С. Шерстюков, Н. И. Климентов // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2023") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26–28 апреля 2023 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2023. – С. 228-233. – EDN WYKTOJ.

2. Евстигнеев, М. И. Показатели оценки состояния контактной сети / М. И. Евстигнеев, Н. И. Климентов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 46-52. – EDN WYYWPT.
3. Кураков, А. В. Исследование межподстанционной зоны тяговой сети переменного тока на модели в среде Multisim / А. В. Кураков, Н. И. Климентов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 36-39. – EDN RNDLCL.
4. Дегтярев, А. А. Методика проведения испытаний силовых кабелей 0,4-10 кВ / А. А. Дегтярев, Н. И. Климентов, Г. М. Мамедов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 32-36. – EDN LDTCBB.
5. Полянская, М. Н. Моделирование однородной длинной линии в среде Multisim / М. Н. Полянская, А. В. Вотановская, Н. И. Климентов // Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники : Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции, Воронеж, 15–16 мая 2017 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2017. – С. 95-98. – EDN ZVVYAD.
6. Мамедов, Г. М. Электротехника и электроника. Основы электроники : учебное пособие / Г. М. Мамедов ; Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; Московский гос. ун-т путей сообщ.. – Москва : РОАТ, 2011. – 59 с. – ISBN 978-5-7473-0577-9. – EDN QMLYTR.
7. Мамедов, Г. М. К расчету устройств автоматического регулирования с встречно-параллельным корректирующим устройством / Г. М. Мамедов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2021) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 15 ноября 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 88-91. – EDN IOGTCK.
8. Мамедов, Г. М. Формирование динамики электромеханических систем средствами встречно-параллельной коррекции / Г. М. Мамедов // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2023") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26–28 апреля 2023 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2023. – С. 108-113. – EDN EVGEWS.
9. Мамедов, Г. М. Формирование динамики электромеханических систем средствами встречно-параллельной коррекции / Г. М. Мамедов // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2023") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26–28 апреля 2023 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2023. – С. 108-113. – EDN EVGEWS.

УДК 629.41

СБЕРЕЖЕНИЕ ТОПЛИВА МАНЕВРОВОГО ТЕПЛОВОЗА ЧМЭ-3

Кашин И.А.
РГУПС, филиал РГУПС в г. Воронеж

В работе рассмотрен маневровый локомотив серии ЧМЭ3 и произведен анализ работы автономной системы прогрева тепловоза СПТ-Рубин.

Ключевые слова: подвижной состав, локомотив, техническое обслуживание, ремонт, грузовое движение, дизельное топливо, автономная система прогрева.

Современный отечественный подвижной состав, несмотря на высокие технические и эксплуатационные показатели, по-прежнему имеет значительные резервы повышения эффективности и экономичности, что может быть достигнуто за счет улучшения эксплуатации, технического обслуживания, ремонта, повышения надежности.

Основной статьей затрат при эксплуатации тепловоза является топливо, при этом до 30%, а в некоторых случаях до 80% его расхода приходится на холостой ход двигателя.

Разработанная в данном проекте система прогрева тепловоза ЧМЭ позволит обеспечивать поддержание в течение длительного времени предпусковых температур дизеля, обогрева кабины машиниста при отрицательных температурах окружающего воздуха.

Назначение системы прогрева тепловозов — повышение экономических показателей использования маневровых тепловозов и продление срока их службы. Экономический эффект от внедрения автономной системы прогрева СПТ-Рубин, для сервисного локомотивного депо достигается за счет снижения расхода дизельного топлива затрачиваемого на горячий простой локомотивов.

Для расчета экономического эффекта от внедрения СПТ используются данные указанные в руководстве по эксплуатации автономной системы прогрева тепловозов СПТ-Рубин НТТ87355565.000РЭ, а также данные полученные в депо.

Ввиду колоссальных расходов дизельного топлива, масла, и больших выбросов вредных веществ в атмосферу при горячем простое тепловозов, целесообразно проведение модернизации действующего парка локомотивов системами прогрева.

Действующая в локомотивных депо система учета расхода топлива маневровыми тепловозами имеет ряд недостатков и не исключает несанкционированный отбор топлива. В связи с этим, вопросы достоверного учета, анализа, нормирования и контроля расходования топлива маневровыми тепловозами являются актуальными. Одним из важнейших направлений решения проблемы экономии топлива маневровыми тепловозами является автоматизация этих процессов.

Эффективность учета, контроля и нормирования расхода топлива маневровыми тепловозами в эксплуатации можно повысить за счет применения современных средств измерения расхода топлива и режимов работы локомотива, автоматизации процессов измерения и регистрации, своевременных алгоритмов обработки данных в условиях локомотивного депо.

Решение задач по внедрению современных технологий и технических средств учета за расходом дизельного топлива на магистральных и маневровых тепловозах в настоящее время приобрело большую значимость.

В работе рассмотрены вопросы оснащения маневрового тепловоза ЧМЭ3 программными и техническими средствами, что позволяет комплексно решить задачу автоматизированного контроля за расходованием дизельного топлива в условиях эксплуатации. Эффективность анализа расхода топливно – энергетических ресурсов за счет применения современных средств измерения расхода топлива и режимов работы локомотива.

Литература

1. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.
2. Стоянова, Н. В. Неразрушающий контроль и сертификация/ *Стоянова Н.В.,* Бомбардиров А.П.*, и др.*// Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта М. 2009 С.60-63.
3. Стоянова, Н. В. Основные функции и задачи дирекции по ремонту тягового подвижного состава / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 286-290. – EDN EXQUOL.
4. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
5. Рябко, К. А. Исследование теплового состояния аккумуляторных батарей шахтных локомотивов в процессе зарядки / К. А. Рябко // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 1. – С. 343-353. – EDN GOYXMA.
6. Рябко, К. А. Оценка надежностных характеристик электрооборудования электровозов ВЛ80С / К. А. Рябко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 216-221. – EDN SGWDSZ.
7. Рябко, К. А. Исследование процесса заряда аккумуляторных батарей шахтных подвесных монорельсовых локомотивов / К. А. Рябко // Горная механика и машиностроение. – 2022. – № 2. – С. 30-36. – EDN LFUDNM.
8. Стоянова, Н. В. Проведение приемосдаточных испытаний тягового электродвигателя тягового подвижного состава после ремонта / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 189-192. – EDN QTJEKI.

УДК 656.7.025

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЭКСТРЕННОЙ ДОСТАВКИ ЖИЗНЕННО ВАЖНЫХ ГРУЗОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Клунный Н.Н.
Луганский государственный университет им. В. Даля, г. Луганск

В статье рассматривается проблема оперативной доставки экстренных и жизненно важных грузов (медикаментов, биоматериалов, компонентов крови, запасных частей для критического медицинского малого оборудования) в труднодоступные и отдаленные районы России. Анализируются недостатки российской транспортной логистики в условиях чрезвычайных ситуаций и сезонной изоляции районов. В качестве перспективного решения предлагается концепция создания единой национальной сети доставки на базе беспилотных авиационных систем (БАС). На примере мирового лидера в этой сфере – компании Zipline – рассмотрены ключевые особенности данной концепции.

Ключевые слова: беспилотные авиационные системы, медицинская логистика, труднодоступные территории, экстренная доставка, единая платформа управления, порты для дронов, холодовая цепь.

This article examines the problem of prompt delivery of emergency and vital cargo (medicines, biomaterials, blood components, spare parts for critical small medical equipment) to hard-to-reach and remote areas of Russia. It analyzes the shortcomings of Russian transport logistics during emergency situations and seasonal isolation of areas. A promising solution is proposed: the creation of a unified national delivery network based on unmanned aerial systems (UAS). The key features of this concept are discussed using the example of Zipline, a global leader in this field.

Keywords: unmanned aerial systems, medical logistics, hard-to-reach areas, emergency delivery, unified management platform, drone ports, cold chain.

Актуальность. Территориальные особенности Российской Федерации – огромная протяженность, низкая плотность населения во многих районах, наличие труднодоступных отдаленных зон – это создает серьезную проблему для транспортной системы и логистики. Поэтому остро встает вопрос доставки экстренно важных и жизни необходимых грузов: донорской крови, вакцин, лекарственных препаратов, биоматериалов, а также критически важных частей для объектов жизнеобеспечения. Ведь бывают случаи, когда они очень сильно нужны здесь и сейчас, и от них зависит чья-то жизнь.

Традиционные виды транспорта (автомобили, поезда, вертолеты, самолеты, водные виды транспорта и т. д.) в таких условиях оказываются неэффективными из-за низкой скорости доставки, а она же в свою очередь обусловлена отсутствием подходящей транспортной сети, или неподходящими погодными условиями, сопровождаясь высокими финансовыми затратами. И для решения данной проблемы стоит обратить внимание на идею создания единой национальной системы экстренной доставки грузов на базе БАС [10; 12].

В качестве примера успешного внедрения беспилотной логистики для экстренных и медицинских целей является американская компания “Zipline” [1]. Основанная в 2014 году, компания стала мировым лидером автономной доставки, совершив к началу 2026 года более 2 млн. коммерческих доставок и преодолев свыше 125 миллионов автономных миль [1]. Её система обслуживает более 45 миллионов человек по всему миру, доставляя грузы к более чем 5000 точек сброса [2].

Ключевой особенностью Zipline является изначальная ориентация на медицинскую логистику. В Руанде и Гане компания построила централизованные дистрибьюторские центры, которые покрывают территорию всей страны. Работа осуществляется таким образом: когда в отдаленной клинике экстренно требуется необходимая кровь, медицинский работник отправляет запрос через SMS или мессенджер, и дрон с грузом вылетает в течение нескольких минут [3]. В Кении дроны Zipline доставляют кровь, вакцины, антидоты и другие экстренные грузы [4].

Технологические пробы и ошибки компании привели к созданию двух ключевых платформ:

1. Platform 1 (P1): Эта система использует дрон самолетного типа, что обеспечивает, по официальным данным, дальность полета до 100 км в одну сторону и скромную, но достаточную для его назначения, максимальную грузоподъемность в 1,8 кг. Когда он пролетает над указанным местом, происходит сбрасывание груза с высоты на биологически разлагаемом парашюте, а точность приземления обеспечивается алгоритмом, который учитывает скорость полета БАС, ветер, его направление и остальные внешние факторы. Эта система идеально справляется с поставленными задачами [5].
2. Platform 2 (P2): Это уже более новая и узконаправленная система, предназначенная для точной доставки в городских условиях. Сначала воздушный аппарат вертикально взлетает, потом переходит в горизонтальный полет, а в точке назначения

переходит в режим точной доставки с зависанием и на высоте около 90 метров спускает на тросе специальный контейнер с пропеллером для корректировки положения и грузом. Такой формат позволяет мягко и точно доставить груз в точно указанном месте. Также такой формат был выбран для обеспечения тишины и безопасности процесса. Заявленный максимальный вес груза до 3,6 кг, а радиус обслуживания до 16 км [6].

Также, опыт Zipline наглядно продемонстрировал, что для правильного и успешного функционирования данной системы нужны не только хорошо разработанные и подобранные дроны, но и целый комплекс взаимосвязанных элементов, который должен быть учтен при создании российской национальной сети доставки [7]:

- Централизованные хабы с фармацевтической инфраструктурой: в Кении Zipline использует центр в Кисуму, одобренный фармацевтическим регулятором, со всем необходимым для качественного хранения и обслуживания грузов (холодильные камеры, группы квалифицированных фармацевтом, инженеры, технологи и т.д.) [8].

- Простота заказа: важным является вопрос создании простого, понятного и удобного способа оформления заказа. У Zipline данный процесс осуществляется через SMS или мессенджер с возможностью отслеживать статус посылки. Данный подход дает простоту оформления заказа для низко цифровизированных медучреждений [9].

- Специализированный парк БАС: компания не случайно разработала P1 и P2, ведь на практике стало очевидно то, что для разных задач нужны разные дроны. Российская система должна включать в свой парк: аппараты самолетного типа для межрайонных маршрутов (100+ км) и мультикоптеры или гибриды типа eVTOL для точной, тихой и безопасной доставки в городах и поселках [10].

Эффективность такого подхода подтверждают исследования: Университет Пенсильвании зафиксировал снижение материнской смертности от послеродовых кровотечений в больницах Руанды на 51% [11]. Также в районах применения данной системы значительно сократило количество пропусков вакцинации (рис. 1).

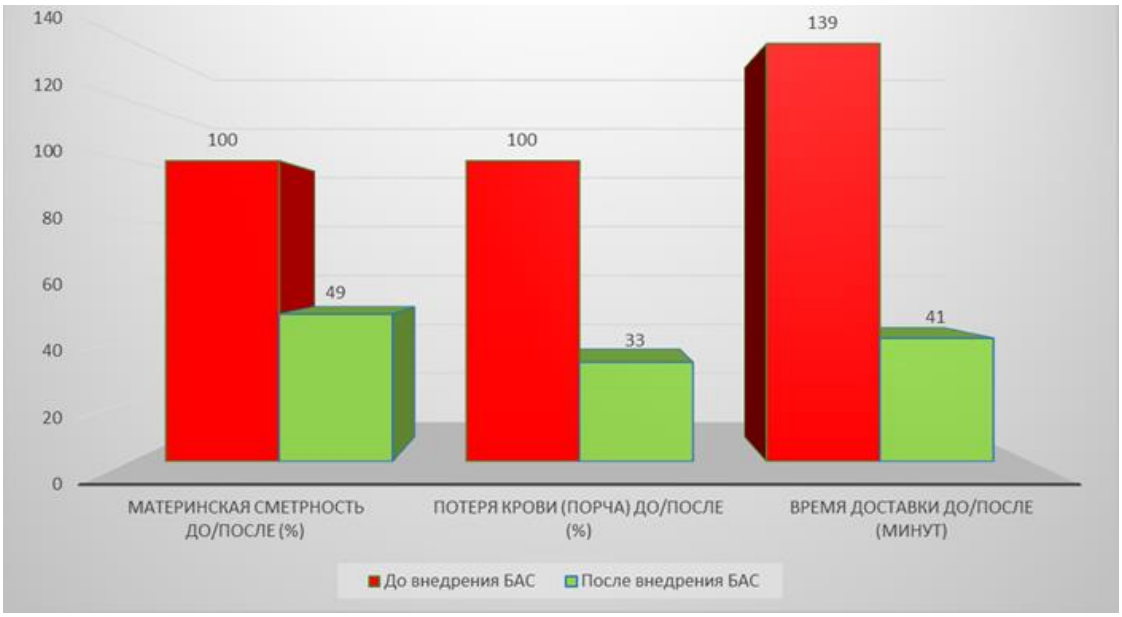


Рис. 1. – Эффективность применения БАС в экстренной доставке крови (данные по Руанде)

Применимость опыта для России: опыт Zipline наглядно демонстрирует, что создание национальной системы экстренной доставки грузов – вполне реализуемая, инженерная, логическая и нужная задача. России необходимо:

1. Создание нормативной базы, позволяющей быстро сертифицировать маршруты и оборудование.

2. Консолидация усилий государства (МЧС, Минздрав, Росавиация) и частного бизнеса для строительства сети распределительных центров (портов).

3. Разработать и адаптировать отечественные беспилотные платформы, которые должны учитывать необходимость поддержания “Холодовой цепи” и работать в любых погодных условиях.

На мой взгляд, внедрение единой национальной системы экстренной доставки на базе БАС принесёт России существенную пользу, а именно:

- Значительно сократиться время доставки жизненно важных грузов в отдаленные или изолированные районы, что должно привести к снижению смертности и осложнений во время неотложных состояний пациентов, которые, к сожалению, случаются часто;
- Повысится простота и обширность оказания медицинских услуг;
- Снизятся финансовые затраты на экстренную транспортную логистику в будущем;
- Укрепиться устойчивость региональной инфраструктуры к чрезвычайным ситуациям, пандемиям, эпидемиям, и сезонной изоляции (блокады);
- Появятся новые высокотехнологичный рабочие места, что будет стимулировать развитие отечественных технологий и БАС;
- Повысится национальная безопасность из-за новой критически важной цепочки поставок.

Библиографический список

1. Особенности организации образовательного процесса в адаптационный период / Е. В. Рябко, К. А. Рябко, Т. В. Кравцова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2025) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 91-94. – EDN LVLCQI.
2. Применение современных цифровых технологий в образовательном процессе / В. В. Малахова, О. В. Малахов, Я. О. Малахова // Инновации и информационные технологии в условиях цифровизации экономики : Сборник тезисов III международной научно-практической конференции, Алчевск, 24–25 апреля 2025 года. – Алчевск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донбасский государственный технический университет", 2025. – С. 633-635. – EDN LZGCJM.
3. Программно управляемая роботизированная платформа / В. В. Малахова, О. В. Малахов, Я. О. Малахова // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2024. – № 9(87). – С. 51-55. – EDN TLWXYK.
4. Математическая обработка телеметрической информации с использованием программной библиотеки Pandas / В. В. Малахова, В. В. Малый, Я. О. Малахова // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2024. – № 10(88). – С. 96-100. – EDN LIOCPQ.
5. Использование математического аппарата искусственного интеллекта для интерпретации и валидации результатов кластерного анализа / В. В. Малахова, О. В. Малахов // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2023. – № 12(78). – С. 162-165. – EDN OAVUXU.
6. Использование алгоритмов искусственного интеллекта для анализа неструктурированных статистических данных / В. В. Малахова, О. В. Малахов // Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками. – 2023. – № 8. – С. 88-93. – EDN AXIEXO.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023666264 Российская Федерация. «Программа определения углов поворота и прогибов однопролетной бесконсольной балки» : № 2023664939 : заявл. 14.07.2023 : опубл. 27.07.2023 / К. А. Рябко, Е. М. Арефьев, В. В. Малахова [и др.] ; заявитель Федеральное

государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения». – EDN GAWYKG.
8. Экспериментальные исследования влияния внешних вибрационных возмущений на рабочие элементы узла трения / О. В. Малахов, В. В. Малахова // Информационные системы и технологии в моделировании и управлении : Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции Отв. редактор К.А. Маковейчук, Ялта, 24–25 мая 2023 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 149-155. – EDN UCPRCE.
9. Zipline. Platform 1 & Platform 2 Technical Specifications [Электронный ресурс] // Zipline Fact Sheet. – 2026. – URL: https://www.zipline.com/about/zipline-fact-sheet (дата обращения: 22.02.2026).
10. Zipline. About Zipline [Электронный ресурс] // Официальный сайт Zipline. – 2026. – URL: https://www.zipline.com/about (дата обращения: 22.02.2026).
11. Puis L. Packed Red Cells – Droned to Your Doorstep [Электронный ресурс] // Perfusion.com. – 2023. – 6 January. – URL: https://perfusion.com/packed-red-cells-droned-to-your-doorstep/ (дата обращения: 22.02.2026).
12. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.

УДК 004.048

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ИНЖЕНЕРИИ

Ковегра А. П.
Луганский государственный университет им. В. Даля, г. Луганск

В современном мире искусственный интеллект (ИИ) играет значительную роль в развитии инженерного творчества и инноваций. Он помогает инженерам создавать новые продукты и технологии, улучшать существующие решения и повышать эффективность работы.

Ключевые слова: инженерная деятельность, искусственный интеллект.

In today's world, artificial intelligence (AI) plays a significant role in the development of engineering creativity and innovation. It helps engineers create new products and technologies, improve existing solutions, and increase operational efficiency.

Keywords: engineering, artificial intelligence.

Актуальность. Искусственный интеллект (ИИ) стремительно трансформирует инженерное дело, предлагая инструменты, которые упрощают сложные процессы, ускоряют проектирование и увеличивают точность решений. От создания сложных конструкций до анализа данных – ИИ становится незаменимым помощником для инженеров в различных отраслях [1].

Искусственный интеллект – реальность, которую нельзя не учитывать, и изучение его роли как инструмента и среды для подготовки и функционирования нового поколения инженеров – неотложная задача. Уровень развития инженерного мышления, мотивации выпускников к самосовершенствованию и степень сформированности мировоззрения устойчивого развития – неотъемлемые поведенческие характеристики выпускника в современной парадигме инженерного образования с «очеловеченным» ИИ. В связи с ростом интереса к искусственному интеллекту (ИИ) в последние годы преподавание этой дисциплины студентам прикладных технических специальностей становится актуальным [2].

Изложение основного материала. Как и в каких отраслях науки и техники инженеры используют искусственный интеллект (ИИ)?

Использование ИИ в промышленности:

Предиктивное обслуживание оборудования. Алгоритмы анализируют данные датчиков (вибрация, температура, ток и т. д.), чтобы заранее выявлять отклонения и предупреждать возможные поломки. Это позволяет перейти к ремонту по фактическому состоянию, сводя к минимуму незапланированные простои [3].

Контроль качества с помощью компьютерного зрения. Технология на основе ИИ в реальном времени анализирует продукцию на конвейере, обнаруживая микроскопические дефекты, невидимые человеческому глазу.

Оптимизация производственных процессов и логистики. ИИ-решения рассчитывают идеальные маршруты, объёмы запасов и режимы работы оборудования, чтобы снизить энергопотребление и издержки [4].

Создание цифровых двойников – виртуальных моделей оборудования, производственных линий или целых цехов. Оснащённые ИИ цифровые модели позволяют имитировать работу реальных объектов и отрабатывать тысячи сценариев без риска для производства.

Нефтегазовая отрасль:

Предиктивное обслуживание оборудования. Системы ИИ анализируют данные с датчиков в реальном времени и прогнозируют возможные сбои и износ оборудования задолго до поломки. Это позволяет компаниям сделать техобслуживание плановым, а не аварийным, тем самым снижая время простоя.

Анализ геологоразведочных данных. ИИ используется для автоматической обработки больших объёмов геофизической информации, включая сейсмические данные. Алгоритмы находят закономерности и формируют прогнозы по наличию нефтегазовых залежей, что ускоряет принятие решений по бурению.

Оптимизация буровых процессов. На этапе бурения ИИ принимает участие в анализе и дальнейшей корректировке характеристик бурового оборудования, причём с моментальным реагированием на изменение внешних факторов. Используя данные о составе породы, давлении и других переменных, система оптимизирует скорость и угол бурения, снижая вероятность аварийных ситуаций.

Моделирование месторождений. ИИ применяют для создания цифровых двойников месторождений – детальных моделей, имитирующих физические и химические процессы в пласте. Это помогает сделать более точные прогнозы добычи, выбрать методы разработки и определить, сколько ресурсов можно извлечь [5].

Сложности, с которыми сталкиваются инженеры при использовании ИИ:

Инженеры при использовании искусственного интеллекта (ИИ) сталкиваются с различными сложностями**,** которые связаны с качеством данных, выбором алгоритма, интеграцией систем ИИ с существующими ИТ-системами и обеспечением безопасности.

Необходимость в качественных данных. Эффективность работы нейросетей зависит от качества данных, на которых они обучены. В инженерии данные могут быть неполными, неточными или труднодоступными, что ограничивает возможности применения нейросетей.

Внедрение методов искусственного интеллекта в инженерные задачи открывает новые перспективы для анализа и оптимизации сложных динамических систем, к числу которых относится и привод шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге. Исследование переходных процессов в таких системах, детально рассмотренное в работе [9], имеет важное значение для понимания поведения транспорта в нестационарных режимах, однако классические методы анализа не всегда позволяют оперативно обрабатывать большие массивы данных для точного прогнозирования отказов или адаптивного управления.

Высокие требования к вычислительным ресурсам. Некоторые задачи в инженерии требуют больших вычислительных мощностей, что может быть дорого и не всегда доступно для небольших компаний или проектов.

Необходимость адаптации сотрудников. Внедрение нейросетей требует подготовки инженеров к работе с новыми технологиями, что может потребовать значительных усилий и времени.

Необходимость адаптации сотрудников. Внедрение нейросетей требует подготовки инженеров к работе с новыми технологиями, что может потребовать значительных усилий и времени.

Выводы. Преимущества использования ИИ в инженерии:

Ускорение проектирования. Задачи, которые раньше занимали недели, решаются за часы. Повышение точности. Риск ошибок снижается благодаря детальному анализу данных. Экономия. Производственные затраты уменьшаются за счёт оптимизации процессов. Рост креативности. Генеративный дизайн открывает новые возможности для инженерных решений. Устойчивость. ИИ помогает создавать экологически безопасные конструкции.

Недостатки, с которыми сталкиваются инженеры при использовании ИИ:

Высокая стоимость. Разработка, внедрение и поддержка систем ИИ требуют значительных финансовых вложений. Это может быть преградой для малых и средних предприятий.

Сложность интеграции. Интеграция ИИ в существующие производственные системы может быть сложной из-за необходимости совместить его с оборудованием или программным обеспечением.

Недостаток квалифицированных кадров. Для работы с системами ИИ требуются специалисты, которые разбираются как в инженерии, так и в ИИ. Подготовка таких кадров может занять время и ресурсы.

Технические ограничения. Системы ИИ не всегда могут работать корректно в условиях, которые сложно предсказать. Также они могут быть уязвимы к кибератакам.

Таким образом, проведенное исследование подтверждает, что интеграция методов искусственного интеллекта в инженерную практику открывает принципиально новые возможности для оптимизации технических решений. Перспективным направлением дальнейших разработок может стать применение интеллектуальных алгоритмов для решения задач, аналогичных рассмотренным в работе [10], посвященной восстановлению емкости аккумуляторных батарей тягового подвижного состава. Именно использование нейросетевых моделей и методов машинного обучения способно обеспечить предиктивную диагностику состояния аккумуляторов, автоматизировать подбор оптимальных режимов заряда-разряда и повысить эффективность алгоритмов восстановления их емкости, что в совокупности позволит выйти на качественно новый уровень надежности и энергоэффективности систем тягового электроснабжения. Следовательно, симбиоз традиционных инженерных методик и инструментов искусственного интеллекта формирует основу для создания интеллектуальных систем управления жизненным циклом энергетического оборудования на транспорте.

Библиографический список

1. Применение современных цифровых технологий в образовательном процессе / В. В. Малахова, О. В. Малахов, Я. О. Малахова // Инновации и информационные технологии в условиях цифровизации экономики : Сборник тезисов III международной научно-практической конференции, Алчевск, 24–25 апреля 2025 года. – Алчевск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донбасский государственный технический университет", 2025. – С. 633-635. – EDN LZGCJM.
2. Использование математического аппарата искусственного интеллекта для интерпретации и валидации результатов кластерного анализа / В. В. Малахова, О. В. Малахов // Вестник

Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2023. – № 12(78). – С. 162-165. – EDN OAVUXU.
3. Использование алгоритмов искусственного интеллекта для анализа неструктурированных статистических данных / В. В. Малахова, О. В. Малахов // Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками. – 2023. – № 8. – С. 88-93. – EDN AXIEXO.
4. Математическая обработка телеметрической информации с использованием программной библиотеки Pandas / В. В. Малахова, В. В. Малый, Я. О. Малахова // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2024. – № 10(88). – С. 96-100. – EDN LIOCPQ.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023666264 Российская Федерация. «Программа определения углов поворота и прогибов однопролетной бесконсольной балки» : № 2023664939 : заявл. 14.07.2023 : опубл. 27.07.2023 / К. А. Рябко, Е. М. Арефьев, В. В. Малахова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения». – EDN GAWYKG.
8. Экспериментальные исследования влияния внешних вибрационных возмущений на рабочие элементы узла трения / О. В. Малахов, В. В. Малахова // Информационные системы и технологии в моделировании и управлении : Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции Отв. редактор К.А. Маковейчук, Ялта, 24–25 мая 2023 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 149-155. – EDN UCPRCE.
9. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
10. Рябко, К. А. Разработка способа формирования и восстановления емкости аккумуляторных батарей тягового подвижного состава / К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2015. – № 3. – С. 124-128. – EDN VEAAVD.

УДК 004.048

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ИЗУЧЕНИИ ЭВОЛЮЦИИ ЧЕЛОВЕКА

Ковегра А.П.
Луганский государственный университет им. В. Даля, г. Луганск

В статье представлен взгляд на эволюцию человека и животного мира сквозь призму искусственного интеллекта.

Ключевые слова: искусственный интеллект, возможная эволюция человеческого тела, загадка природы, способности человеческого тела.

This article presents a view of human and animal evolution through the lens of artificial intelligence.

Keywords: artificial intelligence, possible evolution of the human body, mystery of nature, capabilities of the human body.

Актуальность. Несмотря на свои знания, люди часто упускают из виду многое и не до конца осмысливают. Самый интересный и фундаментальный вопрос: как устроено наше тело? В первую очередь человек должен задумываться о своих возможностях, а затем – об устройстве своего тела и его предназначении.

Использование искусственного интеллекта (ИИ) позволяет вскрыть закономерности, ранее остававшиеся за пределами внимания человека [1].

Изложение основного материала. Человек в той или иной мере задумывается и сравнивает свое тело с телами диких животных. Каждый в детстве, посмотрев документальные фильмы о дикой природе, представлял себя представителем крупных кошачьих или другим животным. Смею предположить, это происходит потому, что ребенок не способен осознать силу человеческого социума [2]. Поэтому он сравнивает человеческую особь с другими представителями животного мира. И после недолгих размышлений приходит к правильному выводу: человек слабее большинства представителей животного мира. Так давайте разберем слабости человеческого тела и почему человек является ошибкой природы [3].

Если верить информации в книгах и интернет источниках, первый человек появился на Земле более чем 2 млн. лет назад на территории Восточной Африки. Последние динозавры вымерли в конце Мелового периода (66 млн. лет назад). На момент появления человека была эпоха Плейстоцена, которая брала свое начало от 2,5 млн. лет назад. На тот момент по планете Земля расхаживали или уже вымерли: мегалания (предок современных варанов), пещерный лев, смилодон (саблезубый тигр), энтелодонт, гигантский короткомордый медведь, **фороракос** и многие другие. Сравнивая человека, как одинокую особь с другими представителями фауны, которые ещё существовали, он проигрывает всем [4]. Но, ознакомившись со строением его тела, мы можем понять, что с точки зрения инженерии человек – это единственный представитель животного мира, который ходил и ходит на двух конечностях. Потому что, если присмотреться к строению позвонков и тазовой кости, можно сказать, что изначально человек задумывался как прямоходящее существо. И логично: позвонки, которые ближе к тазу, толще, чем другие, что позволяет распределять нагрузку, а тазовая кость в вертикальном положении удерживает внутренние органы. И после этого мы можем сказать, что все животные ходят неправильно, в отличие от человека, но будет ли это правильное утверждение? В этом и самая главная загадка. Чисто конструкционно человек передвигается так, как и было задумано. Но из-за этого человек теряет такой параметр, как скорость. Какими бы сильными не были ноги у среднестатистического человека, по скорости ему не сравниться с представителями других видов животного мира. Если ему не нужно бегать, значит, ему не нужен хвост. Если обратить внимание на животных в природе, хвосты у наземных животных нужны для того, чтобы входить в поворот во время погони или для прыжков с большой высоты [6].

Идем дальше: отсутствие когтей говорит нам о том, что эму изначально и не были нужны. Значит, уже было рассчитано на то, что человеческая особь будет пользоваться каким-либо предметом, будь то в быту или для обороны от хищников. Что не находит объяснения.

Отсутствие чешуи. Некоторые сразу после сказанного будут сомневаться, но, если подумать, она есть у пресмыкающихся, а человек – животное млекопитающее. Значит, он, по-хорошему, должен компенсировать это силой мышц и челюстей, чтобы можно было конкурировать с другими хищниками, но мы этого не наблюдаем. Ошибка природы?

Вы можете спросить: "А как же охота?" И я отвечу: устройство челюсти и конечностей говорит о том, что он не должен был питаться мясом, кроме как падалью (рис. 1). К тому же об этом говорит отсутствие каннибализма у человека: он не приемлет переваривать мясо себе подобных. Это говорит о том, что он должен питаться кореньями и фруктами, а не мясом.

После вышесказанного лично у меня возникает и самый главный вопрос: кто такой человек? Чисто логически он ну никак не вписывается в дикую природу [6]. Можно было бы сказать, что это эволюция, но я бы сказал, это ложное утверждение. Если эволюция смогла так изменить человека, то почему до сих пор только он и является носителем таких специфических способностей, а обезьяны и дельфины остаются на своём уровне развития? И почему человек, не обладая должными характеристиками для конкуренции, является самым

доминирующим видом по всей планете? И как так получилось, что из ниоткуда в какой-то момент появляется человек и практически сразу становится доминирующим видом?

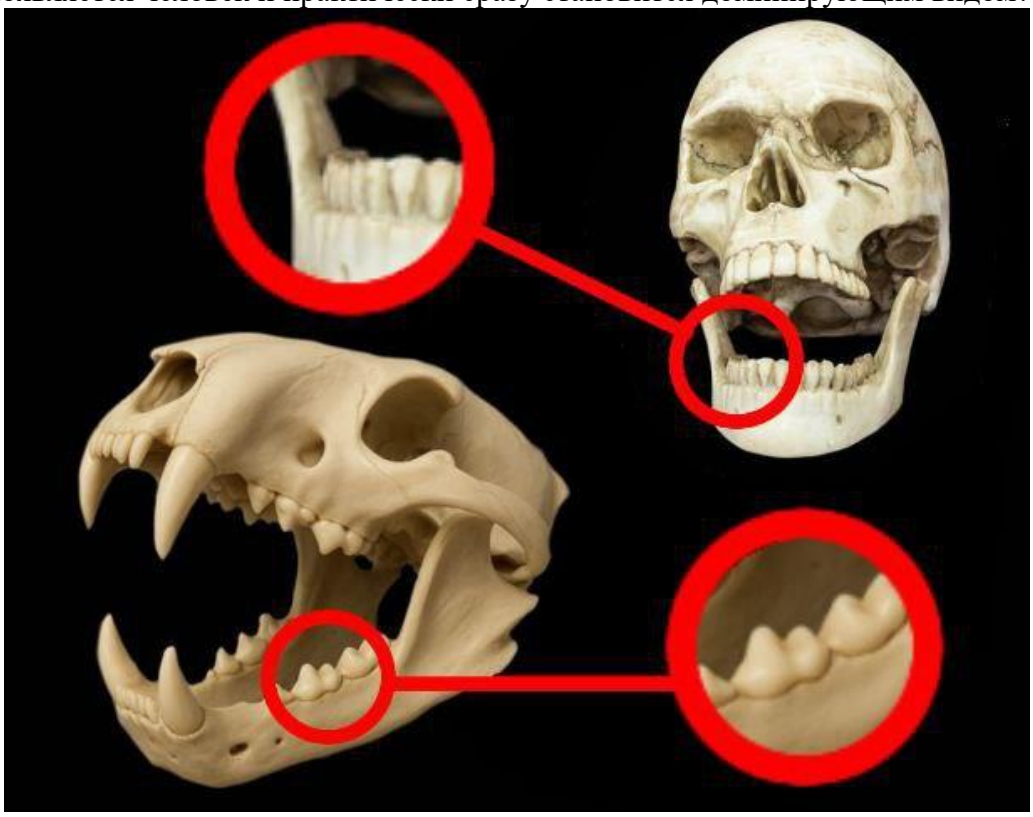


Рис. 1. – Сравнение строения челюсти человека и хищного животного

Можно пофантазировать, что человек - самый древний житель планеты, а все остальные животные - продукты его экспериментов. И в какой-то момент времени он являлся самым развитым видом на Земле, но в ходе различных событий человечество утратило свои накопленные знания и деградировало до такого уровня, что забыло свою настоящую историю.

Выводы. Современные методы изучения эволюции гоминид все чаще базируются на цифровых технологиях и математическом моделировании. В частности, анализ биомеханики скелета требует применения специализированного программного обеспечения, аналогичного по логике работы программам для инженерных расчетов напряженно-деформированного состояния конструкций. Разработка подобных алгоритмов, как, например, представленная в свидетельстве [5], демонстрирует принципы численного анализа, которые могут быть интегрированы в палеоантропологические исследования с использованием искусственного интеллекта для автоматического прогнозирования механики движений вымерших видов. Кроме того, изучение эволюции локомоции невозможно без понимания принципов управления движением. Теория переходных процессов, применяемая в машиностроении для оптимизации работы приводов [7], находит неожиданное применение в антропологии при создании нейросетевых моделей, симулирующих эволюцию походки. Искусственный интеллект позволяет обрабатывать данные о динамике движений как систему переходных состояний, что сближает методологию технических и биологических наук в вопросе изучения эволюции человека.

Следует отметить, что разработанная патентная методика испытаний материалов на трение и изнашивание [8] открывает перспективы для применения алгоритмов искусственного интеллекта при реконструкции биомеханических параметров эволюции человека, позволяя моделировать износ костных тканей и орудий труда древних гоминидов с высокой точностью, что в совокупности с компьютерным зрением и нейросетевым анализом микроструктуры поверхностей создает объективную основу для цифровой реконструкции

технологических процессов и поведенческих паттернов ранних гоминидов, что является актуальным направлением для дальнейших исследований.

На основании всего выше сказанного можно прийти к выводу: во всех таких недопониманиях виновата современная история. Слишком много несостыковок, с которыми можно столкнуться при изучении происхождения человека как живого существа. Без должных знаний об истории происхождения человека он является и будет являться загадкой.

Библиографический список

1. Применение современных цифровых технологий в образовательном процессе / В. В. Малахова, О. В. Малахов, Я. О. Малахова // Инновации и информационные технологии в условиях цифровизации экономики : Сборник тезисов III международной научно-практической конференции, Алчевск, 24–25 апреля 2025 года. – Алчевск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донбасский государственный технический университет", 2025. – С. 633-635. – EDN LZGCJM.
2. Использование математического аппарата искусственного интеллекта для интерпретации и валидации результатов кластерного анализа / В. В. Малахова, О. В. Малахов // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2023. – № 12(78). – С. 162-165. – EDN OAVUXU.
3. Использование алгоритмов искусственного интеллекта для анализа неструктурированных статистических данных / В. В. Малахова, О. В. Малахов // Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками. – 2023. – № 8. – С. 88-93. – EDN AXIEXO.
4. Математическая обработка телеметрической информации с использованием программной библиотеки Pandas / В. В. Малахова, В. В. Малый, Я. О. Малахова // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2024. – № 10(88). – С. 96-100. – EDN LIOCPQ.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023666264 Российская Федерация. «Программа определения углов поворота и прогибов однопролетной бесконсольной балки» : № 2023664939 : заявл. 14.07.2023 : опубл. 27.07.2023 / К. А. Рябко, Е. М. Арефьев, В. В. Малахова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения». – EDN GAWYKG.
6. Экспериментальные исследования влияния внешних вибрационных возмущений на рабочие элементы узла трения / О. В. Малахов, В. В. Малахова // Информационные системы и технологии в моделировании и управлении : Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции Отв. редактор К.А. Маковейчук, Ялта, 24–25 мая 2023 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 149-155. – EDN UCPRCE.
7. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG
8. Патент № 2818654 C1 Российская Федерация, МПК G01N 3/56. Машина для испытания материалов на трение и изнашивание : № 2023135657 : заявл. 28.12.2023 : опубл. 03.05.2024 / Н. В. Водолазская, О. В. Малахов, К. А. Рябко [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "МИРЭА - Российский технологический университет". – EDN LILBXQ.

УДК 339.724.36

РЕМОНТ ТЕЛЕЖЕК ТЭП 70 НА ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ В УСЛОВИЯХ ТРЗ

Кожухов Максим Сергеевич
Руководитель: Тимофеев А.И.
РГУПС, Филиал РГУПС в г. Воронеж

В данной статье описана технология ремонта тележек локомотивов ТЭП70 в объёме ТР-3, приведен перечень необходимого оборудования, обоснованы текущие расходы на ремонт тележек, состоящие из материальных затрат, оплаты труда с отчислениями и амортизации оборудования.

Ключевые слова: ремонт локомотивных тележек, поточная линия, экономический эффект

Воронежский тепловозоремонтный завод осуществляет ремонт локомотивов приписки Юго-Восточной, Приволжской, Горьковской и Московской железных дорог. Программа ремонта в 2025 году составила: 32 локомотива ТЭП70 и ТЭП70БС в объёме ТР-3.

Технология работы тележечного участка и оборудование. Ключевым документом, регламентирующим проведение ремонта тележек для ТЭП70 в объёме ТР-3, является РД 32 ЦТ 526-2005. Текущий ремонт ТР-3 — наиболее глубокий вид планового ремонта, при котором локомотив и его узлы, включая тележки, подвергаются полной разборке, дефектации, ремонту и сборке для восстановления до состояния, близкого к первоначальному

Участок ремонта тележек с выкаткой из-под локомотива и полной разборкой располагается рядом с участком ремонта электрических машин. Выкатанные из-под локомотива тележки мостовым краном передают на позицию разборки. После разборки раму с рессорным подвешиванием перемещают в машину механизированной мойки крупных изделий. Колесно-моторные блоки устанавливают на подставки и разбирают. Тяговые электродвигатели транспортируют на электромашинный участок, а колесные пары с буксами поступают в моечную машину. После обмывки буксы снимают, колесные пары передают в колесно-токарное отделение для обточки и дефектоскопирования, а буксы - в отделение ремонта роликовых букс и подшипников.

Детали рессорного подвешивания и тормозной рычажной передачи после обмывки транспортируют в слесарно-заготовительное отделение для ремонта.

Отремонтированные колесные пары с буксами и электродвигателями подают на сборочные позиции тележечного участка для сборки колесно-моторных блоков. Блоки после обкаточных испытаний на стенде транспортируют на позицию сборки тележек.

В таблице 1 приведен перечень основного технологического оборудования тележечного участка для ремонта тележек ТЭП70 в объёме ТР-3 (СР)

Таблица 1. Технологическое оборудование участка ремонта тележек

Технологическая операция	Оборудование	Характеристики
Разборка и сборка тележек	Рабочее место разборки и сборки тележек А1331.200.00 в составе: монтажной тележки, домкрата, консольнокого крана грузоподъёмностью 250кг и пульта управления	22 кВт
Мойка рам тележек и других крупногабаритных деталей	Машина механизированной мойки крупных изделий А3003.00.00	150 кВт
Очистка воздуха от твердых сухих частиц загрязнений	Передвижной электрический фильтр EMK1660S	6 шт х 2,2 кВт
	Гибкое вытяжное устройство KUA-3,0SLF с фильтрами из активированного угля	6 шт х 1,4 кВт
Контроль геометрических параметров рам тележек	Автоматизированная система контроля геометрических параметров рам тележек тепловозов ЛИС-РТ-3	0,35 кВт
Поворот рам тележек	Кантователь ММ.046.00.000	12 кВт

Восстановление размеров наплавленных поверхностей паза рам тележек	модуль для фрезерования наплавленных поверхностей паза МФ-024	2 кВт
Испытание и подбор пружин, листовых рессор рессорного подвешивания и буксовых поводков по характеристикам	Автоматизированный стенд для подбора спиральных пружин А2668.00.00	5 кВт
	Стенд автоматизированного контроля листовых рессор подвески локомотива ПГ-02	3,5 кВт
	Комплекс для испытания, контроля параметров и ремонта буксовых поводков локомотивов	3,5 кВт

Материальные затраты включают расходы на материалы, электроэнергию, водоснабжение и водоотведение. Расходы на материалы тележечного цеха по ремонту тележек ТЭП70 и ТЭП70БС приведены в таблице.

Таблица 2. Расходы на материалы для ремонта тележек ТЭП70

Узел/Направление работ	Основные операции при ТР-3 (на основе регламентов)	Типы расходных материалов и деталей	Расходы в год, рублей
Тележка (общие работы)	Полная выкатка тележек из-под локомотива, разборка и сборка.	Крепёжные изделия (болты, гайки, шайбы, шплинты)	85 300
		резинотехнические изделия	17 420
		сальники	55 880
		смазочные материалы	626 900
Рама тележки	Контроль геометрии, восстановление альбомных размеров наплавленных поверхностей пазов.	Сварочные материалы (электроды, проволока)	533 262
		абразивные материалы для зачистки	72 323
Колёсные пары и буксы	Дефектация и ремонт. Упоминаются в нормативах как отдельное направление работ.	Роликовые подшипники	898 005
		смазка	106 820
		уплотнения буксовых узлов	34 881
		детали редуктора	1 213 000
Рессорное подвешивание	Испытание и подбор рессор (пружин) по характеристикам.	Комплекты листовых рессор	733 525
		цилиндрические пружины	130 333
		демпфирующие прокладки	89 465
Фрикционные аппараты	Ремонт и регулировка. Требуется спецоборудование для их сжатия перед установкой.	Фрикционные планки, накладки, клинья	112 300
		износостойкие прокладки	65 050
Тормозное оборудование	Полная ревизия и ремонт.	Тормозные колодки	1 503 550
		манжеты тормозных цилиндров	45 000
		регуляторы рычажной передачи	12 070
		воздушные шланги	232 010
		уплотнения	16 055
Прочие работы	Электро-газосварочные, малярные, обтирочные работы.	Электроды	131 442
		присадочная проволока	65 011
		грунтовка, краска	65 400
		Ветошь, обтирочные материалы	12 000
		Моющие реагенты, ПАВ	164 898
		растворители	78 220
ИТОГО			7 100 120

Величина расходов на материалы составляет 7 100 тыс. рублей.

Мощность потребителей электроэнергии линии ремонта тележек приведена в таблице 1, их суммарная мощность составляет 220кВт. Потребление технологической электроэнергии в 2025 году составило 112 тыс. кВт-ч., энергоёмкость ремонта тележек одного локомотива:

112 / 32 = 3,5 тыс кВт-ч / ремонт. Стоимость потребленной технологической электроэнергии, при цене 5,8 руб/кВт-ч, составляет: 112 х 5,8 = 649,6 тыс. руб.

Технологическое водопотребление в 2025 году составило 45 куб.м., тариф водоснабжения составляет 23 руб/куб.м., водоотведения – 38 руб. / куб.м., расходы на водоснабжение и водоотведение составили: 45 х (23+38) = 2 745 руб.

Трудоёмкость работ по ремонту тележек в объёме ТР-3 (СР) составляет 113 нормо-часов в расчёте на 1 локомотив, или 113 х 32 = 3616 нормо-часа на всю программу ремонта. Численность слесарей тележечного участка, обеспечивающая выполнение программы ремонта составит: 3616 / 1973 = 1,8 чел. Средний разряд работ – 4,8. Тарифный коэффициент, соответствующий среднему разряду работ, найдем методом интерполяции. Тарифный коэффициент 4 разряда – 1,89, 5 разряда – 2,12: 1,89 + (2,12-1,89) х 0,8 = 2,07

Распоряжением ОАО «РЖД» от 31.01.2025 №188/р часовая тарифная ставка первого разряда с 01.03.2025 составляет 78,61 руб. Уровень премиальных и компенсационных выплат составляет 25%. Расходы на оплату труда на приведенную программу ремонта тележечного участка составят: 78,61 х 2,07 х 3616 х 1,25 = 735 506 рублей.

В соответствии со ст. 425 НК РФ тариф страхового взноса на фонд оплаты труда составляет 30%. Величина страховых взносов составит: 735 506 х 0,3 = 220 652

Стоимость технологического оборудования участка ремонта тележек, приведенного в таблице 1, составляет 38 455 тыс. руб., срок эксплуатации, установленный производителем – 20 лет. Сумма амортизации, рассчитанная пропорционально сроку службы, составляет: 38 455 / 20 = 1923,0 тыс. руб. в год.

Все текущие расходы по ремонту тележек ТЭП70 сведены в таблицу 3

Таблица 3. Текущие расходы по ремонту тележек, тыс. руб.

Расходы на материалы	7100,2
Стоимость потребленной технологической электроэнергии	650,0
Водоснабжение и водоотведение	2,7
Расходы на оплату труда	735,5
Страховые взносы	220,6
Амортизация	1923,0
ИТОГО	10 632,0

Таким образом, прямые затраты на ремонт тележек ТЭП70 составили 10 632 тыс. руб., а в расчете на один ремонт, штучно-калькуляционная себестоимость тележек на 1 локомотив составляет: 10 632 / 32 = 323,8 тыс. руб.

Список литературы:

1. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
2. Обзор конструкций тяговых аккумуляторных батарей, применяемых на шахтных электровозах / В. О. Гутаревич, К. А. Рябко, Е. В. Рябко, В. А. Захаров // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2020. – № 2. – С. 109-118. – DOI 10.21440/0536-1028-2020-2-109-118. – EDN YMLFKJ.
3. Патент № 2783009 C1 Российская Федерация, МПК B60L 53/30, B60L 58/12, B60L 58/16. Зарядно-разрядное устройство аккумуляторных батарей : № 2022112580 : заявл. 05.05.2022 : опубл. 08.11.2022 / Н. В. Водолазская, К. А. Рябко, Е. В. Рябко [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина". – EDN KHAHJG.

4. Рябко, К. А. Воздействие двигателей внутреннего сгорания на окружающую среду / К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2016. – № 41. – С. 55-60. – EDN ZKBDAF.
5. Исследование влияния температуры окружающей среды на работоспособность крышек цилиндров тепловозных дизелей / А. Н. Горобченко, К. А. Рябко, Е. В. Рябко, А. М. Гущин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2016. – № 1(61). – С. 34-43. – EDN VTFJMN.
6. Рябко, К. А. Разработка способа формирования и восстановления емкости аккумуляторных батарей тягового подвижного состава / К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2015. – № 3. – С. 124-128. – EDN VEAAVD.
7. Рябко, К. А. Комплексный показатель оценки эффективности различных видов тяги шахтных подвесных монорельсовых локомотивов / К. А. Рябко // Горная энергомеханика и автоматика : Материалы XXI Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию ДонНТУ, Донецк, 27–29 октября 2021 года. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2021. – С. 37-42. – EDN ILBLXN.
8. Рябко, К. А. Определение основных параметров работы токоприемника АТЛ15-ТЭК130-У1 / К. А. Рябко // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2023. – № 4-6. – С. 16-20. – EDN AVGKXG.
9. Математическая модель процесса изменения температуры в слоях огневого днища крышки цилиндра в режиме прогрева дизеля тепловоза / А. С. Шапшал, А. Н. Горобченко, К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Вестник транспорта Поволжья. – 2016. – № 5(59). – С. 35-40. – EDN XDCFRJ.
10. Рябко, К. А. Повышение долговечности крышек цилиндров тепловозных дизелей / К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Известия Транссиба. – 2016. – № 4(28). – С. 30-37. – EDN VXHXTJ.

УДК 517.7

МЕТОД ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ УСТУПОК ПРИ РЕШЕНИИ ВОЕННО-ПРИКЛАДНОЙ ЗАДАЧИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОБМУНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ВОЕННЫХ

Корыпаева Ю.В., Жиденов И.Р., Каргаполов М.Д.
ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

На практике часто встречаются задачи, в которых эффективность некоторой операции приходится оценивать не по одному, а сразу по нескольким критериям $f_1, f_2, \ldots, f_n$, причем одни из них желательно сделать больше, другие — меньше.

В общем случае не существует решения, которое обращало бы в максимум один критерий f_1 и одновременно в максимум (или минимум) другой критерий f_2, тем более такого решения не существует для нескольких критериев. Поэтому вводится понятие компромиссного решения, а окончательный выбор решения определяется волевым актом командира или лицом, принимающим решение (ЛПР). ЛПР определяет, какой ценой можно оплатить известное повышение эффективности или наоборот, какой долей эффективности можно пожертвовать, чтобы не нести слишком больших потерь. Таким образом, дело исследователя — предоставить в распоряжение ЛПР достаточное количество данных, позволяющих ему всесторонне оценить преимущества и недостатки каждого варианта решения и, опираясь на них, сделать окончательный выбор. Следовательно, процедура разработки, исследования и решения многокритериальной задачи является диалоговой итеративной процедурой между ЛПР и машиной (исследователем).

Методы определения компромиссных решений составляют суть векторной или многокритериальной оптимизации.

Имеется два подхода к решению задач векторной оптимизации. Первый основан на методах свертывания критериев, второй — на алгоритмах непосредственного отыскания компромиссных решений. Одним из алгоритмов непосредственного отыскания компромиссных решений является «метод последовательных уступок» ([1], [2]).

Постановка задачи. Некоторое предприятие швейного производства производит обмундирование для военных. На основании мониторинга потребностей в данном виде обмундирования в военных частях в регионе, руководством фабрики принято решение выпускать обмундирование из новых видов тканей и фурнитуры, а также с использованием модернизированного оборудования. Требуется разработать план организации швейного производства для выпуска обмундирования с учетом того, что основными затратами на разработку являются затраты на модернизацию оборудования x у.д.е. (у.д.е. — условная денежная единица) и затраты на закупку материалов и фурнитуры y у.д.е.

Экономисты предприятия провели анализ швейного производства и установили, что себестоимость единицы продукции будет зависеть от затрат как $f_1(x,\ y) = 2 + 4x + 3y$, а качество продукции как $f_2(x,\ y) = 6 + 2x + 5y$. Необходимо осуществить планирование таким образом, чтобы минимизировать себестоимость (цену) обмундирования и максимизировать его качество. Из двух целевых функций основной считается цена (себестоимость продукции).

Решить задачу методом последовательных уступок и найти оптимальные значения параметров x и y, а также соответствующие значения целевых функций, если на факторы x и y наложены ограничения:

$$\begin{cases} 5x + 4y \le 40, \\ 2x + y \ge 8, \\ 0 \le x \le 6, \\ y \ge 0. \end{cases}$$

Решение. Как было сказано выше, обозначим за x у.д.е. — затраты на модернизацию оборудования, а y у.д.е. — затраты на закупку материалов и фурнитуры. Векторный критерий имеет вид

$$\begin{pmatrix} f_1(x_1, x_2) \\ f_2(x_1, x_2) \end{pmatrix} \begin{matrix} \to \min \\ \to \max \end{matrix}$$

на множестве $z_1 = \{(x_1, x_2) : 5x + 4y \le 40,\ 2x + y \ge 8,\ 0 \le x \le 6,\ y \ge 0\}$.

Первый шаг. Минимизируем первый по важности критерий $f_1(x_1, x_2)$

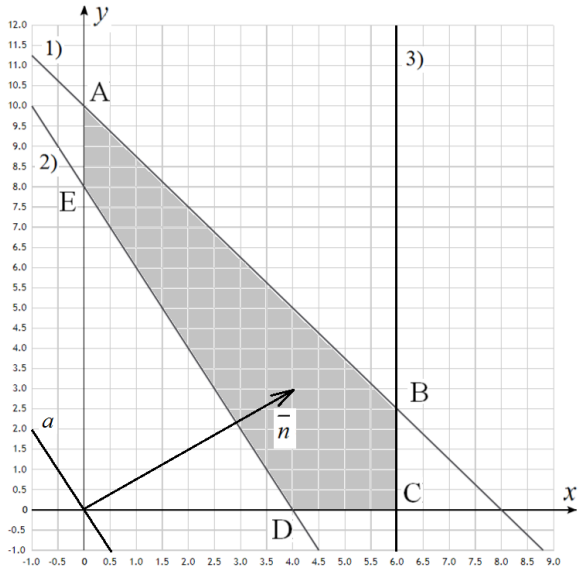
$$\min_{z_1} f_1(x_1, x_2) = \min_{z_1}(2 + 4x + 3y).$$

Получим задачу линейного программирования, где $f_1(x_1, x_2) = 2 + 4x + 3y$ — целевая функция, а

$$\begin{cases} 5x + 4y \le 40, \\ 2x + y \ge 8, \\ 0 \le x \le 6, \\ y \ge 0. \end{cases}$$

— система ограничений.

Так как целевая функция является функцией двух переменных, то эту задачу можно решить графическим методом. Для этого от системы неравенств в системе ограничения перейдем к соответствующей системе равенств и построим эти прямые в прямоугольной системе координат на плоскости Ox_1x_2 (рисунок 1). Получим многоугольник ABCDE, внутренние точки и граница которого образуют область допустимых решений (ОДР).



1) $5x+4y=40,$
2) $2x+y=8,$
3) $x=0,\ x=6,$
$y=0.$

Рисунок 1 – ОДР при решении задачи минимизации первого критерия

Целевая функция $f_1(x_1, x_2)$ достигает минимума в точке $D(4;0)$, координаты этой точки находятся в процессе решения системы уравнений

$$\begin{cases} 2x+y=8, \\ y=0. \end{cases}$$

Следовательно, на первом шаге оптимальное решение будет $x^{10}=4,\ y^{10}=0,$ а значение функции при найденном оптимальном решении

$$\min_{z_1} f_1(x_1, x_2) = \min_{z_1}(2+4x+3y) = 2+4\cdot 4+3\cdot 0 = 18.$$

Полученное решение подставляем в критерий $f_2(x_1, x_2)$ и векторные оценки окончательно примут вид $\begin{pmatrix} f_1(x^{10}, y^{10}) \\ f_2(x^{10}, y^{10}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 18 \\ 14 \end{pmatrix}.$

Полученный результат предъявляют ЛПР. Если ЛПР не устраивает первый результат (18), то ему необходимо пересмотреть постановку задачи. Если же ЛПР не устраивает второй результат (14), то ему предлагается сделать некоторую уступку по первому критерию.

Второй шаг. Сделаем некоторую уступку по первому критерию $\Delta f_1 = 5.$

Следовательно, $f_1(x^{10}, y^{10}) + \Delta f_1 = f_1(4;\ 0) + 5 = 23.$

Максимизируем критерий $f_2(x_1, x_2)$:

$$\max_{z_2} f_2(x_1, x_2) = \max_{z_2}(6+2x+5y),$$

где

$$z_2 = \{(x_1, x_2) : 2+4x+3y \le 23,\ 5x+4y \le 40,\ 2x+y \ge 8,\ 0 \le x \le 6,\ y \ge 0\}.$$

Множество z_2 получается из множества z_1 добавлением еще одного условия. На рисунке 2 это множество обозначено DFG.

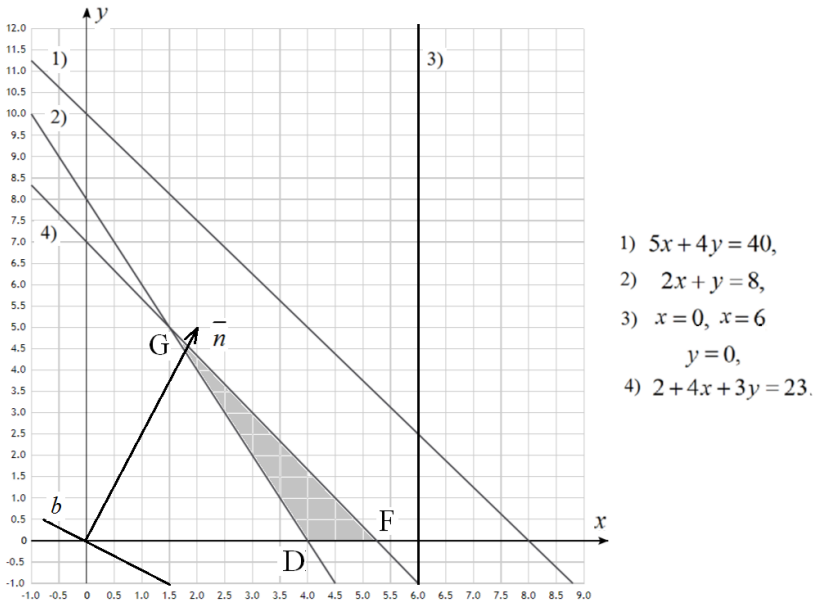


Рисунок 2 – ОДР при решении задачи максимизации второго критерия

Целевая функция $f_2(x_1, x_2)$ достигает максимума в точке $G(1{,}5;5)$, координаты этой точки находятся в процессе решения системы уравнений

$$\begin{cases} 2x + y = 8, \\ 4x + 3y = 21. \end{cases}$$

Следовательно, на втором шаге оптимальное решение будет $x^{20} = 1{,}5,\ y^{20} = 5.$ Значение функции при найденном оптимальном решении

$$\max_{z_2} f_2(x_1, x_2) = \max_{z_2}(6 + 2x + 5y) = f_2(1{,}5;5) = 6 + 2 \cdot 1{,}5 + 5 \cdot 5 = 34.$$

Векторные оценки имеют вид $\begin{pmatrix} f_1(x^{10}, y^{10}) \\ f_2(x^{10}, y^{10}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 23 \\ 34 \end{pmatrix}.$

Анализируем полученный результат. Если ЛПР полученный результат устраивает, то задача решена. Если полученный результат ЛПР не устраивает, то диалог продолжается.

Таблица 1 − Расчет критериев при разных значениях уступки

Уступка по 1-му критерию	**Значение *x***	**Значение *y***	**Значение 1-го критерия**	**Значение 2-го критерия**
5	1,5	5	23	34
4	2	4	22	30
3	2,5	3	21	26
2	3	2	20	22
1	3,5	1	19	18
0	4	0	18	14

Специалист может рассмотреть ситуации, когда уступка на втором шаге будет иметь другие значения, и рассчитать (например, в MS Excel 2010) векторные оценки критериев. В нашем случае эти расчеты могут быть предоставлены в виде таблицы 1.

Предположим, что ЛПР считает, что уступка по первому критерию не может превосходить по абсолютной величине 2 и просит специалиста произвести более точные расчеты. Тогда исследователь может представить на рассмотрение данные в таблице 2.

Таблица 2 − Расчет критериев при разных значениях уступки, не превосходящей по абсолютной величине 2

Уступка по 1-му критерию	**Значение x**	**Значение y**	**Значение 1-го критерия**	**Значение 2-го критерия**
2	3	2	20	22
1,8	3,1	1,8	19,8	21,2
1,6	3,2	1,6	19,6	20,4
1,4	3,3	1,4	19,4	19,6
1,2	3,4	1,2	19,2	18,8
1	3,5	1	19	18
0,8	3,6	0,8	18,8	17,2
0,6	3,7	0,6	18,6	16,4
0,4	3,8	0,4	18,4	15,6
0,2	3,9	0,2	18,2	14,8
0	4	0	18	14

Таким образом, следует признать рассмотренный подход удобным, гибким, и легко реализуемым с помощью MS Excel 2010 или вручную (для этого необходимо иметь базовые знания в области методов оптимизации и линейного программирования). Спектр задач, для которых предлагаемая методика является подходящей, крайне велик и востребован с практической точки зрения.

Библиографический список

1. Соболь И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. М.: Дрофа, 2006. – 175 с.
2. Коротченко А.Г., Кумагина Е.А., Сморякова В.М. Введение в многокритериальную оптимизацию. Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. – 55 с.

УДК 517.7

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ УСТУПОК ПРИ РЕШЕНИИ ВОЕННО-ПРИКЛАДНОЙ ЗАДАЧИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА УДАРНОЙ ГРУППЫ САМОЛЕТОВ

Корыпаева Ю.В., Манин Д.А.
ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

В различных практических областях деятельности человека часто встречаются задачи, в которых приходится оценивать эффективность некоторой операции по нескольким критериям $f_1, f_2, ..., f_n$, причем одни из них необходимо сделать как можно больше, а другие — меньше. Подобные задачи называют векторными задачами оптимизации ([1], [2]).

Абсолютно очевидно, что в общем случае не удастся найти решение, которое доставляло бы максимум одному критерию f_1 и одновременно обеспечивало бы желаемый экстремум другого критерия f_2, а для нескольких критериев решение этой задачи практически недостижимо. Поэтому целесообразно ввести понятие компромиссного решения. Окончательный выбор решения будет определяться волевым актом командира или

лицом, принимающим решение (ЛПР). Именно ЛПР определяет, какой ценой можно оплатить известное повышение эффективности или наоборот, какой долей эффективности можно пожертвовать, чтобы не нести слишком больших потерь. Задача исследователя — предоставить в распоряжение ЛПР достаточное количество данных, позволяющих ему всесторонне оценить преимущества и недостатки каждого варианта решения и, опираясь на них, сделать окончательный выбор. Естественным образом, процедура разработки, исследования и решения многокритериальной задачи становится диалоговой итеративной процедурой между ЛПР и ЭВМ (исследователем).

Главная идея векторной или многокритериальной оптимизации – это поиск методов определения компромиссных решений. На данный момент существуют два подхода к решению задач векторной оптимизации. Первый основан на методах свертывания критериев, второй — на алгоритмах непосредственного отыскания компромиссных решений. Одним из алгоритмов непосредственного отыскания компромиссных решений является «метод последовательных уступок».

Постановка задачи. Планируется удар по объекту с применением управляемых ракет трех типов с самолетов типа А и В. Вероятности преодоления ПВО при атаке объекта самолетами типа А и В соответственно равны 0,8 и 0,95. Имеющийся запас ракет каждого типа, варианты их подвески на самолеты и огневые возможности ракет, выраженные в ЕРБ (единый расчетный боеприпас), указаны в таблице.

Таблица 1 – Сведения о запасе ракет каждого типа, варианты их подвески на самолеты и огневые возможности ракет, выраженные в ЕРБ

Типы ракет	**Самолеты типа *A***	**Самолеты типа *B***	**ЕРБ**	**Количество ракет**
1	3	2	200	18
2	4	1	50	16
3	0	4	120	24

Определить оптимальный состав ударной группы, состоящей из самолетов обоих типов, при котором огневые возможности этой группы, выраженные в ЕРБ, будут максимальными, а потери при нанесении удара минимальными.

Решение. Пусть x_1 — число самолетов типа А, а за x_2 — число самолетов типа В. Составим первый критерий эффективности, выражающий огневые возможности ударной группы (в ЕРБ) (будем считать его более важным):

$$f_1(x_1, x_2) = (3 \cdot 200 + 4 \cdot 50 + 0 \cdot 100) \cdot x_1 + (2 \cdot 200 + 1 \cdot 50 + 4 \cdot 100) \cdot x_2,$$

$$f_1(x_1, x_2) = 800x_1 + 930x_2.$$

Составим второй критерий эффективности, выражающий потери при нанесении удара

$$f_2(x_1, x_2) = (1 - 0{,}8) \cdot x_1 + (1 - 0{,}95) \cdot x_2,$$

$$f_2(x_1, x_2) = 0{,}2x_1 + 0{,}05x_2.$$

Таким образом, векторный критерий имеет структуру

$$\begin{pmatrix} f_1(x_1, x_2) \\ f_2(x_1, x_2) \end{pmatrix} \begin{matrix} \to \max \\ \to \min \end{matrix}$$

на множестве $z_1 = \{(x_1, x_2) : 3x_1 + 2x_2 \le 18,\ 4x_1 + x_2 \le 16,\ 4x_2 \le 24\}$.

Первый шаг. Будем искать максимум первого по важности критерия:

$$\max_{z_1} f_1(x_1, x_2) = \max_{z_1}(800x_1 + 930x_2).$$

Имеем задачу линейного программирования, где $f_1(x_1, x_2) = 500x_1 + 950x_2$ — целевая функция, исследуемая на максимум, а

$$\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 \le 18, \\ 4x_1 + x_2 \le 16, \\ 4x_2 \le 24, \\ x_1 \ge 0, \\ x_2 \ge 0, \end{cases}$$

— система ограничений.

Так как целевая функция является функцией двух переменных, то эту задачу можно решить графическим методом. Для этого от системы неравенств в системе ограничения перейдем к соответствующей системе равенств и построим эти прямые в прямоугольной системе координат на плоскости Ox_1x_2 (рисунок 1). Получим многоугольник OABCD, точки которого образуют область допустимых решений (ОДР).

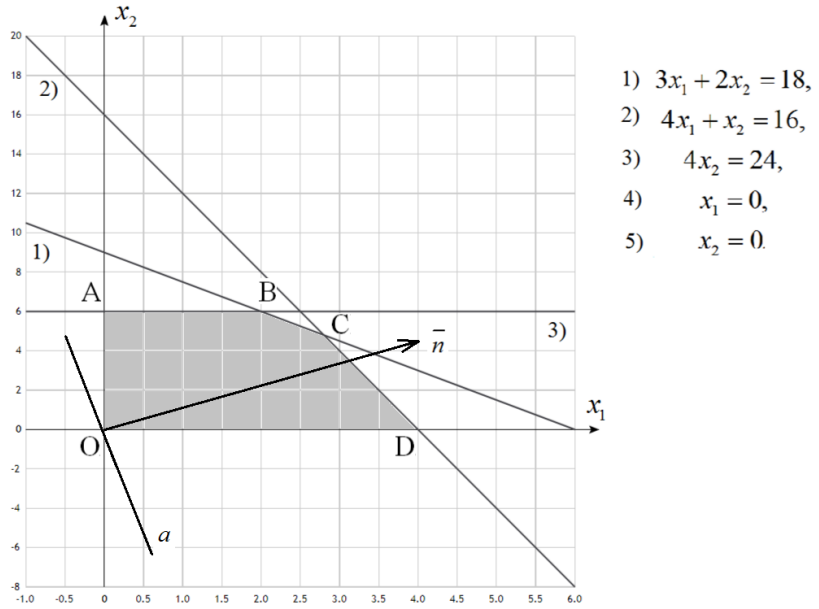


Рисунок 1 − Область допустимых решений при решении задачи максимизации первого критерия

Функция достигает максимума в точке выхода $\mathrm{B}(2;\ 6)$. Координаты этой точки целочисленные и находятся в процессе решения системы уравнений

$$\begin{cases} 3x_1 + 4x_2 = 18, \\ x_2 = 6. \end{cases}$$

Следовательно, на первом шаге оптимальное решение будет $x_1^{10} = 2,\ x_2^{10} = 6,$ а значение функции при найденном оптимальном решении

$$\max_{z_1} f_1(x_1, x_2) = \max_{z_1}(800x_1 + 930x_2) = f_1(2, 6) = 800 \cdot 2 + 930 \cdot 6 = 7180.$$

Полученное решение подставляем в критерий $f_2(x_1, x_2)$ и векторные оценки примут вид $\begin{pmatrix} f_1(x_1^{10}, x_2^{10}) \\ f_2(x_1^{10}, x_2^{10}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7180 \\ 0,7 \end{pmatrix}.$

Полученный результат предъявляют ЛПР. Если ЛПР не устраивает первый результат (7180), то ему необходимо пересмотреть постановку задачи. Если же ЛПР не устраивает второй результат (0,7), то ему предлагается сделать некоторую уступку по первому критерию.

Второй шаг. Сделаем уступку по первому критерию: $\Delta f_1 = -880.$ Следовательно, $f_1(x_1^{10}, x_2^{10}) + \Delta f_1 = f_1(2, 6) - 880 = 6300.$ Минимизируем критерий $f_2(x_1, x_2)$: $\min\limits_{z_2} f_2(x_1, x_2) = \min\limits_{z_2}(0,2x_1 + 0,05x_2),$ где

$$z_2 = \{(x_1, x_2):\ 800x_1 + 930x_2 \geq 6300,\ 3x_1 + 4x_2 \leq 18,\ 4x_1 + x_2 \leq 16,\ x_2 \leq 6,\}.$$

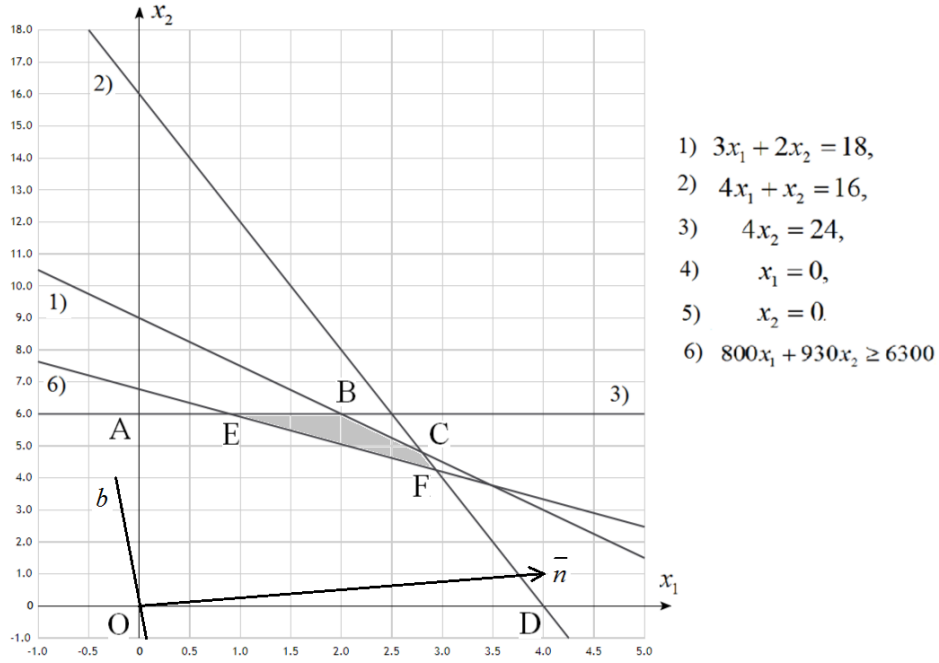


Рисунок 2 – ОДР при решении задачи максимизации второго критерия

На рисунке 2 это множество z_2 обозначено BCFE.

Функция $f_2(x_1, x_2)$ достигает минимума в точке входа $E(0,9;\ 6).$ Координаты этой точки находятся в процессе решения системы уравнений

$$\begin{cases} 800x_1 + 930x_2 = 6300, \\ x_2 = 6. \end{cases}$$

Полученное решение не целочисленное. Анализ целочисленных решений в окрестности точки $(0,9;\ 6)$ и принадлежащих ОДР приводит к оптимальному целочисленному решению $x_1^{20} = 1,\ x_2^{20} = 6.$ Значение функции при найденном оптимальном решении

$$\min\limits_{z_2} f_2(x_1, x_2) = \min\limits_{z_2}(0,2x_1 + 0,05x_2) = f_2(1;6) = 0,2 \cdot 1 + 0,05 \cdot 6 = 0,5.$$

Векторные оценки имеют вид $\begin{pmatrix} f_1(x_1^{20}, x_2^{20}) \\ f_2(x_1^{20}, x_2^{20}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6380 \\ 0,5 \end{pmatrix}.$

Анализируем полученный результат. Если ЛПР полученный результат устраивает, то задача решена. Если полученный результат ЛПР не устраивает, то диалог продолжается.

Специалист может рассмотреть ситуации, когда уступка на втором шаге будет иметь другие значения, и рассчитать (например, в MS Excel 2010) векторные оценки критериев. В нашем случае эти расчеты могут быть предоставлены в виде таблицы 1.

Заметим, что в таблице 1 расчеты получены после их доработки в отношении целочисленности компонент решения. Очевидно, что все уступки в отношении первого критерия, которые больше, чем –780 не приводят к изменению (улучшению) результата, то есть сокращение уступки бесполезно.

Если ЛПР устраивает уступка –830 по первому критерию, которая дает изменение первой компоненты решения на единицу и ощутимое уменьшение значения второго критерия (вероятность потерь), то можно принимать это решение.

ЛПР может попросить специалиста определить более точно минимальный размер уступки по первому критерию, дающий улучшение второго критерия (например, с шагом 2). Получим таблицу 2, по результатам которой видно, что минимальный размер уступки по первому критерию –800.

Таблица 1 − Расчет критериев при разных значениях уступки

Уступка по 1-му критерию	**Значение x_1**	**Значение x_2**	**Значение 1-го критерия**	**Значение 2-го критерия**
-880	1	6	6380	0,5
-830	1	6	6380	0,5
-780	2	6	7180	0,7
-730	2	6	7180	0,7
-680	2	6	7180	0,7
-630	2	6	7180	0,7
-580	2	6	7180	0,7
-530	2	6	7180	0,7
-480	2	6	7180	0,7
-430	2	6	7180	0,7
-380	2	6	7180	0,7
-330	2	6	7180	0,7
-280	2	6	7180	0,7
-230	2	6	7180	0,7
-180	2	6	7180	0,7
-130	2	6	7180	0,7
-80	2	6	7180	0,7
-30	2	6	7180	0,7

Таблица 2 − Расчет критериев при разных значениях уступки, больше –830

Уступка по 1-му критерию	**Значение x_1**	**Значение x_2**	**Значение 1-го критерия**	**Значение 2-го критерия**
-830	1	6	6380	0,5
-825	1	6	6380	0,5
-820	1	6	6380	0,5
-815	1	6	6380	0,5
-810	1	6	6380	0,5
-805	1	6	6380	0,5
-800	1	6	6380	0,5
-795	2	6	7180	0,7
-790	2	6	7180	0,7
-785	2	6	7180	0,7

Таким образом, следует признать подход, выбранный авторами, является удобным, не встречающим препятствий в реализации с помощью MS Excel 2010 или вручную (для этого достаточно иметь базовые знания в области решения задач линейного программирования и методов оптимизации). Предлагаемая методика является подходящей для решения самого

широкого спектра задач в различных областях деятельности человека, и востребована с практической точки зрения.

Библиографический список
1. Соболь И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. М.: Дрофа, 2006. – 175 с.
2. Коротченко А.Г., Кумагина Е.А., Сморякова В.М. Введение в многокритериальную оптимизацию. Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. – 55 с.

УДК 519.83

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ИГР В ВОЕННЫХ СТРАТЕГИЯХ

Кузнецова Л.Д., Яковлев П.А.
Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия» (г. Воронеж)

Аннотация: В данной статье рассмотрены два случая обработки стрельб: стрельба ударными снарядами и стрельба дистанционными снарядами.

Ключевые слова: закон распределения, случайные величины, оценка координат, оценка параметров.

Abstract: This article examines two cases of projectile firing: firing with impact projectiles and firing with remote projectiles.

Keywords: distribution law, random variables, coordinate estimation, parameter estimation.

Одно из важных практических задач, возникающих при изучении вопросов стрельбы и бомбометания, является задача обработки результатов экспериментальных стрельб.

При стрельбе ударными снарядами рассеивание характеризуется законом распределения системы двух случайных величин: абсциссы и ординаты точки попадания на некоторой плоскости. При стрельбе дистанционными снарядами рассеивание носит пространственный характер и описывается законом распределения, системы трех координат точки разрыва снаряда.

Рассмотрим задачу обработки стрельб ударными снарядами. Пусть проведено n независимых выстрелов по некоторой плоской мишени и зарегистрированы координаты n точек попадания.

Предположим, что закон распределения системы (X, Y) нормальный и требуется найти оценки для его параметров: координат центра рассеивания m_x, m_y, угла α, определяющего направление главных осей рассеивания ξ, η и главных средних квадратических отклонений σ_ξ, σ_η.

Начнем с наиболее простого сценария: когда направление главных осей рассеивания известно заранее. Это распространенная ситуация, так как сами условия стрельбы зачастую определяют эти оси. Такое предварительное знание существенно облегчает задачу обработки результатов стрельбы. Если мы имеем хотя бы приблизительное представление о направлении главных осей, мы можем выбрать систему координат, оси которой будут параллельны им. В такой системе координат абсцисса и ордината точки попадания являются независимыми случайными величинами. Их закон распределения определяется четырьмя ключевыми параметрами: положением центра рассеивания и двумя главными среднеквадратическими отклонениями (σx, σy). Оценки этих параметров находятся по формулам:

$$\begin{cases} \tilde{m}_x = \dfrac{\sum\limits_{i=1}^{n} x_i}{n}; \quad \tilde{m}_y = \dfrac{\sum\limits_{i=1}^{n} y_i}{n}; \\ \tilde{\sigma}_x = \sqrt{\dfrac{\sum\limits_{i=1}^{n} (x_i - m_x)^2}{n-1}}; \\ \tilde{\sigma}_y = \sqrt{\dfrac{\sum\limits_{i=1}^{n} (y_i - m_y)^2}{n-1}}. \end{cases} \tag{1}$$

В случае усложнения задачи, когда ориентация главных осей рассеивания не предопределена и подлежит эмпирическому определению, возникает необходимость в оценке полного набора из пяти параметров. Эти параметры включают координаты центра рассеивания (mx, my), угол поворота главных осей (α) и соответствующие главные среднеквадратические отклонения (σξ, ση).

Оценки для координат центра рассеивания определяются по формулам

$$\tilde{m}_x = \frac{\sum\limits_{i=1}^{n} x_i}{n}; \quad \tilde{m}_y = \frac{\sum\limits_{i=1}^{n} y_i}{n} \tag{2}$$

Оценим угол α. Предположим, что направления главных осей рассеивания известны. Тогда в системе ξOη координаты случайной точки (X,Y) будут

$$\begin{cases} \Xi = (X - m_x)\cos\alpha + (Y - m_y)\sin\alpha, \\ \mathrm{H} = -(X - m_x)\sin\alpha + (Y - m_y)\cos\alpha. \end{cases} \tag{3}$$

или

$$\begin{cases} \Xi = \mathring{X}\cos\alpha + \mathring{Y}\sin\alpha, \\ \mathrm{H} = -\mathring{X}\sin\alpha + \mathring{Y}\cos\alpha. \end{cases} \tag{4}$$

Очевидно, величины Ξ, H будут иметь математические ожидания, равнее нулю: $M[\Xi] = M[H] = 0$.

Главные оси рассеивания (Oξ и Oη) характеризуются тем, что параметры и H, описывающие рассеивание, являются независимыми. Так как эти параметры имеют нормальное распределение, их независимость равносильна отсутствию линейной связи (некоррелированности). Таким образом, для определения направления главных осей рассеивания необходимо найти угол α, при котором и H не коррелируют, то есть не имеют линейной зависимости.

Вычислим корреляционный момент величин (Ξ, H). Перемножая равенства (4) и применяя к их произведению операцию математического ожидания, получим:

$$K_{\xi\eta} = M[\Xi \mathrm{H}] = -M\left[\overset{\circ}{X}^2\right]\sin\alpha\cos\alpha + M\left[\overset{\circ}{X}\overset{\circ}{Y}\right](\cos^2\alpha - \sin^2\alpha) +$$
$$+ M\left[\overset{\circ}{Y}^2\right]\sin\alpha\cos\alpha = -\frac{1}{2}\sin 2\alpha(D_x - D_y) + K_{xy}\cos 2\alpha \tag{5}$$

Приравнивая это выражение к нулю, и деля обе части на *cos2α*, имеем:

$$tg2\alpha = \frac{2K_{xy}}{D_x - D_y} \tag{6}$$

Уравнение (6) даст два значения угла α: α_1 и α_2, различающиеся на $\frac{\pi}{2}$. Эти два угла и определяют направления главных осей рассеивания.

Заменяя в равенстве (6) K_{xy}, D_x, D_y их оценками, получим оценку для угла α:

$$\tilde{\alpha} = \frac{1}{2}arctg\frac{2\tilde{K}_{xy}}{\tilde{D}_x - \tilde{D}_y} \tag{7}$$

Найдем оценки для главных средних квадратических отклонений σ_ξ, σ_η. Для этого найдем дисперсии величин Ξ, H, заданных формулами (4), по теореме о дисперсии линейной функции:

$$\begin{aligned} D_\xi &= D_x\cos^2\alpha + D_y\sin^2\alpha + 2K_{xy}\sin\alpha\cos\alpha; \\ D_\eta &= D_x\sin^2\alpha + D_y\cos^2\alpha - 2K_{xy}\sin\alpha\cos\alpha. \end{aligned} \tag{8}$$

Откуда находим оценки для главных дисперсий:

$$\begin{cases} \tilde{D}_\xi = \tilde{D}_x\cos^2\tilde{\alpha} + \tilde{K}_{xy}\sin 2\tilde{\alpha} + \tilde{D}_y\sin^2\tilde{\alpha}; \\ \tilde{D}_\eta = \tilde{D}_x\sin^2\tilde{\alpha} - \tilde{K}_{xy}\sin 2\tilde{\alpha} + \tilde{D}_y\cos^2\tilde{\alpha}. \end{cases} \tag{9}$$

Оценки для главных средних квадратических отклонений выразятся формулами:

$$\begin{cases} \tilde{\sigma}_\xi = \sqrt{\tilde{D}_\xi}; \\ \sigma_\eta = \sqrt{D_\eta} \end{cases} \tag{10}$$

Выпишем отдельно полную сводку формул для обработки стрельб по плоской мишени в случае, когда направление главных осей рассеивания заранее неизвестно. Оценки искомых параметров определяются формулами:

$$\begin{cases} \tilde{m}_x = \dfrac{\sum\limits_{i=1}^{n} x_i}{n}; \quad \tilde{m}_y = \dfrac{\sum\limits_{i=1}^{n} y_i}{n}; \\ \tilde{\alpha} = \dfrac{1}{2} arctg \dfrac{2\tilde{K}_{xy}}{\tilde{D}_x - \tilde{D}_y}; \\ \tilde{\sigma}_\xi = \sqrt{\tilde{D}_x \cos^2 \tilde{\alpha} + \tilde{K}_{xy} \sin 2\tilde{\alpha} + \tilde{D}_y \sin^2 \tilde{\alpha}}; \\ \tilde{\sigma}_\eta = \sqrt{\tilde{D}_x \sin^2 \tilde{\alpha} - \tilde{K}_{xy} \sin 2\tilde{\alpha} + \tilde{D}_y \cos^2 \tilde{\alpha}} \end{cases} \tag{11}$$

где

$$\begin{cases} \tilde{D}_x = \dfrac{\sum\limits_{i=1}^{n} (x_i - \tilde{m}_x)^2}{n-1}; \quad \tilde{D}_y = \dfrac{\sum\limits_{i=1}^{n} (y_i - \tilde{m}_y)^2}{n-1}; \\ \tilde{K}_{xy} = \dfrac{\sum\limits_{i=1}^{n} (x_i - \tilde{m}_x)(y_i - \tilde{m}_y)}{n-1}. \end{cases} \tag{12}$$

Использование полных формул (11) для обработки результатов стрельб оправдано только при наличии большого массива данных. Только при таком условии можно добиться достаточной точности в определении угла α. Если же количество наблюдений невелико, то полученное в результате обработки значение будет в значительной степени случайным и ненадежным.

Мы сосредоточимся на простейшем случае обработки стрельб дистанционными снарядами, предполагая, что направление главных осей рассеивания известно заранее. Это наиболее частая ситуация, с которой сталкиваются при анализе таких стрельб. В этом случае мы можем выбрать систему координат так, чтобы ее оси совпадали с главными осями рассеивания. Это позволит нам рассматривать три координаты точки разрыва снаряда как отдельные, независимые случайные величины.

Пусть в результате n независимых выстрелов зарегистрированы координаты n точек разрыва дистанционных снарядов (x_1; y_1; z_1); (x_2, y_2, z_2); …(x_n, y_n, z_n) в системе координат с осями, параллельными главным осям рассеивания. Оценки для параметров нормального закона определяется формулами:

$$\begin{cases} \tilde{m}_x = \dfrac{\sum\limits_{i=1}^{n} x_i}{n}; \quad \tilde{m}_y = \dfrac{\sum\limits_{i=1}^{n} y_i}{n}; \quad \tilde{m}_z = \dfrac{\sum\limits_{i=1}^{n} z_i}{n}; \\ \tilde{\sigma}_x = \sqrt{\dfrac{\sum\limits_{i=1}^{n} (x_i - \tilde{m}_x)^2}{n-1}}; \\ \tilde{\sigma}_y = \sqrt{\dfrac{\sum\limits_{i=1}^{n} (y_i - \tilde{m}_y)^2}{n-1}}; \\ \tilde{\sigma}_z = \sqrt{\dfrac{\sum\limits_{i=1}^{n} (z_i - \tilde{m}_z)^2}{n-1}} \end{cases} \tag{13}$$

Задачу обработки стрельб дистанционными снарядами, когда направления главных осей рассеивания заранее неизвестны, рассматривать не будем, так как на практике эта задача встречается сравнительно редко

Список использованных источников

1. Ашкенази В.О. Применение теории игр в военном деле. М.: Наука, 1961. 234с.
2. Мак-Кинси Дж. Введение в теорию игр. М.: Наука, 1978. 87с.
3. Гуц А.К., Вахний Т.В. Теория игр и защита компьютерных систем. Издат.: Омский государственный университет, 2013. 125с.

УДК 629.42

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА БАНДАЖЕЙ КОЛЁСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВОВ

Ляшенко Р.В.
РГУПС, филиал ГРУПС в г. Воронеж

Одним из наиболее эффективных методов повышения ресурса бандажей колёсных пар локомотивов, является технология восстановления гребней колёс путём наплавки металла на изношенные поверхности катания.

Ключевые слова: подвижной состав, локомотив, бандаж, ремонт, колёсные пары, наплавка.

В большинстве эксплуатационных локомотивных депо реальные показатели износа бандажей колёсных пар таковы, что их замена осуществляется намного раньше установленных сроков что влечёт огромные экономические и материальные потери. Поэтому проблемы восстановления поверхности катания железнодорожных колёс, повышения их износостойкости и соответственно увеличение эксплуатационного ресурса бандажей железнодорожных колёсных пар, является одной из приоритетных технико-экономических задач железнодорожной отрасли. Решение этой задачи приведёт не только к сокращению финансовых затрат, но и к повышению безопасности движения поездов, а также обеспечит создание условий дальнейшего совершенствования системы ремонта тягового подвижного состава.

Одним из наиболее эффективных методов повышения ресурса бандажей колёсных пар локомотивов, является технология восстановления гребней колёс путём наплавки металла на изношенные поверхности катания. Данный метод в сравнении с методом восстановления рабочей поверхности железнодорожных колёс обточкой и получения необходимого геометрического профиля за счёт уменьшения их толщины, обеспечивает восстановление профиля поверхности катания колёс до стандартных альбомных размеров, что обеспечивает сокращение экономических, временных и ресурсных затрат на проведение ремонтов локомотивов.

Рассмотрим суть процесса наплавки.

Основные цели наплавки:

1. Восстановление геометрии: Устранение проката, выщербин, ползунов (горизонтальный износ).
2. Восстановление твердости: Наплавленный металл обеспечивает необходимую твердость поверхности для сопротивления износу.
3. Увеличение межремонтного пробега: Качественно наплавленный бандаж служит почти как новый.
4. Экономия ресурсов: Экономия металла и денег по сравнению с полной заменой.

Технологические этапы наплавки.

1. Подготовка колесной пары и бандажа:

- Дефектация: Тщательный контроль, измерение износа, выявление трещин (обычно методом магнитопорошковой или ультразвуковой дефектоскопии). Бандажи с глубокими трещинами к наплавке не допускаются.
- Очистка: Механическая очистка поверхности от грязи, окалины, ржавчины.
- Нагрев (предварительный): Чаще всего бандаж нагревают до температуры 250-350°С.

2. Собственно наплавка:

- используется автоматическая наплавка под слоем флюса на специализированных станках. Колесная пара вращается, а неподвижная головка с проволокой ведет наплавку по кругу.
- Материалы (наиболее распространенные):
- Схема наложения валиков: Наплавка ведется "челноком" или по спирали с перекрытием предыдущих валиков, чтобы получить равномерный слой.

3. Термическая обработка (отпуск):

- Сразу после наплавки бандаж подвергается высокотемпературному отпуску (нагрев до 450-500°С с выдержкой).
- Цель: Снять сварочные напряжения, снизить твердость в зоне термического влияния для предотвращения трещинообразования и улучшения обрабатываемости.

4. Механическая обработка:

- Токарная обработка на колесотокарных станках для придания бандажу точного профиля.
- Контроль геометрии, диаметра, толщины гребня.

Наплавка бандажей колесных пар являясь основной технологией восстановления, позволяет значительно увеличить срок их службы за счет:

- Экономическая эффективность (до 40-60% экономии по сравнению с заменой).
- Сохранение целостности колесной пары (посадка бандажа с натягом не нарушается).
- Возможность многократного восстановления (пока позволяет толщина бандажа).
- Высокая износостойкость наплавленного слоя.

Таким образом, это высокотехнологичный, регламентированный процесс восстановления, является экономически обоснованным стержнем системы ремонтного цикла колесных пар. Его правильное выполнение напрямую влияет на безопасность движения поездов.

Литература

1. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.
2. Стоянова, Н. В. Неразрушающий контроль и сертификация/ *Стоянова Н.В.,* Бомбардиров А.П.*, и др.*// Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта М. 2009 С.60-63.
3. Смирнов, В. А. Внедрение оперативной экспресс-диагностики топливной аппаратуры в депо / В. А. Смирнов // Организация производства, экономика и менеджмент : Труды VI студенческой научно-практической конференции, Воронеж, 10 июня 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 68-71. – EDN QSIYRH.
4. Стоянова, Н. В. Основные функции и задачи дирекции по ремонту тягового подвижного состава / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 286-290. – EDN EXQUOL.
5. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского

государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
6. Рябко, К. А. Исследование теплового состояния аккумуляторных батарей шахтных локомотивов в процессе зарядки / К. А. Рябко // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 1. – С. 343-353. – EDN GOYXMA.
7. Рябко, К. А. Оценка надежностных характеристик электрооборудования электровозов ВЛ80С / К. А. Рябко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 216-221. – EDN SGWDSZ.
8. Рябко, К. А. Исследование процесса заряда аккумуляторных батарей шахтных подвесных монорельсовых локомотивов / К. А. Рябко // Горная механика и машиностроение. – 2022. – № 2. – С. 30-36. – EDN LFUDNM.

УДК 796

ПРОФИЛАКТИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «23.02.06 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ»

Малкин С.Д.
РГУПС, Филиал РГУПС в г.Воронеж

Аннотация. В статье рассматривается проблема профилактики профессиональных заболеваний у студентов специальности «23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог». Представлены результаты анализа факторов риска, связанных с будущей профессиональной деятельностью на железнодорожном транспорте. Обоснована необходимость формирования у студентов компетенций в области охраны труда и здоровьесбережения. Предложены практические рекомендации по организации профилактической работы в образовательной организации.

Ключевые слова: профессиональные заболевания, профилактика, студенты, техническая эксплуатация подвижного состава, железнодорожный транспорт, факторы риска, охрана труда, здоровьесбережение.

Факторы риска профессиональных заболеваний

Профессиональная деятельность специалистов по технической эксплуатации подвижного состава связана с воздействием ряда неблагоприятных факторов производственной среды. К числу основных относятся повышенный уровень шума и вибрации, который воздействует на органы слуха и нервную систему, что может привести к развитию нейросенсорной тугоухости и вибрационной болезни. Длительное нахождение в вынужденной рабочей позе является причиной заболеваний опорно-двигательного аппарата, включая остеохондроз, радикулит и сколиоз.

Значительную опасность представляют химические вещества, с которыми специалисты контактируют в процессе работы — масла, растворители, топливо. Их воздействие может вызывать хронические интоксикации и дерматиты. Высокий уровень нервно-эмоционального напряжения, обусловленный ответственностью за безопасность движения, способствует развитию неврозов и гипертонической болезни. Работа на открытом воздухе в условиях перепадов температур создает риски простудных заболеваний и патологий периферических сосудов [1].

Данные факторы могут действовать как изолированно, так и в различных сочетаниях, усиливая негативное воздействие на организм. По данным исследований, у работников локомотивных депо наиболее распространенными являются заболевания опорно-

двигательного аппарата (до 35% случаев) и сердечно-сосудистой системы (до 28% случаев) [1].

Анализ состояния здоровья студентов и их готовности к профилактической деятельности

Для оценки готовности студентов к профилактике профессиональных заболеваний было проведено анкетирование среди обучающихся 1–4 курсов специальности «23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог». В опросе приняли участие 85 человек. Распределение респондентов по курсам было следующим: на 1-м курсе — 22 человека, на 2-м — 21, на 3-м — 21, на 4-м — 21.

Результаты анкетирования показали, что только 42% студентов имеют четкое представление о том, какие профессиональные заболевания характерны для их будущей специальности. При этом студенты старших курсов информированы лучше (56% на 4-м курсе), чем первокурсники (32%). Это свидетельствует о постепенном накоплении профессиональных знаний в процессе обучения, однако уровень информированности остается недостаточным.

Отношение к профилактическим мероприятиям также вызывает определенную тревогу. Регулярно выполняют утреннюю гимнастику лишь 18% опрошенных, занимаются физической культурой в свободное время 35%, а профилактические медицинские осмотры (сверх обязательных) проходят только 22% студентов. При этом 67% студентов считают соблюдение требований охраны труда важным условием профилактики профессиональных заболеваний, однако только 41% могут перечислить основные мероприятия по профилактике для своей будущей профессии.

Полученные данные свидетельствуют о необходимости усиления профилактической работы среди студентов на всех этапах обучения, с акцентом на младшие курсы, где уровень информированности и сформированности здоровьесберегающих компетенций наиболее низок [3].

Направления профилактической работы

Профилактика профессиональных заболеваний у студентов включает три основных направления: первичную, вторичную и третичную профилактику [3].

Первичная профилактика

Первичная профилактика направлена на предупреждение возникновения заболеваний путем устранения факторов риска и формирования здорового образа жизни. Информационно-образовательная работа включает проведение лекций и семинаров о профессиональных рисках, факторах производственной среды, требованиях охраны труда. Важным элементом является включение в образовательные программы дисциплин «Безопасность жизнедеятельности», «Охрана труда», «Производственная санитария».

Формирование здорового образа жизни предполагает организацию спортивных секций, проведение дней здоровья, пропаганду отказа от вредных привычек. По данным экспертов, наиболее эффективными для профилактики стресса и поддержания здоровья являются такие виды спорта, как бадминтон и плавание [6].

Развитие физической культуры также играет важную роль. Регулярные занятия физической культурой способствуют повышению адаптационных резервов организма и устойчивости к неблагоприятным факторам. Исследования показывают, что студенты, занимающиеся спортом, имеют более низкие показатели тревожности и стресса [5].

Вторичная профилактика

Вторичная профилактика направлена на раннее выявление начальных форм заболеваний и предупреждение их прогрессирования. Основным мероприятием является обязательное прохождение предварительных и периодических медицинских осмотров в соответствии с приказом Минздрава России. Особое внимание уделяется функциональному состоянию сердечно-сосудистой, нервной систем и органов слуха.

Функциональная диагностика включает проведение электрокардиографии (ЭКГ), аудиометрии, виброметрии для выявления ранних признаков профессиональных заболеваний. Студенты с выявленными отклонениями в состоянии здоровья должны находиться под диспансерным наблюдением с проведением необходимых лечебно-профилактических мероприятий.

Третичная профилактика

Третичная профилактика направлена на восстановление здоровья и трудоспособности при уже имеющихся заболеваниях. Лечебная физкультура предполагает использование индивидуально подобранных комплексов упражнений для коррекции нарушений опорно-двигательного аппарата. Физиотерапия включает применение физических факторов (массаж, электрофорез, магнитотерапия) для восстановления функций организма.

Психологическая поддержка студентов предусматривает организацию кабинетов психологической разгрузки, проведение тренингов по стресс-менеджменту, что особенно важно для будущих специалистов, чья деятельность связана с высоким нервно-эмоциональным напряжением.

Роль образовательной организации в профилактике профессиональных заболеваний

Образовательная организация играет ключевую роль в формировании у студентов компетенций, необходимых для сохранения здоровья в процессе профессиональной деятельности [7]. Основными направлениями деятельности являются совершенствование содержания образования, организация воспитательной работы, создание здоровьесберегающей среды и взаимодействие с работодателями.

Совершенствование содержания образования предполагает включение в учебные планы дисциплин, формирующих знания о факторах профессионального риска и методах их профилактики. Актуализация содержания практик с акцентом на соблюдение требований охраны труда позволяет студентам получить практические навыки безопасной работы.

Организация воспитательной работы включает проведение тематических классных часов, круглых столов, встреч с ветеранами труда и специалистами по охране труда. Создание студенческих волонтерских отрядов по пропаганде здорового образа жизни способствует формированию активной жизненной позиции.

Создание здоровьесберегающей среды предусматривает обеспечение комфортных условий для учебной деятельности, организацию качественного питания, проведение спортивно-массовых мероприятий, оборудование зон отдыха и психологической разгрузки.

Взаимодействие с работодателями предполагает организацию производственных практик с обязательным инструктажем по охране труда, а также привлечение специалистов базовых предприятий к проведению занятий по профилактике профессиональных заболеваний.

Практические рекомендации для студентов

На основе проведенного анализа можно предложить студентам следующие практические рекомендации по профилактике профессиональных заболеваний.

В области физической активности рекомендуется ежедневно выполнять утреннюю гимнастику, заниматься спортом 2-3 раза в неделю, совершать пешие прогулки. Это поможет поддерживать опорно-двигательный аппарат и сердечно-сосудистую систему в тонусе. Особое внимание следует уделить плаванию, бегу и спортивным играм, которые развивают выносливость и координацию.

Соблюдение режима труда и отдыха является важным фактором сохранения здоровья. Оптимальная продолжительность сна составляет 7-8 часов. Чередование умственной и физической нагрузки позволяет избежать переутомления и сохранить работоспособность на высоком уровне.

Отказ от вредных привычек необходим, поскольку курение и употребление алкоголя значительно повышают риск развития профессиональных заболеваний и снижают адаптационные возможности организма. Формирование здоровых привычек на этапе обучения закладывает основу для профессионального долголетия.

Контроль за питанием предполагает сбалансированный рацион, включающий достаточное количество витаминов и микроэлементов. Особое значение имеют витамины группы В для нервной системы и антиоксиданты для защиты от воздействия химических факторов. Регулярное питание с соблюдением режима способствует нормальному функционированию всех систем организма.

Прохождение профилактических осмотров позволяет своевременно выявить начальные признаки заболеваний и принять необходимые меры. Регулярное наблюдение у терапевта, невролога, отоларинголога является обязательным условием сохранения профессионального здоровья.

Изучение требований охраны труда необходимо для формирования безопасных навыков работы. Знание и соблюдение правил безопасности — основа профилактики профессиональных заболеваний и производственного травматизма.

Заключение

Профилактика профессиональных заболеваний у студентов специальности «23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог» является важной составляющей профессиональной подготовки будущих специалистов железнодорожного транспорта. Проведенный анализ показал, что уровень информированности студентов о профессиональных рисках и готовности к профилактической деятельности требует дальнейшего повышения. Только 42% студентов имеют четкое представление о профессиональных заболеваниях, характерных для их будущей специальности, а регулярную физическую активность поддерживают лишь 35% опрошенных.

Комплексный подход, включающий первичную, вторичную и третичную профилактику, позволяет создать эффективную систему сохранения здоровья обучающихся. Первичная профилактика направлена на предупреждение возникновения заболеваний через формирование здорового образа жизни и повышение информированности.

Библиографический список

1.Зубович О. А., Сотников И. А., Щербакова Н. Н., Цепенок Е. А. Организация работы и управление подразделением организации : учебник. – М. : ФГБОУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2017. – 518 с.
2.Жданов Р. И., Куприянов Р. В., Нугманова Д. Р., Ибрагимова М. Я., Двоеносов В. Г. Взаимосвязь стратегий совладания с экзаменационным стрессом и тревожности: роль пола, физиологических показателей и занятий спортом // Образование и саморазвитие. – 2020. – Т. 14, № 2. – С. 57-73. – DOI: 10.26907/esd15.2.06.
3.Дергач Е. А., Лимаренко О. В. Оценка личностной и ситуативной тревожности студентов в период экзаменационной сессии // Студенческий спорт: история, современность и тенденции развития : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Красноярск, 2024. – С. 184-188.
4.Павленкович С. С., Токаева Л. К. Психофизиологическая реактивность на экзаменационный стресс студентов-спортсменов педагогического вуза // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. – 2018. – Т. 18, № 4. – С. 452-457.
5.Ромашов А., Посаженников И. Влияние физической активности на психологическое здоровье студентов // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. – 2025. – Т. 37, № 1. – С. 44-52.
6.Эксперты СГМУ назвали лучший спорт для защиты молодежи от стресса // Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского : официальный сайт. – Саратов, 2025. – URL: https://clinicalcenter.sgmu.ru/university/press-center/nauka/eksperty-sgmu-nazvali-luchshiy-sport-dlya-zashchity-molodezhi-ot-stressa-/ (дата обращения: 19.03.2026).

7.Снижение уровня тревожности у студентов вуза средствами софт фитнеса // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2026. – № 1. – С. 86-89.
8. Гостев, Р. Г. Здоровье нации - определяющий фактор сбережения народа российской федерации (нормативно-правовая основа) / Р. Г. Гостев, С. Р. Гостева // Культура физическая и здоровье. – 2012. – № 3(39). – С. 24-33. – EDN PBEZVX.
9. Гостева, С. Р. Формирование здорового образа жизни студента в культурно-образовательной среде (КОС) провинции / С. Р. Гостева // Культура физическая и здоровье. – 2016. – № 4(59). – С. 111-116. – EDN XHUULD.
9. Гостева, С. Р. Влияние физической культуры студентов на их образ жизни / С. Р. Гостева // Транспорт: наука, образование, производство (транспорт-2021) : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 19–21 апреля 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 66-68. – EDN HSHIKZ.
10. Гостева, С. Р. Законодательные, нормативные правовые основы физической культуры и спорта в образовательном пространстве Российской Федерации / С. Р. Гостева // Берегиня. 777. Сова: Общество. Политика. Экономика. – 2018. – № 4(39). – С. 235-239. – EDN SHRPQS.
11. Гордеев, В. А. Здоровьесберегающие технологии в современном учебно-производственном процессе / В. А. Гордеев // Современные технологии обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте : Сборник статей III международной студенческой конференции, Воронеж, 19 марта 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 92-97. – EDN DTWYAU.
12. Гришина, Т. С. Роль физкультурной деятельности в понимании преимущества здорового образа жизни / Т. С. Гришина, С. Р. Гостева // Физическая культура, спорт и здоровье в современном обществе : сборник научных статей международной научно-практической конференции, Воронеж, 08–09 октября 2020 года / Воронежский государственный институт физической культуры. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр "Научная книга", 2020. – С. 131-134. – EDN RNIBJM.
13. Факторы повышенного артериального давления у студентов высших учебных заведений / Д. А. Лютов, Г. Цзянь, С. Р. Гостева, Н. Г. Ефремова // Культура физическая и здоровье. – 2023. – № 4(88). – С. 72-75. – DOI 10.47438/1999-3455_2023_4_72. – EDN UTZEZF.

УДК 629.46/47

ОСОБЕННОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ НА ПУНКТАХ ПТО И ППВ

Малявин А.М.
РГУПС, филиал ГРУПС в г. Воронеж

В работе дана краткая характеристика эксплуатационного депо, рассмотрены характеристики пункта технического обслуживания вагонов, которые будут использоваться для повышения качества проведения технического обслуживания вагонов.

Ключевые слова: вагон, эксплуатация, *ремонт, стратегия,* техническое обслуживание.

Выполнение возрастающего объема перевозок грузов в значительной степени зависит от численности вагонного парка, его надежности и технического состояния. Эксплуатация вагонов характеризуется рядом особенностей: использованием на сети железных дорог без приписки к отдельным пунктам, непосредственно отвечающим за их техническое состояние,

одновременным использованием в поездах вагонов разных типов и периодов постройки, которые имеют различный технический ресурс, но должны удовлетворять единым требованиям безопасности движения и сохранности перевозимых грузов многообразием конструктивных особенностей. Постоянное совершенствование методов технического обслуживания и ремонта вагонного парка обеспечивает бесперебойные перевозки в технически исправных вагонах с минимальными затратами на их текущее содержание.

Техническое обслуживание и ремонт грузовых вагонов регламентирован соответствующими нормативными документами и предусматривает техническое обслуживание вагонов, находящихся в составах или транзитных поездах, а также порожних вагонов.

При подготовке под погрузку без отцепки от состава или группы вагонов, текущий ремонт порожних вагонов при комплексной подготовке к перевозкам с отцепкой от состава или группы вагонов и подачей на специализированные пути.

Текущий ремонт вагонов с отцепкой от транзитных и прибывающих поездов или сформированных составов.

Деповской ремонт вагонов для восстановления их работоспособности с заменой или ремонтом отдельных узлов и деталей.

Капитально-восстановительный ремонт для восстановления ресурсов вагонов на станциях формирования и расформирования поездов.

В пути следования предусмотренным графиком движения, каждый вагон поезда должен пройти техническое обслуживание, а в необходимых случаях ремонт без отцепки. Размещение и техническое оснащение вагонных депо, контрольных постов, пунктов подготовки вагонов к перевозкам, пунктов технического обслуживания и ремонта вагонов и других подразделениях вагонного хозяйства должны обеспечивать высокое качество и высокую производительность технического обслуживания.

Работники ПТО и ППВ должны своевременно и в точном соответствии с технологическим процессом и графиком движения поездов производить техническое обслуживание и ремонт вагонов. Ответственность за безопасность движения и проследование вагонов без отцепки от поезда в пределах гарантийного участка несут работники данных пунктов.

Работа ПТО проходит в условиях неравномерности, моменты прибытия поездов, как правило, не могут быть точно определены, длительность технического обслуживания поезда меняется, а значит ремонтно-смотровые бригады и технические средства имеют непостоянную загрузку. Нерегулярное прибытие поездов на станцию осложняется еще и тем, что они проходят техническое обслуживание и занимают путь в течение различного периода времени, поэтому при организации технического обслуживания на ПТО необходимо разработать систему мероприятий позволяющих сократить производственные потери до минимума.

Задача состоит в том, чтобы с одной стороны возможно полнее использовать обслуживающие средства ПТО, с другой свести к минимуму задержки в обслуживании поездов и повысить пропускную способность станции.

Литература

1. *Прочность цистерн из стали ВСт3СП в условиях низких температур / Н. В. Стоянова, В. И. Корольков, С. Е. Гончаров, И. С. Попов // Наука и техника транспорта. – 2017. – № 4. – С. 47-49. – EDN YLFMYL.*
2. Стоянова, Н. В. Неразрушающий контроль и сертификация/ *Стоянова Н.В.,* Бомбардиров А.П.*, и др.*// Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта М. 2009 С.60-63.
3. Стоянова, Н. В. Обеспечение безопасности движения поездов при взрезе стрелки с невзрезным стрелочным электроприводом / Н. В. Стоянова, Д. Е. Минаков, Е. Ю. Минаков // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности

и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 268-272. – EDN LPUYFY.
4. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.
5. Стоянова, Н. В. Проблемы и перспективы развития вагонного хозяйства / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 261-265. – EDN GHTVGW.

УДК 622.647.2:62-83

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРИВОДА ЛЕНТОЧНЫХ КРУТОНАКЛОННЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Мансуров П. А., Дмитриев Д. Д.
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт» (технический университет)
г. Санкт-Петербург

В статье рассматривается проблема оценки эффективности работы привода ленточных крутонаклонных конвейеров, используемых в горной промышленности и при транспортировке сыпучих грузов. Предложена математическая модель динамики пусковых процессов, основанная на системе из двух дифференциальных уравнений, учитывающих упруго-вязкие свойства ленты и моментные характеристики приводного двигателя. Выполнен анализ влияния жесткости ленты и коэффициента демпфирования на перегрузки в механической системе. Предложен критерий эффективности, позволяющий оценивать качество переходных процессов привода. Полученные результаты могут быть использованы на стадии проектирования и при эксплуатационных испытаниях конвейерного транспорта.

Ключевые слова: крутонаклонный конвейер, привод, дифференциальные уравнения, пусковой режим, эффективность, динамические нагрузки, ленточный транспортер

This article examines the problem of evaluating the drive efficiency of steep-inclined belt conveyors used in mining and bulk cargo transportation. A mathematical model of the start-up dynamics is proposed, based on a system of two differential equations that take into account the elastic-viscous properties of the belt and the torque characteristics of the drive motor. The influence of belt stiffness and damping coefficient on overloads in the mechanical system is analyzed. An efficiency criterion is proposed for assessing the quality of drive transients. The obtained results can be used at the design stage and in operational testing of conveyor transport.

Keywords: steep-inclined conveyor, drive, differential equations, start-up mode, efficiency, dynamic loads, belt conveyor

Введение. Ленточные конвейеры являются основным видом транспорта для перемещения насыпных грузов на горных предприятиях, обогатительных фабриках и в строительной отрасли. Особое место среди них занимают крутонаклонные конвейеры (КНК), которые позволяют транспортировать материал под углами, значительно превышающими углы естественного откоса, за счет применения специальных лент с гофробортами и

поперечными перегородками. Эффективность работы таких машин напрямую зависит от надежности и тяговой способности привода.

Современные тенденции развития транспортного машиностроения, рассмотренные в работах [2, 3, 10], показывают, что особое внимание уделяется не только созданию новых машин, но и совершенствованию методов диагностики и оценки эксплуатационных характеристик тягового подвижного состава. Аналогично железнодорожному транспорту, где надежность локомотивов является ключевым фактором [9], для карьерных и шахтных конвейеров проблема безотказности привода выходит на первый план. Исследование условий работы силовых установок [6] и анализ переходных процессов [4] позволяют адаптировать методы оценки эффективности для различных типов машин непрерывного транспорта.

При работе крутонаклонного конвейера наиболее нагруженными являются пусковые режимы, когда возникают значительные динамические усилия, способные вызвать проскальзывание ленты относительно приводного барабана или даже ее разрыв. В связи с этим, целью данной работы является разработка упрощенной математической модели для оценки эффективности работы привода КНК в переходных режимах, позволяющей обоснованно подходить к выбору параметров системы «двигатель – лента – груз».

Выполним анализ факторов, определяющих эффективность привода КНК. Эффективность работы привода ленточного конвейера можно рассматривать как комплексную характеристику, включающую энергетические затраты, динамические нагрузки в элементах и надежность сцепления ленты с барабаном. Опыт эксплуатации горнотранспортного оборудования [1] показывает, что условия эксплуатации существенно влияют на долговечность тяговых и ходовых элементов. Для КНК, работающих в условиях переменной загрузки и повышенной влажности, проблема сцепления стоит особенно остро.

Одним из важных аспектов является обеспечение плавного пуска. Жесткие пуски приводят к рывкам, которые негативно сказываются на состоянии как механической части, так и системы электропривода. В работе [4] отмечается, что анализ переходных процессов в приводах горных машин позволяет выявить резонансные зоны и предотвратить аварийные ситуации. Применяя аналогию с шахтными локомотивами [8], где тепловое состояние аккумуляторных батарей критично для пусковых токов, для конвейеров можно утверждать, что динамика пуска критична для тягового усилия.

Также важным фактором является техническое состояние самого двигателя. Как показано в [2], проведение приемосдаточных испытаний после ремонта позволяет гарантировать заложенные заводские характеристики. Для привода КНК это означает, что фактическая механическая характеристика двигателя может отличаться от паспортной, что необходимо учитывать при оценке эффективности. Современные методы диагностики [7] позволяют оперативно выявлять отклонения в работе топливной аппаратуры (для ДВС) или параметров обмоток (для электродвигателей), что напрямую коррелирует с задачей поддержания конвейера в работоспособном состоянии.

Математическое моделирование динамики привода. Для описания движения ленты крутонаклонного конвейера в период пуска упростим систему до двухмассовой модели. Первая масса m_1 включает в себя приведенные массы вращающихся частей привода (ротор двигателя, редуктор, приводной барабан). Вторая масса m_2 представляет собой приведенную массу ленты с грузом на наклонной трассе. Связь между массами осуществляется упруго-вязким элементом, имитирующим ленту (жесткость c и коэффициент демпфирования β.

Динамику системы можно описать системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} m_1 \dfrac{dv_1}{dt} = F_{\text{дв}}(v_1) - F_{\text{сц}} - c\int (v_1 - v_2)dt - \beta(v_1 - v_2), \\ m_2 \dfrac{dv_2}{dt} = c\int (v_1 - v_2)dt + \beta(v_1 - v_2) - W_{\text{сопр}}, \end{cases}$$

где v_1 и v_2 – скорости первой и второй массы соответственно;

$F_{дв}(v_1)$ – движущее усилие, развиваемое двигателем, зависящее от скорости;

$F_{сц}$ – сила сцепления ленты с барабаном (до момента срыва);

$W_{сопр}$ – суммарное сопротивление движению ленты с грузом (от веса груза на подъем, сопротивления роликоопор, очистных устройств и т.д.).

Для упрощения модели и приведения ее к виду, удобному для анализа эффективности, продифференцируем первое уравнение по времени и выразим усилие в ленте как:

$$S=c\int(v_1-v_2)dt+\beta(v_1-v_2).$$

Принимая допущение о том, что в период пуска до начала срыва сцепления v_1 и v_2 близки, и вводя переменную $\Delta v=v_1-v_2$ (скорость относительного проскальзывания в упругом элементе), получим дифференциальное уравнение второго порядка для усилия в ленте:

$$\frac{d^2S}{dt^2}+2n\frac{dS}{dt}+k^2S=\frac{c}{m_1}F_{дв}(t)+\frac{\beta}{m_1}\frac{dF_{дв}}{dt}-\frac{c}{m_1}F_{сц}-\frac{\beta}{m_1}\frac{dF_{сц}}{dt}+\frac{c}{m_2}W_{сопр},$$

где $2n=\beta\left(\frac{1}{m_1}+\frac{1}{m_2}\right)$ – коэффициент затухания;

$k^2=c\left(\frac{1}{m_1}+\frac{1}{m_2}\right)$ – частота собственных колебаний системы.

Решение данного уравнения позволяет найти закон изменения усилия в ленте $S(t)$. Это уравнение является базовым для анализа динамической нагруженности привода. Для его численного решения могут быть использованы специализированные программы, аналогичные описанной в [12] для расчета упругих систем.

Выполним оценку критерия эффективности и анализ динамических нагрузок. В качестве интегрального показателя эффективности работы привода КНК предлагается использовать коэффициент динамичности $K_д$, определяемый как отношение максимального динамического усилия в ленте при пуске S_{max} к статическому усилию $S_{ст}$, соответствующему установившемуся режиму работы при той же нагрузке.

$$k_д=\frac{S_{max}}{S_{ст}}.$$

Эффективность работы привода тем выше, чем ближе значение $K_д$ к единице. Высокие значения $K_д$ (более 1,3–1,5) свидетельствуют о значительных динамических перегрузках, что ведет к ускоренному износу ленты и механизмов привода. Анализ надежностных характеристик электрооборудования [9] подтверждает, что пиковые нагрузки являются основной причиной отказов тяговых двигателей.

Используя разработанную модель, были выполнены расчеты для конвейера с длиной наклонной части 100 м (приведенная масса m_2=5000 кг.) и приводом мощностью 55 кВт (приведенная масса ротора m_1=200 кг). Рассматривался пуск с линейным нарастанием движущего усилия (*закон* $F_{дв}(t)=F_0\cdot(t/T_{пуск})$), что характерно для систем с устройством плавного пуска.

При имитационном моделировании, получена зависимость усилия в ленте от времени при различной жесткости ленты c. Установлено, что увеличение жесткости ленты (переход от синтетических тканей к стальным тросам) приводит к росту частоты собственных колебаний и, как следствие, к увеличению S_{max}. Коэффициент демпфирования β, наоборот, снижает амплитуду колебаний. Оптимальное сочетание этих параметров позволяет минимизировать $K_д$.

Сравнивая полученные результаты с исследованиями переходных процессов в других видах транспорта [4; 8], можно отметить общую закономерность: чем более плавно

осуществляется подвод мощности к движителю, тем ниже динамические нагрузки. Это справедливо как для локомотивов, где важен контроль тока тяговых двигателей [6], так и для стационарных конвейеров.

Важным аспектом эффективности является исключение пробуксовки ленты. Условие отсутствия пробуксовки: $S_{max} \leq F_{сцmax}$. Сила сцепления зависит от угла обхвата барабана лентой и коэффициента трения. Как отмечено в [1], для полимерных материалов (футеровка барабанов) условия эксплуатации (влажность, запыленность) играют решающую роль в изменении коэффициента трения. Следовательно, модель должна учитывать возможное снижение $F_{сцmax}$ в процессе эксплуатации.

Предложенный подход позволяет оценить, насколько выбранная система привода соответствует реальным условиям эксплуатации. Это перекликается с задачами, решаемыми в дирекциях по ремонту подвижного состава [3], где главной функцией является обеспечение заданных параметров работы оборудования в течение всего срока службы. Кроме того, внедрение оперативных методов диагностики [7] состояния ленты и футеровки барабанов позволит своевременно корректировать параметры управления приводом, сохраняя высокий уровень эффективности.

Заключение. В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

– предложена математическая модель пускового режима крутонаклонного ленточного конвейера, основанная на двух дифференциальных уравнениях, описывающих динамику взаимодействия приводной массы и массы ленты с грузом;

– в качестве критерия эффективности работы привода обосновано использование коэффициента динамичности, характеризующего уровень перегрузок в механической системе;

– анализ модели показал, что на динамические нагрузки существенно влияют жесткостные и демпфирующие свойства ленты, а также закон нарастания движущего усилия. Плавный пуск является необходимым условием обеспечения долговечности как самой ленты, так и элементов привода;

– дальнейшие исследования должны быть направлены на учет стохастического характера сопротивления движению и переменных условий сцепления ленты с барабаном, что позволит более точно прогнозировать эффективность работы привода в реальных условиях эксплуатации.

Библиографический список

1. Арефьев, Е. М. Влияние условий эксплуатации шахтных монорельсовых локомотивов на долговечность полимерных ободьев приводных колес / Е. М. Арефьев, К. А. Рябко // Горные науки и технологии. – 2023. – Т. 8, № 1. – С. 59-67. – DOI 10.17073/2500-0632-2022-11-34. – EDN XBVYLS.
2. Стоянова, Н. В. Проведение приемосдаточных испытаний тягового электродвигателя тягового подвижного состава после ремонта / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 189-192. – EDN QTJEKI.
3. Стоянова, Н. В. Основные функции и задачи дирекции по ремонту тягового подвижного состава / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 286-290. – EDN EXQUOL.
4. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского

государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
5. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.
6. Гутаревич, В. О. Исследование условий работы аккумуляторных батарей локомотивов / В. О. Гутаревич, К. А. Рябко, В. А. Захаров // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2020. – № 56. – С. 95-102. – EDN MYHGMT.
7. Смирнов, В. А. Внедрение оперативной экспресс-диагностики топливной аппаратуры в депо / В. А. Смирнов // Организация производства, экономика и менеджмент : Труды VI студенческой научно-практической конференции, Воронеж, 10 июня 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 68-71. – EDN QSIYRH.
8. Рябко, К. А. Исследование теплового состояния аккумуляторных батарей шахтных локомотивов в процессе зарядки / К. А. Рябко // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 1. – С. 343-353. – EDN GOYXMA.
9. Рябко, К. А. Оценка надежностных характеристик электрооборудования электровозов ВЛ80С / К. А. Рябко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 216-221. – EDN SGWDSZ.
10. Стоянова, Н. В. Развитие скоростного подвижного состава в современных условиях / Н. В. Стоянова, Е. Г. Спиридонов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 290-292. – EDN RREVCK.
11. Рябко, К. А. Оценка прочностных характеристик аккумуляторных батарей шахтных электровозов / К. А. Рябко, Е. М. Арефьев // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2023. – № 2(18). – С. 31-43. – DOI 10.46573/2658-5030-2023-2-31-43. – EDN TROAVV.
12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023666264 Российская Федерация. «Программа определения углов поворота и прогибов однопролетной бесконсольной балки» : № 2023664939 : заявл. 14.07.2023 : опубл. 27.07.2023 / К. А. Рябко, Е. М. Арефьев, В. В. Малахова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения». – EDN GAWYKG.

УДК 629.4.023

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ КОНСТРУКЦИИ ОПОРНО-РАМНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ КОЛЕСНО-МОТОРНОГО БЛОКА

Масленников И.Л.
РГУПС, Филиал в г. Воронеж

В работе рассматривается опорно-рамное подвешивание тяговых электродвигателей, применяемое на пассажирских тепловозах и электровозах. Подробно описан принцип работы данной системы, при которой двигатель крепится к раме тележки, что делает его полностью подрессоренным. Анализируются два основных способа реализации опорно-рамного подвешивания: с двусторонней передачей крутящего момента через полый вал и с односторонней передачей при помощи карданного вала. В статье приводится сравнительная

таблица достоинств и недостатков опорно-осевого и опорно-рамного подвешивания. Особое внимание уделено перспективам совершенствования колесно-моторных блоков. В качестве приоритетного направления развития локомотивостроения рассматривается применение моторно-осевых подшипников качения.

Ключевые слова: опорно-рамное подвешивание, тяговый электродвигатель, колесно-моторный блок, неподрессоренная масса, передача крутящего момента, моторно-осевые подшипники, подшипники качения

This paper examines the frame-and-bearing suspension of traction electric motors used on passenger diesel and electric locomotives. It describes in detail the operating principle of this system, in which the motor is attached to the bogie frame, making it fully sprung. Two main methods of implementing frame-and-bearing suspension are analyzed: with two-way torque transmission via a hollow shaft and with one-way transmission using a cardan shaft. The article provides a comparative table of the advantages and disadvantages of frame-and-bearing and axle-and-bearing suspension. Particular attention is paid to the prospects for improving wheel-motor units. The use of motor-axle rolling bearings is considered a priority area for locomotive engineering development.

Keywords: frame-and-bearing suspension, traction electric motor, wheel-and-motor unit, unsprung mass, torque transmission, motor-axle bearings, rolling bearings

Опорно-рамное подвешивание применяется преимущественно на пассажирских тепловозах серии ТЭП, электровозах ЭП1М, ЧС-4, и других.

Этот способ подвешивания, несмотря на конструктивную сложность исполнения, имеет ряд значительных преимуществ перед опорно-осевым подвешиванием. Тяговый двигатель закрепляется на раме тележки, благодаря чему становится полностью подрессоренным, и, как следствие, на него гораздо в меньшей степени передается вибрация и толчки от неровностей рельсового пути. Благодаря такому типу подвешивания достигается практически двукратное уменьшение неподрессоренной массы, следовательно, колесно-моторный блок оказывает меньшее влияние на путь [1; 4; 8].

На ранее выпускающихся локомотивах распространены два способа реализации опорно-рамного подвешивания:

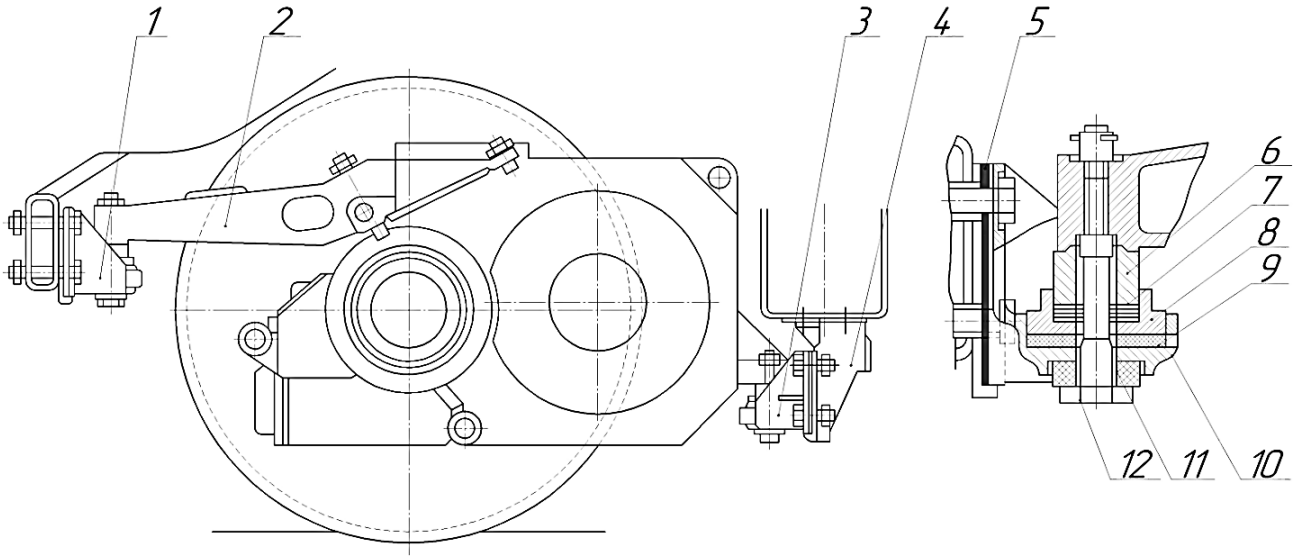
– с двусторонней передачей крутящего момента на колесную пару с помощью полого вала, центрированного в подшипниках скольжения двигателя;

– с односторонней передачей при помощи карданного вала, связанного с зубчатым колесом упругими муфтами.

Первый вариант использован на сериях тепловозов ТЭП60 и на семи первых эксплуатируемых экземплярах тепловоза ТЭП70, второй – на тепловозах ТЭП70 поздних годов выпуска.

При двусторонней системе подвешивания тяговый электродвигатель закреплен в раме тележки в трех точках: спереди жестко и сзади с помощью двух резиновых прокладок. Передняя часть двигателя (со стороны горловины моторных подшипников) закрепляется в раме тележки стальным литым кронштейном 2 (рис. 1), присоединенным к двигателю, а задняя – двумя литыми лапами остова электродвигателя.

Закрепление электродвигателя в раме тележки должно обеспечить соосность колесной пары и полого вала привода, который, в свою очередь, центрируется в моторно-осевых подшипниках электродвигателя. Совпадение осей контролируется с помощью кольцевых зазоров между цапфами приводных фланцев полого вала и стенками отверстий в колесных центрах, где расположены цапфы с ведущими пальцами эластичного привода. Номинальное значение зазора, измеренного по вертикальному и горизонтальному диаметрам равно 40 ± 2 мм [7; 9].



1, 3, 4 – опорные кронштейны рамы тележки; 2 – кронштейн двигателя;
5, 7, 11 – регулировочные прокладки; 6, 7 – опоры; 8 – обойма;
9, 10 – амортизаторы; 12 – болт
Рис. 1 – Подвешивание тягового электродвигателя на раме тележки

Передача крутящего момента от электродвигателя к колесной паре происходит с помощью полого вала, на концах которого установлены приводные фланцы и цапфы. На одном из фланцев расположен зубчатый венец, который приводится во вращение непосредственно двигателем. На выступающих из отверстий в колесных центрах двух ведущих пальцах привода, запрессованы цапфы, а на два ведомых пальца, закрепленных в колесных центрах, установлены с двух сторон шарнирно-рычажные эластичные муфты. Ими приводится во вращение колесная пара [2; 6; 10].

К проушинам траверсы (промежуточное литое звено) эластичной муфты через валики закреплены четыре поводка. Два резинометаллических шарнира запрессованы в отверстия поводков. Они представляют собой две металлические втулки. В их кольцевой зазор запрессована со значительным радиальным поджатием резиновая вставка. Металлическая втулка, расположенная внутри, имеет паз со шпонкой, удерживающей ее от проворота на валиках пальцев и промежуточного звена. Резиновые демпферы передают тяговый момент от полого вала к колесной паре, помимо этого компенсируя взаимные вертикальные смещения электродвигателя (вместе с валом и рамой тележки) по отношению к колесной паре при раскачиваниях по вертикальной оси. Полый вал, как и приводные фланцы, вращается на моторно-осевых подшипниках скольжения, установленных в остове двигателя [3; 5; 11].

В системе с применением полого карданного вала на тепловозе ТЭП70 поздних годов выпуска, электродвигатель также удерживается на раме тележки тремя точками крепления. Осевое смещение исключается с помощью ограничительных шайб и головок болтов, которые ввернуты в отверстия пальцев с резьбой и зафиксированы стопорными пластинами. Из поводков, объединяющих пальцы приводного фланца и колесного центра, образуется шарнирно-рычажная муфта, приводящая во вращение колесную пару. Благодаря карданной системе преобразования крутящего момента происходит минимизация взаимных вертикальных смещений электродвигателя и колесной пары.

Основные достоинства и недостатки наиболее распространенных видов подвешивания приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Достоинства и недостатки различных типов подвешивания тягового электродвигателя

Тип подвешивания	Достоинства	Недостатки
Опорно-осевое	– близкое расположение двигателя к оси колесной пары; – высокий коэффициент полезного действия передачи вращающего момента; – простота конструкции устройства, передающего тяговое усилие	– низкое расположение центра тяжести локомотива; – сложность вписывания локомотива в кривую; – большая неподрессоренная масса; – ограничение габаритов тягового двигателя размерами рамы тележки
Опорно-рамное	– неограниченность размеров тягового двигателя; – больший диапазон перемещения колесной пары относительно электродвигателя; – двукратное уменьшение неподрессоренной массы – меньшее воздействие на путь; – обеспечение плавного трогания с места	– большое расстояние между двигателем и колесной парой; – влияние передаточных чисел на увеличении мощности электродвигателей и мощности дизеля; – наличие сложного узла передачи вращающего момента (полый вал якоря двигателя, карданный вал и шарнирные муфты)

В настоящее время на магистральных грузовых и маневровых локомотивах Юго-Восточной железной дороги преимущественно используется опорно-осевое подвешивание тяговых электродвигателей с моторно-осевыми подшипниками скольжения. Перспективным направлением усовершенствования колесно-моторного блока является применение опорно-осевого подшипника качения в качестве звена, связующего тяговый электродвигатель и ось колёсной пары.

В исследованиях рассматривается применение моторно-осевых подшипников качения, которые снижают сопротивление движению, что приводит к повышению коэффициента полезного действия и увеличению мощности на тягу. Применение моторно-осевых подшипников качения – приоритетное направление развития современного локомотивостроения, что применимо для вновь строящихся локомотивов, а также для модернизируемых тяговых единиц парка ОАО «РЖД». Сокращение частоты техобслуживания моторно-осевых подшипников существенно снижает эксплуатационные затраты на ремонт колесно-моторного блока подвижного состава. Появляется ряд весомых преимуществ, которые облегчают деятельность локомотивных депо, а именно: ликвидация целиком моечного и заливочного отделений, а также отделения по расточке вкладышей. Ещё одним немаловажным достоинством является положительный экологический эффект – снижение грязевых отходов в ремонтных ямах локомотивных депо и на рельсовом пути, ведь на данный момент более половины всего объёма смазки проникает за пределы подшипниковых узлов и становится загрязнителем.

В результате опытной эксплуатации разработанных конструкторами Брянского машиностроительного завода моторно-осевых подшипников качения была подтверждена целесообразность их применения на маневровом локомотиве ТЭМ18ДМ. За 14 месяцев был проведен мониторинг технического состояния моторно-осевых подшипников тепловоза ТЭМ18ДМ №581. На протяжении испытания нареканий по эксплуатационным качествам подшипников не возникло. Расчетное значение по расходу топлива на каждые 100 локомотиво-километров и по часовому расходу топлива тепловоза с моторно-осевыми подшипниками качения ниже, чем у того же значения контрольной группы локомотивов на 6,6 % и 5,6% соответственно.

Таким образом опорно-рамное подвешивание применяется на пассажирских тепловозах и некоторых сериях электровозов с целью уменьшения неподрессоренной массы

локомотива и минимизации ударного воздействия в механической системе «колёсно-моторный блок – путь». Конструктивной особенностью данного типа подвешивания является то, что вес тягового электродвигателя полностью распределяется на раме тележки, благодаря чему неподрессоренная масса уменьшается практически в два раза. В данном типе подвешивания использована сложная система передачи вращающего момента, реализованная с помощью полого или карданного вала.

Одним из приоритетных направлений является применение моторно-осевых подшипников качения.

Библиографический список

1. Арефьев, Е. М. Влияние условий эксплуатации шахтных монорельсовых локомотивов на долговечность полимерных ободьев приводных колес / Е. М. Арефьев, К. А. Рябко // Горные науки и технологии. – 2023. – Т. 8, № 1. – С. 59-67. – DOI 10.17073/2500-0632-2022-11-34. – EDN XBVYLS.
2. Гутаревич, В. О. Исследование условий работы аккумуляторных батарей локомотивов / В. О. Гутаревич, К. А. Рябко, В. А. Захаров // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2020. – № 56. – С. 95-102. – EDN MYHGMT.
3. Рябко, К. А. Исследование теплового состояния аккумуляторных батарей шахтных локомотивов в процессе зарядки / К. А. Рябко // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 1. – С. 343-353. – EDN GOYXMA.
4. Рябко, К. А. Оценка надежностных характеристик электрооборудования электровозов ВЛ80С / К. А. Рябко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 216-221. – EDN SGWDSZ.
5. Рябко, К. А. Оценка прочностных характеристик аккумуляторных батарей шахтных электровозов / К. А. Рябко, Е. М. Арефьев // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2023. – № 2(18). – С. 31-43. – DOI 10.46573/2658-5030-2023-2-31-43. – EDN TROAVV.
6. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
7. Смирнов, В. А. Внедрение оперативной экспресс-диагностики топливной аппаратуры в депо / В. А. Смирнов // Организация производства, экономика и менеджмент : Труды VI студенческой научно-практической конференции, Воронеж, 10 июня 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 68-71. – EDN QSIYRH.
8. Стоянова, Н. В. Основные функции и задачи дирекции по ремонту тягового подвижного состава / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 286-290. – EDN EXQUOL.
9. Стоянова, Н. В. Проведение приемосдаточных испытаний тягового электродвигателя тягового подвижного состава после ремонта / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 189-192. – EDN QTJEKI.
10. Стоянова, Н. В. Развитие скоростного подвижного состава в современных условиях / Н. В. Стоянова, Е. Г. Спиридонов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-

практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 290-292. – EDN RREVCK.
11. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.

УДК 629.42

НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЛОКОМОТИВОВ

Минаков Р.В.
РГУПС, филиал ГРУПС в г. Воронеж

Для того чтобы поддерживать надежность и работоспособность на определенном уровне, необходимо регулярно проверять состояние локомотив своевременно выявлять и устранять неисправности, предупреждать появления отказов в процессе эксплуатации. Для выполнения этого комплекса мероприятий создана и действует ТОиР.

Ключевые слова: подвижной состав, локомотивный парк, техническое обслуживание, ремонт, капитальный ремонт, текущий ремонт.

Для управления техническим состоянием локомотивного парка установлены характеристики эксплуатационной надёжности, нормативы на их состояния и организована планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта (ТОиР). Основой стратегии управления техническим состоянием локомотивного парка на сети дорог является планово-предупредительная система ТО и ТР. Система технического обслуживания и ремонта (ТОиР) обеспечивает поддержание в технически исправном состоянии и восстановление работоспособности локомотивного парка.

Для того чтобы поддерживать надежность и работоспособность на определенном уровне, необходимо регулярно проверять состояние локомотив своевременно выявлять и устранять неисправности, предупреждать появления отказов в процессе эксплуатации, восстанавливать размеры, параметры и свойства деталей, узлов и агрегатов или заменять их новыми, регулировать и настраивать агрегаты и их параметры. Для выполнения этого комплекса мероприятий создана и действует ТОиР.

Техническое обслуживание предназначено для снижения интенсивное – изнашивания деталей и узлов, своевременного выявления неисправности и предупреждения отказов путем диагностики без разборки, а также для поддержания локомотивов в работоспособном состоянии в соответствии с требованиями ПТЭ в течение межремонтных плановых пробегов. Очевидно, техническое обслуживание является профилактическим плановым мероприятием, регламентированным правилами и нормативами ОАО «РЖД».

Техническое обслуживание производится в процессе эксплуатации локомотивов бригадами слесарей пунктов технического обслуживания (ПТО) и локомотивными бригадами.

Текущий ремонт предназначен для устранения неисправностей и восстановления работоспособности, обеспечения безотказности и эксплуатационной надежности путем разборки, восстановления размеров и свойств или замены негодных деталей, узлов и агрегатов локомотива.

Ремонт локомотивов производится в депо и на заводах. Средний и капитальный ремонт локомотивов, выполняемый на заводах, называют заводским ремонтом, текущий ремонт, выполняемый в депо, называют деповским. Депо может производить ремонт не только приписанных к нему локомотивов, но и локомотивов других депо. Ремонтное депо обслуживают не приписанный к ним локомотивный парк ряда депо своей железной

дороги. Имеются также дорожные ремонтные мастерские, производящие ремонт отдельных узлов или агрегатов, например - тяговых двигателей или колесных пар. В порядке кооперации ремонтные работы могут выполняться совместно двумя депо.Заводской ремонт в объёме КР и ТР-3 планирует главное управление локомотивного хозяйства по заявкам железных дорог.

Планирование текущего ремонта ТР-1 и ТР-2 и технического обслуживания локомотивов производят Управления железных дорог для своих отделений, а для депо – отделения дорог. Условия и нормативы на глубину восстановления, на размеры, параметры и свойства ремонтируемых деталей, узлов и агрегатов при различных видах ремонта устанавливаются «Правилами ремонта», утверждаемыми ОАО «РЖД», имеющих силу отраслевого стандарта. ОАО «РЖД» установлены следующие виды планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта локомотивов и мотор-вагонного подвижного состава:

- технического обслуживания – ТО-1, ТО-2, ТО-3;
- текущего ремонта – ТР-1, ТР-2, ТР-3;
- заводского ремонта – СР, КР.

Под процессом эксплуатации следует понимать не только использование локомотивов для тяги поездов, но и поддержание их в исправном состоянии. Именно поэтому в числе основных мероприятий, направленных на дальнейшее совершенствование технологии перевозочного процесса, повышение эффективности и качества работы, железных дорог, предусмотрены меры коренного улучшения технического обслуживания и ремонта локомотивов – основы их эксплуатационной надежности и работоспособности. Чтобы обеспечить надежную и эффективную работу локомотивов, необходимо управлять их техническим состоянием. В этом состоит одна из основных задач локомотивного хозяйства.

Литература

1. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.
2. Стоянова, Н. В. Неразрушающий контроль и сертификация/ *Стоянова Н.В.,* Бомбардиров А.П.*, и др.*// Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта М. 2009 С.60-63.
3. Стоянова, Н. В. Основные функции и задачи дирекции по ремонту тягового подвижного состава / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 286-290. – EDN EXQUOL.
4. Стоянова, Н. В. Развитие скоростного подвижного состава в современных условиях / Н. В. Стоянова, Е. Г. Спиридонов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 290-292. – EDN RREVCK.
5. Стоянова, Н. В. Проведение приемосдаточных испытаний тягового электродвигателя тягового подвижного состава после ремонта / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 189-192. – EDN QTJEKI.
6. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского

государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
7. Рябко, К. А. Исследование теплового состояния аккумуляторных батарей шахтных локомотивов в процессе зарядки / К. А. Рябко // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 1. – С. 343-353. – EDN GOYXMA.
8. Рябко, К. А. Оценка надежностных характеристик электрооборудования электровозов ВЛ80С / К. А. Рябко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 216-221. – EDN SGWDSZ.
9. Рябко, К. А. Исследование процесса заряда аккумуляторных батарей шахтных подвесных монорельсовых локомотивов / К. А. Рябко // Горная механика и машиностроение. – 2022. – № 2. – С. 30-36. – EDN LFUDNM.
10. Рябко, К. А. Определение основных параметров работы токоприемника АТЛ15-ТЭК130-У1 / К. А. Рябко // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2023. – № 4-6. – С. 16-20. – EDN AVGKXG.

УДК 141

ТРАНСЕРФИНГ РЕАЛЬНОСТИ В. ЗЕЛАНДА

Миненкова М.М.
РГУПС, Филиал РГУПС в г. Воронеж

В статье рассматривается концепция В. Зеланда трансерфинг реальности как многослойной структуры, где каждый слой имеет свои сценарии. Человек, исходя из своего опыта и способностей, влияет на свою жизнь путем изменения своих мыслей и эмоций, отношения к реальности.

Ключевые слова: Вадим Зеланд, трансерфинг реальности, человек, единство разума и эмоций, способности.

Философия занимает особое место в нашем понимании мира и роли человека в нем. Одной из наиболее интересных и провокационных философских теорий нового поколения является концепция трансерфинга реальности, разработанная российским автором Вадимом Зеландом. Эта теория вызывает разнообразные обсуждения и споры среди исследователей и интересующихся философией, ведь она предлагает нестандартный взгляд на законы мироздания, внутренние состояния человека и его способности к трансформации своей реальности.

Трансерфинг реальности — это система взглядов, изложенная Вадимом Зеландом, в которой акцент делается на способности человека влиять на свою жизнь и окружение путем изменения своих мыслей и эмоций. Основой этой концепции является представление о реальности как о многослойной структуре, где каждый слой (или "альтернативная реальность") соответствует различным жизненным сценариям. Трансерфинг предполагает, что существует множество вариантов развития событий, и мы способны выбирать тот, который наиболее соответствует нашим желаниям.

Важно отметить, что трансерфинг основывается на нескольких ключевых терминах. Среди них: "информационное поле", "слайды", "намерение", "колесо жизни". Каждое из этих понятий играет важную роль в создании целостной картины трансерфинга:

- Информационное поле: По Зеланду, это некая сеть взаимосвязанных информации и энергии, которая включает в себя все возможные варианты развития событий. Человек может извлекать из этого поля нужные ему "слайды" или сценарии.

- Слайды: Представления о будущем, которые формируются в сознании человека. Каждый слайд закодирован определённым эмоциональным состоянием и намерением человека. Правильно подобранный слайд — это прямая дорога к желаемым изменениям.

- Намерение: Это не просто желание, а глубоко осознанная установка, которая движет человека к действию. Намерение должно быть сильным и утвржденным, чтобы активировать нужные процессы в информационном поле.

- Колесо жизни: Представляет собой своего рода "дисплей" текущего состояния жизни человека. С его помощью можно оценить, как разные области жизни (работа, здоровье, личные отношения) взаимодействуют между собой.

Вадим Зеланд, автор нескольких книг по трансерфингу, начал свою деятельность в начале 2000-х годов, когда опубликовал первую книгу по этой теме — "Трансерфинг реальности. Уровень I". В ней он собрал идеи из различных философских, психологических и эзотерических учений, создав уникальную концепцию, которая быстро завоевала популярность. Книги Зеланда переводятся на множество языков и имеют огромный успех как в России, так и за рубежом. Трансерфинг стал неотъемлемой частью новой философской парадигмы, которая подразумевает активное взаимодействие человека с реальностью.

Трансерфинг привнес свежие идеи в дискуссии о саморазвитии и самосознании. Он стимулировал людей искать альтернативные способы взаимодействия с миром, основанные на внутреннем состоянии и понимании своих желаний. Его философские идеи о том, что человек не является жертвой обстоятельств, а является активным участником в создании своей реальности, открывают новые горизонты для личностного роста.

На протяжении последних двух десятилетий идеи Зеланда эволюционировали и адаптировались к меняющемуся обществу, продолжая получать все большую популярность. Созданные им практические техники на основе трансерфинга были адаптированы к различным областям жизни, включая бизнес, здоровье и психотерапию. В некоторых сообществах философия трансерфинга была объединена с другими методами, такими как коучинг и нейролингвистическое программирование (НЛП), что создало новые подходы к личностному развитию.

Одним из центральных аспектов трансерфинга является метафора "ковки реальности", где реальность представлена как нечто гибкое, поддающееся манипуляциям. Зеланд утверждает, что каждый человек является кузнецом своей судьбы, и его внутренние установки и состояния определяют то, какой именно "слой" реальности он воспринимает.

Трансерфинг акцентирует внимание на единстве разума и эмоций. Вадим Зеланд утверждает, что успех в "ковке реальности" зависит не только от рациональных действий, но и от состояния души. Эмоции считаются мощным инструментом, способным менять жизненные сценарии. Правильная настройка эмоционального фона может существенно повысить шансы на достижение желаемого.

Зеланд подчеркивает важность осознанности и формирования намерения. Для успешного трансерфинга необходимо четко понимать, чего человек хочет, и активно направлять свои мысли и эмоции в нужное русло. Это требует от человека не только желания, но и дисциплины, поскольку жизненные обстоятельства могут вводить в заблуждение и сбивать с курса.

Трансерфинг рассматривает окружение как важный фактор, который влияет на восприятие реальности и внутреннее состояние человека. Элитарные группы, общественное мнение и социальные стереотипы могут оказывать значительное влияние на выборы, которые мы делаем. Поэтому, чтобы эффективно трансерфинговать, Зеланд рекомендует помнить об окружении и негласных правилах, которые диктует общество.

Основой трансерфинга являются практические методы, которые можно сразу применять в повседневной жизни. Например, техника визуализации и ведение дневника желаний могут помочь в формировании нужных внутренних установок. Зеланд предлагает начать с простых шагов, постепенно углубляя практику и создавая устойчивые изменения в жизни.

Несмотря на свою популярность, трансерфинг сталкивается с определенными проблемами и вызовами:

1. Критика научного сообщества: Научная база трансерфинга часто подвергается критике за отсутствие строгой эмпирической обоснованности. Это делает трудным серьезное восприятие концепции в академических кругах. Однако важно отметить, что многие современные концепции личностного роста также не имеют непосредственного научного подтверждения, но находят свою аудиторию благодаря практическим результатам.

2. Проблемы практического применения: Многие люди, обращающиеся к методам трансерфинга, могут столкнуться с трудностями в их практическом применении. Стратегии, описанные в учении, требуют от человека глубокого понимания своих желаний и уверенности в своих силах. Нередко неопытные последователи сталкиваются с разочарованием из-за недостаточной последовательности в своих действиях.

3. Этические аспекты: Трансерфинг может быть воспринят как попытка манипулирования реальностью и окружающими, что поднимает вопросы этики и ответственности. Легко забыть об ответственности перед другими людьми, если сосредоточится только на своем желании. Важно понимать, что успешный трансерфинг не должен идти вразрез с интересами тех, кто нас окружает.

Трансерфинг реальности имеет потенциал для дальнейшего развития. Возможные направления включают:

- Интеграция с психологией и нейробиологией: Научные исследования, направленные на изучение влияния сознания на поведение и восприятие реальности, могут обогатить философию Зеланда и сделать её более приемлемой для академического сообщества. Исследования на стыке философии и науки могли бы продемонстрировать полезные эффекты, которые может оказать трансерфинг на личностное развитие.

- Создание образовательных программ: Введение курсов и семинаров по трансерфингу в рамках образовательных учреждений может способствовать распространению идей и развитию практических навыков. Совместное обучение и обмен опытом в интердисциплинарных группах могут повысить качество практик и сделать их более доступными.

- Разработка мобильных приложений: Современные технологии открывают новые горизонты для практики трансерфинга. Мобильные приложения, курса по трансерфингу, видеокурсы и онлайн-сообщества могут помочь людям изучать и применять эти идеи в их жизни.

- Социальные экосистемы: Формирование сообществ практикующих трансерфинг людей может создать поддержку на уровне общества. Это поможет людям не только понимать концепцию, но и вовлекаться в её практическое применение, обмениваясь опытом и успехами.

Трансерфинг реальности Вадима Зеланда вызывает множество положительных и отрицательных эмоций. С одной стороны, философия предлагает вдохновляющий и незаслуженно простой подход к преодолению жизненных трудностей. Она заставляет задаться вопросом о том, насколько сильно мы можем влиять на свою жизнь. С другой стороны, научная неясность и возможность злоупотребления учением вызывают сомнения в его универсальности.

На наш взгляд, трансерфинг - это ценный инструмент, который может служить источником вдохновения. Однако важно подходить к его применению с критическим мышлением и осознанием личной ответственности за свои действия и их последствия. Как и любая другая философская концепция, трансерфинг реальности требует разумного согласования с другими подходами к пониманию жизни и человека. Важно интегрировать эти идеи с эмпирически обоснованными методами, чтобы обеспечить лучший путь к саморазвитию и личностному росту.

Таким образом, трансерфинг реальности открывает перед человеком новые горизонты, позволяя ему осознать возможности своего внутреннего мира и влияния на свою

судьбу. Однако важно помнить и об ответственности за тот выбор, который мы делаем на протяжении своего пути. Философия Зеланда заставляет задуматься над тем, что перемены начинаются с нас самих, и что мы способны не только мечтать, но и действовать, создавая свою реальность в соответствии с нашими желаниями и намерениями.

Библиографический список

1. Зеланд В. Трансерфинг реальности. Ступень I-V. – Весь СПб., 2019.- 864 с.

УДК 629.421

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ МОТОРНО-ОСЕВЫХ ПОДШИПНИКОВ ЛОКОМОТИВОВ

Митерина А.С.
РГУПС, филиал РГУПС в г. Воронеж

В статье представлен обзор современных исследований, посвященных проблеме снижения негативного воздействия железнодорожного транспорта на окружающую среду. Рассмотрена роль моторно-осевых подшипников скольжения как источника значительных объемов нефтесодержащих отходов. Проанализированы работы, в которых исследуются методы утилизации и регенерации отработанных смазочных материалов. Особое внимание уделено анализу экономической эффективности внедрения подшипников качения, обобщены данные о сокращении эксплуатационных расходов за счет уменьшения трудоемкости обслуживания и увеличения межремонтных пробегов. Сделан вывод о комплексном (эколого-экономическом) эффекте от модернизации колесно-моторных блоков.

Ключевые слова: локомотив, моторно-осевой подшипник, экология, нефтесодержащие отходы, отработанные масла, утилизация, экономическая эффективность, обзор

This article presents a review of current research on reducing the negative environmental impact of rail transport. It examines the role of hub motor bearings as a source of significant volumes of oil-containing waste. Studies examining methods for recycling and regenerating used lubricants are analyzed. Particular attention is paid to analyzing the economic efficiency of rolling bearing implementation, and data on reduced operating costs due to reduced maintenance labor intensity and increased service life are summarized. A conclusion is drawn about the comprehensive (environmental and economic) effect of upgrading hub motor units.

Keywords: locomotive, hub motor bearing, ecology, oil-containing waste, used oils, recycling, economic efficiency, review

Функционирование железнодорожного транспорта неразрывно связано с потреблением природных ресурсов и образованием значительного количества производственных отходов. Одним из наиболее проблемных видов отходов являются отработанные нефтепродукты, в частности, смазочные материалы. Традиционные узлы трения локомотивов, в первую очередь моторно-осевые подшипники скольжения, являются источником хронических утечек масла и требуют регулярной замены больших объемов смазки. Это создает как серьезную экологическую нагрузку, так и ощутимые экономические издержки для эксплуатационных предприятий. Современные тенденции развития локомотивного парка, подробно рассмотренные в работах [1–6], демонстрируют смещение акцентов в сторону повышения экологичности и экономической эффективности тягового подвижного состава. Исследования, посвященные условиям эксплуатации аккумуляторных батарей [2, 3, 5], переходным процессам в новом типе привода [6], а также надежности электрооборудования [4] и долговечности полимерных элементов ходовой части [1], формируют комплексное представление о ресурсосбережении. В этом контексте модернизация моторно-осевых подшипников (МОП) локомотивов приобретает особое

значение: снижение потерь на трение в этом узле напрямую коррелирует с уменьшением расхода электроэнергии, а повышение его надежности и ресурса, аналогично подходам, применяемым к новым типам батарей [5] и ободьев [1], сокращает объемы отходов ремонта и потребление смазочных материалов.

Цель данного обзора – проанализировать и обобщить результаты исследований, посвященных эколого-экономическим аспектам перехода на более совершенные конструкции подшипниковых узлов.

Выполним анализ влияния эксплуатации МОП скольжения на окружающую среду. Проблема загрязнения окружающей среды нефтепродуктами на железнодорожном транспорте подробно освещена в работах Л.В. Маколовой. Автор подчеркивает, что отходы, содержащие масла и смазки, относятся к категории токсичных и представляют опасность для почв, поверхностных и грунтовых вод. Попадая в окружающую среду, они нарушают естественные биогеохимические процессы, снижают плодородие почв и ухудшают качество воды.

Ю.В. Зеленько в своих исследованиях акцентирует внимание на специфике загрязнения от моторно-осевых подшипников. В отличие от аварийных разливов топлива, утечки осевого масла носят хронический, «капельный» характер, что затрудняет их локализацию и ликвидацию. Смазочные материалы, попадая на верхнее строение пути и в грунт, пропитывают балласт и шпалы, что снижает их долговечность и требует дополнительных затрат на очистку и замену.

Вопросы утилизации и переработки отработанных смазочных материалов (ОСМ) рассмотрены в работах А.С. Самофаловой. Автор отмечает, что сжигание ОСМ, часто практикуемое как простой способ избавления от отходов, приводит к выбросам в атмосферу тяжелых металлов и других токсичных соединений, содержащихся в присадках. Более экологичным и экономически оправданным подходом является регенерация масел. Однако, как показывает практика, доля регенерированных масел на железнодорожном транспорте пока невелика из-за технологических сложностей и недостаточной развитости инфраструктуры сбора и переработки.

Выполним оценку экономических исследований эффективности применения подшипников качения. Переход на моторно-осевые подшипники качения позволяет кардинально решить проблему утечек масла, так как в таких узлах используется консистентная смазка, закладываемая на весь срок службы или длительный межремонтный пробег. Экономический эффект от такого решения складывается из нескольких факторов, подробно проанализированных в экономической литературе.

В работах Л.Ф. Хасина и В.Н. Матвеева, посвященных экономике локомотивного хозяйства, подчеркивается, что основным источником экономии является снижение эксплуатационных расходов. Это достигается за счет исключения из технологических процессов трудоемких операций по контролю уровня масла, его доливке и сезонной замене. Сокращается потребность в закупке большого количества смазки, а также затраты на сбор, хранение и утилизацию отработанных масел.

Кроме того, как показывают исследования в области надежности, применение подшипников качения значительно увеличивает межремонтные пробеги КМБ. Это снижает количество неплановых ремонтов и простоев локомотивов, что является критически важным для обеспечения бесперебойности перевозочного процесса. Опыт Брянского машиностроительного завода, описанный в открытых источниках, подтверждает, что тепловозы с МОП качения демонстрируют не только лучшую экономию топлива, но и меньшие затраты на техническое обслуживание на протяжении всего жизненного цикла.

Методологические подходы к оценке эффективности инвестиций в обновление подвижного состава, изложенные в рекомендациях ОАО «РЖД», позволяют комплексно оценить все перечисленные факторы. В значительном количестве работ [7-11] подчеркивается, что при расчете срока окупаемости подобных проектов необходимо

учитывать не только прямую экономию, но и предотвращенный экологический ущерб, который также имеет экономическое выражение.

Заключение. Анализ научных публикаций показывает, что проблема негативного воздействия моторно-осевых подшипников скольжения имеет ярко выраженные экологическую и экономическую составляющие. Загрязнение окружающей среды нефтепродуктами и высокие эксплуатационные расходы стимулируют поиск альтернативных решений. Исследования и практический опыт однозначно свидетельствуют в пользу подшипников качения. Их внедрение позволяет не только повысить надежность локомотивов и снизить затраты на их обслуживание, но и практически полностью исключить поступление осевой смазки в окружающую среду, что соответствует принципам устойчивого развития и «зеленой» экономики на транспорте.

Библиографический список

1. Арефьев, Е. М. Влияние условий эксплуатации шахтных монорельсовых локомотивов на долговечность полимерных ободьев приводных колес / Е. М. Арефьев, К. А. Рябко // Горные науки и технологии. – 2023. – Т. 8, № 1. – С. 59-67. – DOI 10.17073/2500-0632-2022-11-34. – EDN XBVYLS.
2. Гутаревич, В. О. Исследование условий работы аккумуляторных батарей локомотивов / В. О. Гутаревич, К. А. Рябко, В. А. Захаров // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2020. – № 56. – С. 95-102. – EDN MYHGMT.
3. Рябко, К. А. Исследование теплового состояния аккумуляторных батарей шахтных локомотивов в процессе зарядки / К. А. Рябко // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 1. – С. 343-353. – EDN GOYXMA.
4. Рябко, К. А. Оценка надежностных характеристик электрооборудования электровозов ВЛ80С / К. А. Рябко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 216-221. – EDN SGWDSZ.
5. Рябко, К. А. Оценка прочностных характеристик аккумуляторных батарей шахтных электровозов / К. А. Рябко, Е. М. Арефьев // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2023. – № 2(18). – С. 31-43. – DOI 10.46573/2658-5030-2023-2-31-43. – EDN TROAVV.
6. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
7. Смирнов, В. А. Внедрение оперативной экспресс-диагностики топливной аппаратуры в депо / В. А. Смирнов // Организация производства, экономика и менеджмент : Труды VI студенческой научно-практической конференции, Воронеж, 10 июня 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 68-71. – EDN QSIYRH.
8. Стоянова, Н. В. Основные функции и задачи дирекции по ремонту тягового подвижного состава / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 286-290. – EDN EXQUOL.
9. Стоянова, Н. В. Проведение приемосдаточных испытаний тягового электродвигателя тягового подвижного состава после ремонта / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 189-192. – EDN QTJEKI.

10. Стоянова, Н. В. Развитие скоростного подвижного состава в современных условиях / Н. В. Стоянова, Е. Г. Спиридонов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 290-292. – EDN RREVCK.
11. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.

УДК 629.424.1

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИБРИДНЫХ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК МАНЕВРОВЫХ ТЕПЛОВОЗОВ ТЭМ-241 И ТЭМ9Н

Михина К.С.
РГУПС, филиал в г. Воронеж

В статье проводится сравнительный анализ технических решений, реализованных в гибридных маневровых тепловозах российского производства ТЭМ-241 и ТЭМ9Н «SinaraHybrid». На основе открытых технических данных и с привлечением результатов современных исследований в области эксплуатации тягового подвижного состава выявлены основные различия в архитектуре гибридных силовых установок. Предложен математический аппарат для оценки эффективности буферного накопления энергии при маневровой работе.

Ключевые слова: гибридный тепловоз, тяговая аккумуляторная батарея, накопитель энергии, маневровая работа, энергоэффективность, электрическая передача.

This article provides a comparative analysis of the technical solutions implemented in the Russian-made TEM-241 and TEM9H "SinaraHybrid" hybrid shunting locomotives. Based on open technical data and modern research in traction rolling stock operation, the main differences in the architecture of the hybrid powertrains are identified. A mathematical framework for assessing the efficiency of energy storage buffers during shunting operations is proposed.

Keywords: hybrid locomotive, traction battery, energy storage, shunting, energy efficiency, electric transmission.

Современные тенденции развития железнодорожного транспорта диктуют необходимость повышения энергоэффективности и экологичности тягового подвижного состава [4; 10]. Для маневровых тепловозов, значительная часть времени работы которых приходится на холостой ход и режимы частых пусков-остановов, наиболее перспективным направлением является внедрение гибридных силовых установок [11]. Использование накопителей энергии позволяет рекуперировать энергию торможения, снизить расход дизельного топлива и уменьшить углеродный след, что особенно актуально для работы в черте города и закрытых помещениях [1; 3].

В России сформировались два основных инженерных подхода к созданию гибридной тяги: первый реализован на малом тепловозе ТЭМ-241 (и его прототипе ЛГМ1) производства НПП «Полёт», второй – в более мощном ТЭМ9Н (SinaraHybrid) от группы «Синара» [2; 7]. Целью данной работы является проведение сравнительного анализа архитектурных решений этих локомотивов, выявление их сильных сторон и ограничений, а также разработка методики оценки эффективности использования тяговых аккумуляторных батарей.

Рассмотрим архитектурные особенности гибридных силовых установок. Анализ конструкции ТЭМ-241 и ТЭМ9Н позволяет говорить о принципиально разных философиях проектирования гибридного привода.

ТЭМ-241 (ранее ЛГМ1) представляет собой локомотив малой мощности (дизель 200–400 кВт, дизель-генератор всего 60 кВт), ориентированный на облегченные маневровые работы с составами до 1000–2000 тонн [1]. Его гибридная установка построена по последовательной схеме, где дизель-генератор выполняет роль вспомогательного зарядного устройства для тяговой аккумуляторной батареи. Основная работа (движение, трогание) производится за счет энергии АКБ. Такой подход, называемый «range extender» (увеличитель запаса хода), позволяет эксплуатировать локомотив в закрытых помещениях с нулевым выбросом, отключая дизель [3; 5]. Модульная конструкция ТЭМ-241 (экипажная часть, капоты с оборудованием, кабина) упрощает ремонт и замену блоков, что коррелирует с задачами современных ремонтных служб, направленными на унификацию и сокращение простоев [8; 9].

ТЭМ9Н «SinaraHybrid» представляет собой более тяжелый класс (мощность 1200 л.с.). Это гибридный тепловоз с параллельной (либо последовательно-параллельной) схемой, где дизель и накопитель могут работать совместно на тягу [2]. В отличие от ТЭМ-241, ТЭМ9Н использует комбинацию мощной дизель-генераторной установки (660 кВт), литий-ионных аккумуляторов и суперконденсаторов (220 кВт) [7]. Наличие суперконденсаторов принципиально меняет динамику: они принимают на себя пиковые нагрузки при трогании и рекуперации, разгружая основную батарею от высоких токов, что положительно сказывается на ее долговечности [2; 6]. Научно-техническая новизна подхода ТЭМ9Н на момент создания заключалась в интеллектуальном управлении потоками энергии с использованием спутниковой навигации для анализа профиля пути [2; 4].

Математическая интерпретация эффективности применения накопителей в цикле маневровой работы. Для оценки эффективности гибридных схем предлагается использовать упрощенную математическую методику, описывающую энергозатраты при маневровом передвижении. Основным отличием гибридного локомотива является возможность использования энергии рекуперации и работа дизеля в зоне оптимальной нагрузки.

Допустим, что маневровый цикл состоит из разгона состава массой m до скорости V, движения с постоянной скоростью и торможения [6]. Тогда энергия, необходимая для разгона, определяется классическим уравнением:

$$E_{разг} = \frac{m \cdot V^2}{2} + A_{сопр},$$

где $A_{сопр}$ – работа сил сопротивления движению поезда.

В традиционном тепловозе дизель покрывает эти затраты с низким КПД на переходных режимах. В гибридном локомотиве типа ТЭМ9Н пиковую мощность на разгоне обеспечивают суперконденсаторы, что позволяет дизель-генератору работать в более стационарном и экономичном режиме [2; 7].

Введем коэффициент эффективности гибридизации $K_{эфф}$, как отношение сэкономленной энергии к энергии, затраченной на движение из накопителей:

$$K_{эфф} = \frac{E_{нак}}{E_{диз}} \cdot \eta_{рек},$$

где $E_{нак}$ – энергия, отданная накопителем на тягу;

$E_{диз}$ – энергия, выработанная дизелем для заряда накопителя;

$\eta_{рек}$ – КПД цикла «заряд-разряд» с учетом рекуперации.

Для ТЭМ-241, где дизель играет второстепенную роль, $K_{эфф}$ будет выше в режимах коротких пробегов, но ограничен емкостью АКБ [1; 5]. Для ТЭМ9Н, благодаря наличию

суперконденсаторов, $\eta_{рек}$ может достигать 85-90% при рекуперации, что делает его более эффективным на тяжелых маневрах с частыми остановками [2; 6].

Выполним анализ условий работы тягового электропривода рассматриваемых тепловозов. Эффективность гибридных локомотивов напрямую зависит от надежности и срока службы тяговых аккумуляторных батарей [5]. Исследования, проведенные в работах [2; 3; 5], указывают на высокую чувствительность литий-ионных батарей к тепловым и механическим воздействиям.

В конструкции ТЭМ-241, использующего АКБ как основной источник энергии, токи разряда могут достигать значений, соответствующих 4-5 С-номинала (особенно при трогании тяжелых составов) [1]. Это приводит к интенсивному тепловыделению внутри ячеек. Отсутствие суперконденсаторов в ранних версиях ЛГМ1, вероятно, создавало риски перегрева контактных соединений и ускоренного старения электролита, что подтверждается исследованиями [3; 5]. Регулярный контроль плотности электролита, применяемый для кислотных батарей, здесь неприменим, что требует внедрения сложных систем мониторинга состояния (BMS) [2; 6].

На тепловозе ТЭМ9Н применение суперконденсаторов значительно снижает нагрузку на основную АКБ [2]. Суперконденсаторы принимают на себя пиковые токи при трогании и, что важнее, при рекуперативном торможении, которые могут достигать значительных величин за короткий промежуток времени [6; 7]. Это позволяет литий-ионной батарее работать в более щадящем режиме, что увеличивает количество циклов заряд-разряда и общий срок службы [3]. Однако, как отмечено в работах по диагностике [4; 7], даже такая схема требует постоянного контроля переходных процессов в приводе.

Научная новизна проведенного анализа заключается в выявлении тренда к дифференциации гибридных технологий под конкретные эксплуатационные задачи. ТЭМ-241 занимает нишу сверхэкономичных маневровых и хозяйственных локомотивов для предприятий, где важна экологичность и низкий расход топлива при неинтенсивной работе [1; 8]. ТЭМ9Н позиционируется как универсальный локомотив, способный заменить традиционные ТЭМ2 и ТЭМ18 на большинстве станций, благодаря тому, что его силовая установка с суперконденсаторами обеспечивает высокую реализуемую силу тяги при трогании тяжелых составов с места [2; 10].

Однако оба подхода унаследовали проблемы, характерные для новой техники: необходимость совершенствования системы технического обслуживания [9; 11]. Как показано в работах [4; 7], внедрение новых узлов (тяговых инверторов, сложной микропроцессорной техники) требует разработки новых методов экспресс-диагностики, аналогичных тем, что предлагаются для топливной аппаратуры классических дизелей [7].

Заключение. Проведенный сравнительный анализ гибридных тепловозов ТЭМ-241 и ТЭМ9Н позволяет сделать следующие выводы:

- российское локомотивостроение освоило два различных направления гибридизации: «микрогибрид» на базе малого локомотива ТЭМ-241 и «полноценный гибрид» с суперконденсаторами для мощных маневровых тепловозов ТЭМ9Н [1; 2];
- применение суперконденсаторов в схеме ТЭМ9Н является более прогрессивным техническим решением, так как позволяет защитить тяговую аккумуляторную батарею от экстремальных нагрузок, что напрямую влияет на безопасность движения и надежность [2; 6; 11];
- предложенный коэффициент эффективности гибридизации $K_{эфф}$ позволяет количественно оценить целесообразность применения той или иной схемы накопления в зависимости от характера маневровой работы;
- дальнейшее развитие гибридной тяги невозможно без совершенствования систем технического диагностирования, в частности, контроля теплового состояния АКБ и силовой электроники, как в процессе зарядки, так и при переходных процессах в движении [3; 4; 7].

Библиографический список

1. Арефьев, Е. М. Влияние условий эксплуатации шахтных монорельсовых локомотивов на долговечность полимерных ободьев приводных колес / Е. М. Арефьев, К. А. Рябко // Горные науки и технологии. – 2023. – Т. 8, № 1. – С. 59-67. – DOI 10.17073/2500-0632-2022-11-34. – EDN XBVYLS.
2. Гутаревич, В. О. Исследование условий работы аккумуляторных батарей локомотивов / В. О. Гутаревич, К. А. Рябко, В. А. Захаров // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2020. – № 56. – С. 95-102. – EDN MYHGMT.
3. Рябко, К. А. Исследование теплового состояния аккумуляторных батарей шахтных локомотивов в процессе зарядки / К. А. Рябко // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 1. – С. 343-353. – EDN GOYXMA.
4. Рябко, К. А. Оценка надежностных характеристик электрооборудования электровозов ВЛ80С / К. А. Рябко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 216-221. – EDN SGWDSZ.
5. Рябко, К. А. Оценка прочностных характеристик аккумуляторных батарей шахтных электровозов / К. А. Рябко, Е. М. Арефьев // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2023. – № 2(18). – С. 31-43. – DOI 10.46573/2658-5030-2023-2-31-43. – EDN TROAVV.
6. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
7. Смирнов, В. А. Внедрение оперативной экспресс-диагностики топливной аппаратуры в депо / В. А. Смирнов // Организация производства, экономика и менеджмент : Труды VI студенческой научно-практической конференции, Воронеж, 10 июня 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 68-71. – EDN QSIYRH.
8. Стоянова, Н. В. Основные функции и задачи дирекции по ремонту тягового подвижного состава / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 286-290. – EDN EXQUOL.
9. Стоянова, Н. В. Проведение приемосдаточных испытаний тягового электродвигателя тягового подвижного состава после ремонта / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 189-192. – EDN QTJEKI.
10. Стоянова, Н. В. Развитие скоростного подвижного состава в современных условиях / Н. В. Стоянова, Е. Г. Спиридонов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 290-292. – EDN RREVCK.
11. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.

УДК 658.152

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕРЕОБОРУДОВАНИЯ УЧАСТКА СИСТЕМОЙ АВТОБЛОКИРОВКИ С ТОНАЛЬНЫМИ РЕЛЬСОВЫМИ ЦЕПЯМИ

Михина Ю.Ю.
Руководитель: Тимофеев А.И.
РГУПС, Филиал РГУПС в г. Воронеж

Экономическая эффективность является отношение затрат на производства и результат деятельности. Характеризует положительный результат в будущем, вследствие осуществления вложений капитала и затрат ресурсов [15]. Экономические показатели влияют на надёжность устройств ЖАТ[12]. Использования тональных рельсовых цепей позволяет:

- эксплуатационные расходы сократить;
- повысить надежность безопасности движения поездов;
- сократить потери в поездной работе за счёт снижения отказов, и сократить время на их устранения;
- снижение простоев поездов, увеличить межремонтные сроки.

Для расчета экономической эффективности принимаем участок А-Б. Показатели образующие эффект от внедрение тональных рельсовых цепей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Ожидаемые показатели от внедрения тональных РЦ:

Показатели	До внедрение	После внедрение
Количество отказов устройств СЦБ(отк./год)	59	30
Количество отказов устройств СЦБ, приведших к задержкам пассажирских поездов	15	6
Количество отказов устройств СЦБ, приведших к задержкам грузовых поездов	31	11
Время простоя пассажирских поездов, Т	280 мин	175 мин
Время простоя грузовых поездов, Т	379 мин	241 мин
Число задержанных поездов за год	49	26

Таблица 2 – Показатели работы участка

Наименование		Показатели
1		2
Стоимость 1 часа простоя грузового поезда		Сппг=3025,31 руб.
Стоимость 1 часа простоя пассажирского поезда		Сппп=4752,79 руб.
Стоимость остановки поезда без учета времени стоянки, руб.		Соп=1370 руб.
Интенсивность движения поездов в год	грузовых	21
	пассажирских	19

Сокращение времени простоев поездов в течение года определяем по формуле (1) пассажирских и по формуле (2) грузовых:

$$T_{скрП} = T_{довнедрение} - T_{ТРЦ} \quad (1)$$

$$T_{скрГ} = T_{довнедрение} - T_{ТРЦ} \quad (2)$$

По формуле (3) определим общее время простоев

$$Т_{скр} = Т_{скр} + Т_{скрГ} \quad (3)$$

где $Т_{скрП}$, $Т_{скрГ}$ – сокращение простоев пассажирских/грузовых поездов в течении года;

$Т_{довнедрение}$ – сокращение простоев пассажирских/грузовых поездов на участке до внедрения тональных рельсовых цепей

$Т_{ТРЦ}$- время простоя пассажирских/грузовых поездов на участке после внедрения тональных рельсовых цепей:

$Т_{скрП} = 280 \text{ мин} - 175 \text{ мин} = 105 \text{ мин}$

$Т_{скрГ} = 397 \text{ мин} - 241 \text{ мин} = 138 \text{ мин}$

$$Т_{скр} = 150 \text{ мин} + 138 = 243 \text{ мин } (4{,}05)\text{ч}$$

За счет уменьшения времени простоя поездов фактическая экономия равна (4):

$$Э_{по} = Э_{пП} + Э_{пГ} \quad (4)$$

Экономию простоя пассажирского поезда определим по формуле (5)

$$ЭпП = ТскрП \cdot С_{ппп} = 105\text{мин}(1{,}75\text{ч}) \cdot 4752{,}79 = 8317{,}38 \quad (5)$$

Экономию простоя пассажирского поезда определим по формуле (6)

$$ЭпГ = ТскрГ \cdot С_{ппг} \quad (6)$$

$$ЭпГ = 138\text{мин}(2{,}3\text{ч}) \cdot 3025{,}31 = 6958{,}21 \text{ руб}$$

Экономия времени за счет уменьшения остановки поезда (7):

$$Э_{по1} = (N_{пдо} - N_{п\ после}) \cdot С_{оп} = (49 - 26) \cdot 1370 = 31510 \quad (7)$$

где $N_{пдо}$ = 49 число поездов до внедрения ТРЦ;

$N_{п\ после}$= 26 число поездов после внедрения ТРЦ;

$С_{оп}$ = 1370 стоимость остановки поезда без учета времени стоянки;

При внедрении тональных рельсовых цепей эксплуатация станционных и перегонных устройств обеспечивается меньшим количеством обслуживающего персонала, это приводит к сокращению штата.

Мы можем сократить обслуживающий персонал с 36 до 27 человек со средней заработной платой 42819 руб.

Суммарный экономический эффект (8):

$$Э_{ш} = Э_{зг} + Д + \Delta ЕСН \quad (8)$$

где Эзг – экономия за счет заработной платы:

$Э_{зг} = 42819 \cdot 9 \cdot 12 = 4624452 \text{ руб}$

Д – экономия за счет сокращения премий и доплат:

$Д = 42819 \cdot 0{,}18 \cdot 9 \cdot 12 = 832401{,}36 \text{ руб}$

ΔЕСН – экономия за счет сокращения социального обеспечения (30% от Д):

$\Delta ЕСН = 832401{,}36 \cdot 0{,}3 = 249720{,}41 \text{ руб}$

Благодаря этому, экономия фонда заработной платы составит за 12 месяцев (9):

$$Э_{ш} = Э_{зг} + Д + \Delta ЕСН \quad (9)$$

$$Э_ш = 4624452 + 832401,36 + 249720,41 = 5706573,77 \text{ руб}$$

В таблице 3 представлена стоимость требуемых устройств, которые необходимы для внедрения тональных рельсовых цепей.

Таблица 3 – Устройства тональных рельсовых цепей

Наименование устройства	Количество единиц	Стоимость за единицу руб.	Суммарная стоимость, руб.
31Ц – путевой генератор	2	55680	111360
ПП1 – путевой приёмник	10	80550	805500
ФПМ – путевой фильтр	2	2310	4620
Путевое реле АНШ2-310	1	5700	5700
Трансформаторы	3	43240	129720
Выравниватель	1	1240	1240
Конденсаторы	2	2210	4420
Резистры	5	170	850
Реактор	1	7950	7950
Общая суммы затрат на оборудования			1071360
Стоимость работ			1031360
ИТОГО			21027200

Полная стоимость инвестиций для разработки проекта на оборудования тональных рельсовых цепей рассмотрим на участке Н – Т. – 21,0 млн. рублей

Суммарный экономический эффект Э, руб (10):

$$Э = Э_п + Э_{по} + Э_ш - Э_{ам} \qquad (10)$$

где Эам – амортизационные отчисления на оборудование 12,5% (11)

$$Э_{ам} = С_{об} \cdot 0,125 = 21027200 \cdot 0,125 = 2628400 \text{ руб} \qquad (11)$$

где Соб – суммарные затраты капитальных вложений на всем участке

Подставляем данные в формулу (4.10):

$$Э = 15750,62 + 31510 + 5706573,77 - 2628400 = 3124543,39 \text{ руб}$$

Коэффициент абсолютной экономической эффективности находим по формуле(12):

$$E_р = \frac{Э}{К} = \frac{3124543,39}{21027200} = 0,15 \qquad (12)$$

где К – объем капитальных сложений

Э – суммарный экономический эффект

Для железнодорожного транспорта общий (абсолютной) норматив эффективности Еж.д.=0,1, а для хозяйства автоматики Еас=0,15. Капитальные вложения эффективные, так как полученный коэффициент абсолютной выше нормативного.

Срок окупаемости устройств ТРЦ, с учётом проектных данных вычисляем по формуле (13):

$$Т_{ок} = \frac{К}{Э} = \frac{21027200}{3124543,39} = 6,729 \text{ года} \qquad (13)$$

Срок окупаемости разработки проекта ТРЦ на участке А-Б равен 6,729 года, что удовлетворяет требуемым технико-экономическим показателям.

Список литературы

1. Шерстюков, О. С. Современные способы учёта и анализа отказов устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / О. С. Шерстюков, Н. И. Климентов // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2023") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26–28 апреля 2023 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2023. – С. 228-233. – EDN WYKTOJ.
2. Евстигнеев, М. И. Показатели оценки состояния контактной сети / М. И. Евстигнеев, Н. И. Климентов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 46-52. – EDN WYYWPT.
3. Кураков, А. В. Исследование межподстанционной зоны тяговой сети переменного тока на модели в среде Multisim / А. В. Кураков, Н. И. Климентов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 36-39. – EDN RNDLCL.
4. Дегтярев, А. А. Методика проведения испытаний силовых кабелей 0,4-10 кВ / А. А. Дегтярев, Н. И. Климентов, Г. М. Мамедов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 32-36. – EDN LDTCBB.
5. Полянская, М. Н. Моделирование однородной длинной линии в среде Multisim / М. Н. Полянская, А. В. Вотановская, Н. И. Климентов // Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники : Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции, Воронеж, 15–16 мая 2017 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2017. – С. 95-98. – EDN ZVVYAD.
6. Мамедов, Г. М. Электротехника и электроника. Основы электроники : учебное пособие / Г. М. Мамедов ; Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; Московский гос. ун-т путей сообщ.. – Москва : РОАТ, 2011. – 59 с. – ISBN 978-5-7473-0577-9. – EDN QMLYTR.
7. Мамедов, Г. М. К расчету устройств автоматического регулирования с встречно-параллельным корректирующим устройством / Г. М. Мамедов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2021) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 15 ноября 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 88-91. – EDN IOGTCK.
8. Семенчук, Д. Е. Электронное устройство для обнаружения межвиткового замыкания в обмотках электрооборудования / Д. Е. Семенчук, Г. М. Мамедов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 71-74. – EDN LXPORQ.
9. Мамедов, Г. М. Формирование динамики электромеханических систем средствами встречно-параллельной коррекции / Г. М. Мамедов // Транспорт: наука, образование,

производство ("Транспорт-2023") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26–28 апреля 2023 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2023. – С. 108-113. – EDN EVGEWS.
10. Мамедов, Г. М. Формирование динамики электромеханических систем средствами встречно-параллельной коррекции / Г. М. Мамедов // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2023") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26–28 апреля 2023 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2023. – С. 108-113. – EDN EVGEWS.

УДК 658.152

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЕ СТАНЦИИ УСТРОЙСТВАМИ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРСКОГО КОНТРОЛЯ АПК-ДК

Ожгибецов Артем Андреевич
Руководитель: Тимофеев А.И.
РГУПС, Филиал РГУПС в г. Воронеж

Отношением между затратами на производство и результатом деятельности является экономическая эффективность. На «экономические показатели непосредственно влияет надежность устройств ЖАТ, которая зависит от повышения эффективности работы систем технической диагностики и мониторинга». Разработка системы АПК-ДК позволяет:

- оптимизировать нормативную численность штата;
- сократить эксплуатационные расходы;
- увеличить межремонтные сроки, периодичность технического обслуживания устройств СЦБ, тем самым сократив затраты;
- за счет снижения отказов устройств ЖАТ сократить потери в поездной работе;
- повысить надежность безопасности движения поездов.

Для расчета экономической эффективности принимаем участок Н-В. Показатели образующие эффект от использования системы АПК-ДК сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Прогнозируемые показатели эффекта при использовании системы АПК-ДК

Показатели	До внедрения	После внедрения
Количество отказов устройств СЦБ (отк./год)	77	58
Количество отказов устройств СЦБ, приведших к задержкам пассажирских поездов	12	5
Количество отказов устройств СЦБ, приведших к задержкам грузовых поездов	28	16
Время простоя пассажирских поездов, Т	291 мин.	195 мин.
Время простоя грузовых поездов, Т	383 мин.	257 мин.
Число задержанных поездов за год	47	29

Таблица 2 – Показатели работы участка

Наименование		Показатели
Стоимость 1 часа простоя грузового поезда		$С_{ППГ}$ = 3051,57 руб.
Стоимость 1 часа простоя пассажирского поезда		$С_{ППП}$ = 4776,82 руб.
Стоимость остановки поезда без учета времени стоянки, руб.		$С_{ОП}$ = 1430 руб.
Интенсивность движения поездов в год	грузовых	21
	пассажирских	19

Сокращение времени простоев поездов в течение года:

$$Т_{скрП} = Т_{до\ внедрения} - Т_{АПК-ДК} \quad (1)$$

$$Т_{скрГ} = Т_{до\ внедрения} - Т_{АПК-ДК} \quad (2)$$

$$Т_{скр} = Т_{скрП} + Т_{скрГ} \quad (3)$$

где $Т_{скрП}$, $Т_{скрГ}$ – сокращение простоев пассажирских/грузовых поездов в течении года;

$Т_{до\ внедрения}$ – сокращение простоев пассажирских/грузовых поездов на участке до внедрения АПК-ДК;

$Т_{АПК-ДК}$ – время простоя пассажирских/грузовых поездов на участке после внедрения АПК-ДК.

$$Т_{скрП} = 291\ мин - 195\ мин = 96\ мин$$

$$Т_{скрГ} = 383\ мин - 257\ мин = 126\ мин$$

$$Т_{скр} = 96\ мин + 126\ мин = 222\ мин (3{,}7) ч$$

Фактическая экономия, за счет уменьшения времени простоя поездов, будет равна:

$$Э_{П} = Т_{скр} \cdot \left(\frac{С_{ППГ} + С_{ППП}}{2}\right) \quad (4)$$

$$Э_{П} = 3{,}7 \cdot \left(\frac{3051{,}57 + 4776{,}82}{2}\right) = 14482{,}52\ руб.$$

Анализируя данные статистики, при эксплуатации системы АПК-ДК время на обнаружение и устранение отказов снижается на 20% и более и примерно будет равно $Т_{П}$ = 0,35.

К задержкам поездов привели примерно 30 % от всех отказов, принимая данные по количеству отказов на участке, которые равны 77, после внедрения системы АПК-ДК Количество отказов приведших к задержки поездов $N_{ОТК/ЗП}$ = 23,1, а количество задержанных поездов $N_{П}$ = 29.

Экономия при сокращении времени, которое необходимо на поиск и устранение отказов устройств ЖАТ (на один отказ) определяется как:

$$Э_{ПО1} = (С_{ППП} + С_{ППГ}) \cdot Т_{П} + С_{ОП} \cdot N_{П} \quad (5)$$

$$Э_{ПО1} = (4776{,}82 + 3051{,}57) \cdot 0{,}35 + 1430 \cdot 29 = 44209{,}94\ руб.$$

Тогда при $N_{ОТК/ЗП}$ = 23,1 экономия равна:

$$Э_{ПО} = N_{отк/зп} \cdot Э_{ПО1} \quad (6)$$

$$Э_{ПО} = 23{,}1 \cdot 44209{,}94 = 1021249{,}53\ руб.$$

Эксплуатация станционных и перегонных устройств СЦБ обеспечивается меньшим количеством обслуживающего персонала при внедрении системы АПК-ДК, что приводит к

сокращению штата. Что позволяет на рассматриваемом участке сократить обслуживающий персонал с 37 до 28 человек, средняя заработная плата которых составляет 43363 руб.

По формуле 4.7 рассчитывается суммарный экономический эффект:

$$Э_{Ш} = Э_{ЗГ} + Д + \Delta ЕСН \quad (7)$$

где $Э_{ЗГ}$ – экономия за счет сокращения заработной платы:

$$Э_{ЗГ} = 43363 \cdot 9 \cdot 12 = 4683204 \text{ руб.}$$

Д – экономия за счет сокращения премий и доплат:

$$Д = 43363 \cdot 0{,}18 \cdot 9 \cdot 12 = 842976{,}70 \text{ руб.}$$

ΔЕСН – экономия за счет сокращения социального обеспечения (30,2% от $Э_{ЗГ}$):

$$\Delta ЕСН = 4683204 \cdot 0{,}302 = 1414328 \text{ руб.}$$

Таким образом, экономия фонда заработной платы за 12 месяцев составит:

$Э_{Ш} = 4683204 + 842976{,}70 + 1414328 = 6940508{,}33$ руб.

Главной категорией для расчета капитальных вложений является стоимость необходимых устройств для системы АПК-ДК, приблизительная стоимость которых представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Стоимость оборудования системы АПК-ДК для участка Н-С

Наименование	Кол-во	Цена	Общая стоимость
1	2	3	4
Автоматы диагностики сигнальной установки (АДСУ-24/16)	9	96659,95	869939,53
Демодулятор СЧД-Ф-8	1	45011,00	45011,00
Устройство согласования с линией типа УСЛ	1	9205,10	9205,10
Плата вывода информации ВР-32	1	15963,16	15963,16
Измерительный контроллер ИНС-10.1	3	76615,07	229845,20
Контроллер КДС120	2	50001,76	100003,52
Модуль измерения тока ADAM-3014	1	12549,05	12549,05
Плата PCA-6168	1	21121,10	21121,10
Плата PCL-846	2	17768,09	35536,17
Плата PCL-735	1	12267,22	12267,22
Плата PCI-1713	1	30009,46	30009,46
сетевая карта Ethernet NE 2000	2	2406,86	4813,73
Напольный шкаф для размещения аппаратуры в составе которого: маршрутизатор ММ-221, концентратор IPC-610-260E, устройство бесперебойного питания, CL5800 KVM - консоль Duai Rail PS/2-USB с ЖК-дисплеем, УЗ-4-12-М	1	307964,63	307964,63
Общая сумма затрат на оборудование			1694228,87
Стоимость пусконаладочных работ			1297585,28

В таблице 4 представлена полная стоимость инвестиций для разработки проекта на оборудование участка системой АПК-ДК.

Таблица 4 – Капитальные вложения

Наименование затрат	Стоимость для одной станции, руб	Количество станций, шт.	Общая стоимость внедрения на участке, руб
Стоимость оборудования на участке	1694228,87	10	16942288,70
Строительно-монтажные и пусконаладочные работы	1297585,28	10	12975852,80
Суммарные затраты капитальных вложений на всем участке, К			29918141,50

Суммарный экономический эффект Э, руб. рассчитывается по зависимости:

$$Э = Э_{П} + Э_{ПО} + Э_{Ш} - Э_{АМ} \quad (8)$$

где $Э_{АМ}$ – амортизационные отчисления на оборудование равные 12,5%

Э

$$Э_{АМ} = Соб \cdot 0,125 \quad (9)$$

АМ =

169

$$42288,70 \cdot 0,125 = 2117786,09 \text{ руб.}$$

Э = 14482,52 + 1021249,53 + 6940508,33 – 2117786,09 = 5858454,30 руб.

Выявим коэффициент абсолютной экономической эффективности с помощью формулы:

$$E_{Р} = Э / К \quad (10)$$

$$E_{Р} = 5858454,30 / 29918141,50 = 0,196$$

Норматив общей (абсолютной) эффективности для железнодорожного транспорта $E_{ж.д.}$=0,1, а для хозяйства автоматики и связи $E_{АС}$=0,15. Полученный коэффициент абсолютной экономической эффективности выше нормативного, отсюда следует, что капитальные вложения можно считать эффективными.

Показатель, который позволяет оценить выгоду проекта – чистый дисконтированный доход (ЧДД) $Э_{г}$, руб. вычислим по формуле:

$$Э_{г} = Э - Е \cdot К \quad (11)$$

где Е – коэффициент, который учитывает эффективность капитальных вложений, по ставке депозитного процента по вкладам в долях, примерно равен 0,08;

К – объем капитальных вложений.

$$Э_{г} = 5858454,30 - 0,08 \cdot 29918141,50 = 3465002,98 \text{ руб.}$$

Полученное значение ЧДД положительно, следовательно, проект можно считать экономически эффективным.

С учетом проектных данных, срок окупаемости устройств АПК-ДК $Т_{ок}$, год определяется зависимостью:

$$Т_{ок} = К / Э \quad (12)$$

$$Т_{ок} = 29918141,50 / 5858454,30 = 5,11 \text{ лет}$$

На участке Н - В срок окупаемости разработки проекта системы АПК-ДК равен 5,11 годам, что удовлетворяет технико-экономическим требованиям.

Список литературы.

1. Шерстюков, О. С. Современные способы учёта и анализа отказов устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / О. С. Шерстюков, Н. И. Климентов //

Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2023") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26–28 апреля 2023 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2023. – С. 228-233. – EDN WYKTOJ.
2. Евстигнеев, М. И. Показатели оценки состояния контактной сети / М. И. Евстигнеев, Н. И. Климентов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 46-52. – EDN WYYWPT.
3. Кураков, А. В. Исследование межподстанционной зоны тяговой сети переменного тока на модели в среде Multisim / А. В. Кураков, Н. И. Климентов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 36-39. – EDN RNDLCL.
4. Дегтярев, А. А. Методика проведения испытаний силовых кабелей 0,4-10 кВ / А. А. Дегтярев, Н. И. Климентов, Г. М. Мамедов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 32-36. – EDN LDTCBB.
5. Полянская, М. Н. Моделирование однородной длинной линии в среде Multisim / М. Н. Полянская, А. В. Вотановская, Н. И. Климентов // Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники : Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции, Воронеж, 15–16 мая 2017 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2017. – С. 95-98. – EDN ZVVYAD.
6. Мамедов, Г. М. Электротехника и электроника. Основы электроники : учебное пособие / Г. М. Мамедов ; Г. М. Мамедов, Н. И. Климентов, М. Ю. Дворядкина ; Московский гос. ун-т путей сообщ.. – Москва : РОАТ, 2011. – 59 с. – ISBN 978-5-7473-0577-9. – EDN QMLYTR.
7. Мамедов, Г. М. К расчету устройств автоматического регулирования с встречно-параллельным корректирующим устройством / Г. М. Мамедов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2021) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 15 ноября 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 88-91. – EDN IOGTCK.
8. Семенчук, Д. Е. Электронное устройство для обнаружения межвиткового замыкания в обмотках электрооборудования / Д. Е. Семенчук, Г. М. Мамедов // Труды 80-й студенческой научно-практической конференции РГУПС : Материалы конференции, Воронеж, 21–23 апреля 2021 года. Том Часть 4. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 71-74. – EDN LXPORQ.
9. Мамедов, Г. М. Формирование динамики электромеханических систем средствами встречно-параллельной коррекции / Г. М. Мамедов // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2023") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26–28 апреля 2023 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

"Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2023. – С. 108-113. – EDN EVGEWS.
10. Мамедов, Г. М. Формирование динамики электромеханических систем средствами встречно-параллельной коррекции / Г. М. Мамедов // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2023") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 26–28 апреля 2023 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2023. – С. 108-113. – EDN EVGEWS.

УДК 62-182.36

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ИЗНОСА В СИСТЕМЕ «КОЛЕСО-РЕЛЬС»

Окунева С.А.
Руководитель: Тищук Л.И.
РГУПС, Филиал РГУПС в г. Воронеж

На сегодняшний день железнодорожный транспрт является основой экономики нашей страны. В связи с этим наблюдается рост интенсивности движения, увеличение массы поездов и скорости их движения, что приводит к увеличению износа поверхностей катания колес и рельсов. С повышением скоростей движения особое значение придается проблеме возникновения некруглости колес, форма которых стремится к многоугольнику. Дорогостоящая обточка колес, связанная с уменьшением их диаметра, нередко производится не только на поврежденных колесах, но и на всех остальных с целью согласования их диаметров, что приводит к колоссальным потерям металла. Ежегодно из пути преждевременно изымается около 100 тыс. рельсов из-за дефектов контактно-усталостного происхождения. Годовые потери на их замену составляют десятки миллионов рублей, а преждевременный износ колесных пар приводит к нерентабельному расходованию государственных средств, в связи с этим вновь и вновь встает вопрос улучшения эксплуатационных качеств бандажей колес и снижения износа в системе «колесо-рельс», а поиск путей и разработка мероприятий, направленных на улучшение эксплуатационных качеств бандажей тягового подвижного состава и рельсов становится первостепенной наиважнейшей задачей.

В современных условиях основным фактором, определяющим эксплуатационные расходы на обточку и даже замену колес, являются повреждения поверхностей катания колес, ползуны и повреждения возникают в результате боксования и проскальзывания колесных пар. Ползуны, если они не удалены своевременно при обточке колес, обуславливают повышение динамических, вплоть до ударных, нагрузок на колеса и рельсы и увеличи-вают вероятность их повреждения. Применяющиеся системы противоюзной и противобоксовочной защиты могут в значительной степени уменьшить повреждаемость колес при проскальзывании и боксовании, но все же они не всегда способны предотвратить появление дефектов на поверхности катания.

При входе подвижного состава в кривую пути, который сопровождается извилистым движением тележек, а, следовательно, и колёсных пар, динамические нагрузки, передающиеся от гребней колёс на рельсы, принимают большие значения, что способствует возникновению существенных по величине сил трения, которые резко снижают долговечность гребней колёс.

Определяющим фактором для постановки колесной пары на обточку бандажей еще 30-50 лет назад являлся предельный прокат, который не должен превышать 7 мм [1]. В настоящее время обточку бандажей выполняют из-за недопустимого бокового износа гребней бандажей при прокате всего лишь в 2-3 мм. В 60-е годы срок службы бандажей

составлял 800 тыс. км, сегодня он не превышает 400 тыс. км. Причины такого разрыва в сроках службы бандажей вызваны следующими изменениями в работе железных дорог: изменение ширины колеи с 1524 на 1520 мм; в экипажной части локомотивов вместо челюстных тележек стали применять бесчелюстные с поводковой связью букс и рамы тележки; повысилась нагрузка колес на рельсы; увеличилась масса и длина поездов; появились объемно-закаленные рельсы и упрочненные бандажи колесных пар.

Таким образом, условия эксплуатации подвижного состава за последние десятилетия ужесточились – более жесткий путь, увеличение веса состава, старение парка, острый дефицит запасных частей, снижение качества плановых видов ремонта [3].

Современные методы повышения надежности системы «колесо-рельс» можно разделить на три основные группы: конструктивные, технологические и эксплуатационные.

Конструктивные методы включают в себя комплекс мероприятий, связанных с созданием рациональной конструкции. Они предусматривают правильный выбор конструктором методики расчета и материалов, с целью обеспечения равнопрочности узлов и деталей при простоте обслуживания и ремонта в процессе длительной эксплуатации.

К технологическим методам повышения надежности относятся мероприятия по улучшению свойств материалов, применяемых в данной системе.

К эксплуатационным методам относятся действия, связанные с обеспечение работы ранее принятых конструкторских и технологических решений.

Наиболее эффективным способом борьбы с износом в системе «колесо-рельс» является уменьшение трения в зоне контакта с помощью использования смазочных материалов, для нанесения которых используются стационарные путевые рельсосмазыватели и гребнесмазыватели, передвижные и бортовые рельсосмазыватели.

Использование рельсо- и гребнесмазывателей дает снижение сопротивления движению на 34%; уменьшение износа колес и рельсов на 82%; резкое сокращение числа схода с рельсов; улучшение плавности хода; более легкое вписывание тележек подвижного состава в криволинейные участки пути приводит к снижению затрат энергии на 5 – 8%.

Согласно техническим нормам ОАО «РЖД» смазочные материалы для лубрикации области контакта рельса с колесом не должны разбрызгиваться, крошиться, скалываться и должны удерживаться на боковой грани головки рельса и на гребне колесной пары локомотива [2]. Смазочные материалы должны легко наноситься, при скоростях движения передвижного рельсосмазывателя (локомотива) от 3 км/ч до 140 км/ч; диапазоне рабочего давления до 3 ГПа в системе; температуре атмосферного воздуха от минус 45°С до плюс 50°С даже в условиях 100% влажности; нормированном расходе смазочного материала; иметь достаточную вязкость и адгезию с металлом; длительное время сохранять смазочные свойства после разового нанесения.

Нанесенный на гребень колеса смазочный материал должен быть стабильным по состоянию и составу при применении и хранении, не должен смываться атмосферными осадками. Для избежания разбрызгивания и учитывая требования, предъявляемые к смазочным материалам, целесообразно использовать твердые смазочные материалы, такие как графит и молибден.

В Ростовском государственном университете путей сообщения (РГУПС) на кафедре «Транспортные машины и триботехника» создана принципиально новая технология гребнерельсосмазывания (технология ГРС-РГУПС).

Основой технологии гребнерельсосмазывания ГРС-РГУПС является многокомпонентная твердая смазка-покрытие РАПС с трехфазной структурой, которая предназначена для лубрикации тяжелонагруженных открытых узлов трения, в том числе, для смазки контакта колеса с рельсом.

Для нанесения смазки РАПС на открытые пары трения был разработан и запатентован специальный аккумулятивно-ротапринтно-контактный способ смазывания, позволяющий дозированно и с высокой точностью наносить смазку РАПС, поставляемую в виде смазочных стержней на боковую грань головки рельса.

Ротапринтный метод – это один из способов постепенной подачи в малых дозах твердой смазки в зону трения, с целью уменьшения износа трущихся поверхности гребня колесной пары, подрезания гребней колес, что особенно актуально в кривых участках пути.

В качестве базового подвижного состава для производства работ по лубрикации рельсов по технологии ГРС-РГУПС может использоваться практически любой подвижной состав или его сочетание.

В настоящее время для лубрикации горловин и станционных путей гребнерельсосмазыватели монтируют на маневровых тепловозах, а на главных электрифицированных путях – на электропоездах и магистральных электровозах. На неэлектрифицированных участках системы ГРС навешиваются на тепловозы и пассажирские вагоны.

Использованные источники

1. Распоряжение ОАО «РЖД» от 01.04.2014 г. № 814р. «Технологическая инструкция «Техническое обслуживание электровозов и тепловозов в эксплуатации»»
2. Михеев, А. П. «Эксплуатация локомотивов и локомотивное хозяйство: Часть I Эксплуатация локомотивов / Под ред. А. М. Бабичева. – М.: Государственное трансжелдориздат, 1990. – 287 с.
3. Сашко А.А. От чего повреждаются бандажи./ А.А Сашко. // Локомотив. – 2005.– № 10. – С. 36-37.

УДК 629.46/47

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ПТО

Орехов Д.Ю.
РГУПС, филиал ГРУПС в г. Воронеж

Рассмотрены вопросы организации технического обслуживания на ПТО станции для своевременного выявление неисправностей и качественного ремонта вагонов.

Ключевые слова: вагон, эксплуатация, *ПТО, методы* технического обслуживания, виды ремонта.

Выполнение объема перевозок грузов в значительной степени зависит от численности вагонного парка, его надежности и технического состояния.

Эксплуатация вагонов характеризуется рядом особенностей: использованием на сети железных дорог без приписки к отдельным пунктам, непосредственно отвечающим за их техническое состояние, одновременным использованием в поездах вагонов разных типов и периодов постройки, которые имеют различный технический ресурс, но должны удовлетворять единым требованиям безопасности движения и сохранности перевозимых грузов многообразием конструктивных особенностей.

Постоянное совершенствование методов технического обслуживания и ремонта вагонного парка обеспечивает бесперебойные перевозки в технически исправных вагонах с минимальными затратами на их текущее содержание.

При подготовке под погрузку без отцепки от состава или группы вагонов, текущий ремонт порожних вагонов при комплексной подготовке к перевозкам с отцепкой от состава или группы вагонов и подачей на специализированные пути. Текущий ремонт вагонов с отцепкой от транзитных и прибывающих поездов или сформированных составов. Деповской ремонт вагонов для восстановления их работоспособности с заменой или ремонтом отдельных узлов и деталей. Капитально-восстановительный ремонт для восстановления ресурсов вагонов на станциях формирования и расформирования поездов. В пути следования предусмотренным графиком движения, каждый вагон поезда должен пройти техническое обслуживание, а в необходимых случаях ремонт без отцепки. Размещение и

техническое оснащение вагонных депо, контрольных постов, пунктов подготовки вагонов к перевозкам, пунктов технического обслуживания и ремонта вагонов и других подразделениях вагонного хозяйства должны обеспечивать высокое качество и высокую производительность технического обслуживания.

Работники ПТО и ППВ должны своевременно и в точном соответствии с технологическим процессом и графиком движения поездов производить техническое обслуживание и ремонт вагонов. Ответственность за безопасность движения и проследование вагонов без отцепки от поезда в пределах гарантийного участка несут работники данных пунктов. В связи с выходом указания Приказа №ЮВост-376 от31.12.15г. ввести ответственность пунктов подготовки вагонов к перевозкам за подготовку и безаварийное проследование вагонов от места погрузки до места выгрузки. Работа ПТО проходит в условиях неравномерности, моменты прибытия поездов, как правило, не могут быть точно определены, длительность технического обслуживания поезда меняется, а значит ремонтно-смотровые бригады и технические средства имеют непостоянную загрузку.

Нерегулярное прибытие поездов на станцию осложняется еще и тем, что они проходят техническое обслуживание и занимают путь в течение различного периода времени, поэтому при организации технического обслуживания на ПТО необходимо разработать систему мероприятий позволяющих сократить производственные потери до минимума.

Задача состоит в том, чтобы с одной стороны возможно полнее использовать обслуживающие средства ПТО, с другой свести к минимуму задержки в обслуживании поездов и повысить пропускную способность станции.

Литература

1. Стоянова, Н. В. Неразрушающий контроль и сертификация/ *Стоянова Н.В.,* Бомбардиров А.П.*, и др.*// Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта М. 2009 С.60-63.
2. *Прочность цистерн из стали ВСт3СП в условиях низких температур / Н. В. Стоянова, В. И. Корольков, С. Е. Гончаров, И. С. Попов // Наука и техника транспорта. – 2017. – № 4. – С. 47-49. – EDN YLFMYL.*
3. Стоянова, Н. В. Обеспечение безопасности движения поездов при взрезе стрелки с невзрезным стрелочным электроприводом / Н. В. Стоянова, Д. Е. Минаков, Е. Ю. Минаков // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 268-272. – EDN LPUYFY.
4. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.
5. Стоянова, Н. В. Проблемы и перспективы развития вагонного хозяйства / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 261-265. – EDN GHTVGW.

УДК 656.2:551.583

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Осипова Т.И.
Руководитель: Куралесин В.В.
РГУПС, Филиал РГУПС в г. Воронеж

В статье выполнен систематический анализ современных подходов к оценке влияния климатических и погодных условий на надежность железнодорожной инфраструктуры на основе обзора актуальных научных исследований. Рассмотрены основные типы климатических опасностей, их последствия для рельсового пути, мостов и тоннелей, а также методы прогнозирования отказов с применением цифровых двойников, IoT-систем, вероятностного анализа и машинного обучения. Выявлены ключевые эффекты усиления при совместном действии ветра и дождя, а также определены перспективные направления дальнейших исследований в области проактивного управления обслуживанием инфраструктуры.

Ключевые слова: железнодорожная инфраструктура, климатические риски, надежность, цифровые двойники, IoT-мониторинг, машинное обучение.

This article provides a systematic analysis of modern approaches to assessing the impact of climate and weather conditions on the reliability of railway infrastructure, based on a review of current scientific research. It examines the main types of climate hazards, their consequences for tracks, bridges, and tunnels, as well as methods for predicting failures using digital twins, IoT systems, probabilistic analysis, and machine learning. Key amplification effects from the combined effects of wind and rain are identified, and promising areas for further research in proactive infrastructure maintenance management are identified.

Keywords: railway infrastructure, climate risks, reliability, digital twins, IoT monitoring, machine learning.

Железнодорожная инфраструктура подвержена непрерывному воздействию природно-климатических факторов, которые оказывают существенное влияние на ее техническое состояние и надежность. Изменение климатических условий, сопровождающееся увеличением частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений, создает дополнительные риски для устойчивости железнодорожных систем. К числу наиболее значимых климатических угроз относят аномальные температуры, обильные осадки, паводки, ураганные ветры, а также вызванные ими вторичные явления, такие как оползни и размывы грунта. Актуальность оценки влияния климатических условий на надежность железнодорожной инфраструктуры обусловлена тем, что значительная часть железнодорожных сетей проложена в регионах, подверженных экстремальным погодным явлениям, при этом многие сооружения были спроектированы без учета современных климатических трендов. Целью работы является систематизация современных подходов к оценке воздействия климатических и погодных факторов на надежность железнодорожной инфраструктуры.

Систематический обзор, охватывающий 71 рецензируемую публикацию, позволил идентифицировать 24 типа климатических опасностей и 29 связанных с ними последствий для железнодорожной инфраструктуры [1]. Среди первичных опасностей наиболее часто рассматриваются обильные осадки, повышенные температуры и экстремальные ветры. К вторичным опасностям отнесены наводнения, штормы и оползни. Осадки вносят наибольший вклад в формирование климатических опасностей (37,4 %), за ними следуют температурные факторы (36,6 %) и ветровые воздействия (12,2 %). Термические напряжения и выпучивание рельсов, затопление пути, оползни, нарушение движения и повышенная

потребность в обслуживании признаны наиболее частыми последствиями климатических воздействий [1].

Исследования воздействия тропических циклонов на высокоскоростные железные дороги демонстрируют, что совместное действие ветра и дождя приводит к более серьезным последствиям, чем каждый фактор в отдельности. При анализе восьми циклонов установлено, что комбинированные ветро-дождевые явления вызывают в 2,96 раза больше пострадавших пассажиров и в 3,94 раза большие задержки по сравнению со сценариями, учитывающими только ветровое воздействие. Совместные явления расширяют пространственный охват нарушений, смещая воздействие с прибрежных районов вглубь континента [2].

Цифровые двойники позволяют интегрировать данные с сенсоров, историческую информацию и математические модели поведения конструкций. Виртуальные модели рельсового пути, мостов и контактной сети дают возможность проводить анализ в реальном времени, прогнозировать вероятные точки отказа и планировать ремонтные работы. Интеграция сенсорных данных и алгоритмов предиктивного анализа способствует выявлению тенденций к износу на ранних стадиях. Однако внедрение цифровых двойников требует стандартизации методов сбора данных и интеграции с существующими системами управления [3].

Системы мониторинга на основе Интернета вещей обеспечивают непрерывный сбор данных с сенсорных устройств, фиксирующих вибрации, деформации и температурные параметры пути. Алгоритмы машинного обучения обеспечивают не только фиксацию текущих дефектов, но и прогнозирование вероятности их возникновения. Эффективность алгоритмов зависит от качества и плотности информации, поступающей с сенсоров, что требует стандартизации подходов к проектированию сенсорных сетей [4].

Вероятностные методы анализа отказов мостов и тоннелей позволяют учитывать случайные вариации параметров материалов и неопределенности внешних воздействий, включая климатические нагрузки. Среди применяемых подходов выделяются статистические модели, байесовские методы апостериорного обновления вероятностей, модели предельных состояний и методы Монте-Карло. Гибридные подходы, сочетающие физически обоснованные модели с вероятностными методами, признаны наиболее перспективными для комплексной оценки надежности [5].

Проактивное диспетчирование ремонтного оборудования на основе прогнозов рисков, формируемых с помощью машинного обучения, позволяет сократить среднее время восстановления железнодорожной сети после погодных нарушений на 7,23 часа по сравнению с реактивным подходом. Выгоды от сокращения длительного времени восстановления значительно превышают дополнительные логистические затраты на предварительное перемещение оборудования в зоны повышенного риска [6].

Наиболее изученными климатическими опасностями являются обильные осадки, повышенные температуры, наводнения и экстремальные ветры. При этом ряд опасностей, таких как экстремальные холода, обледенение и снегопады, изучены в значительно меньшей степени, что создает пробелы в оценке рисков для регионов с холодным климатом [1]. Совместное действие ветра и дождя порождает эффект усиления, при котором общее воздействие многократно превышает сумму изолированных явлений. Важной особенностью является пространственно-временная декомпозиция ветровых и дождевых эффектов: интенсивные осадки могут проявляться с задержкой и на значительном удалении от побережья [2].

Цифровые двойники демонстрируют высокий потенциал для прогнозирования состояния инфраструктуры под воздействием климатических факторов. Противоречия в литературе касаются точности прогнозов: одни исследования указывают на высокую точность при использовании сенсорных сетей, тогда как другие отмечают значительные погрешности при недостаточном количестве сенсоров или некорректной калибровке моделей [3]. Применение IoT-систем позволяет преодолеть ограничения традиционных методов

контроля, связанные с дискретностью измерений. Ключевыми проблемами остаются устойчивость связи при электромагнитных помехах и экстремальных климатических условиях, а также обеспечение долговечности сенсорных модулей [4].

В области вероятностного анализа отказов установлено, что интеграция данных мониторинга с вероятностными моделями повышает точность прогнозирования. Байесовские методы обеспечивают апостериорное уточнение вероятностей по мере накопления новых данных. Отсутствие стандартизированных протоколов и единых форматов данных остается основной проблемой, препятствующей широкому внедрению вероятностных методов [5]. Проактивное диспетчирование на основе прогнозов рисков позволяет сократить время восстановления, однако для подтверждения эффективности в других климатических зонах требуются дополнительные исследования [6].

Недостаточная изученность географических регионов, в особенности стран Азии и Африки, требует проведения региональных исследований с учетом локальных климатических условий. Особого внимания заслуживают пустынные регионы с песчаными бурями и приполярные регионы с экстремальными холодами [1]. В области совместных ветро-дождевых явлений целесообразно расширение географии исследований для проверки устойчивости эффектов усиления, а также разработка методов прогнозирования пространственно-временной декомпозиции воздействий [2].

Развитие цифровых двойников требует разработки единых стандартов моделирования и интеграции с системами умного управления железными дорогами [3]. В сфере IoT-мониторинга приоритетными направлениями являются разработка энергоэффективных сенсорных модулей и стандартизация протоколов передачи данных [4]. Для совершенствования вероятностного анализа отказов необходима разработка подходов к количественной оценке неопределенности и создание централизованных открытых баз данных о состоянии сооружений [5]. В области оптимизации обслуживания требуется разработка методов интеграции климатических прогнозов в системы планирования ремонтных работ [6].

Климатические и погодные условия оказывают многокомпонентное воздействие на надежность железнодорожной инфраструктуры. Наиболее значимыми факторами признаны обильные осадки, температурные аномалии и экстремальные ветры, причем совместное действие нескольких факторов порождает эффекты усиления. Цифровые двойники, IoT-системы мониторинга и вероятностные методы анализа отказов представляют собой взаимодополняющие инструменты для повышения точности прогнозирования состояния инфраструктуры. Проактивное диспетчирование ремонтного оборудования способно существенно сократить время восстановления железнодорожной сети после экстремальных явлений. Сохраняются нерешенные проблемы, включая недостаточную изученность отдельных типов климатических опасностей и географических регионов, отсутствие стандартизации в сборе и обработке данных, а также ограниченное применение современных климатических сценариев в прогнозных моделях.

Библиографический список

1. Haghighi E., Kasraei A., Famurewa S., Strandberg G., Sas G., Garmabaki A.H.S. Climate change risks on railway infrastructure: A systematic review and analysis // Sustainable Cities and Society. 2025. Vol. 129. № 106504. URL: https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106504.
2. Zhang H., Ge Y., Lin J., Xu M., Ouyang M. Amplified impacts of tropical cyclone-induced compound wind-rain hazards on high-speed rail passengers // Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2025. Vol. 148. № 105023. URL: https://doi.org/10.1016/j.trd.2025.105023.
3. Куралесин, В. В. Применение цифровых двойников для прогнозирования состояния железнодорожной инфраструктуры / В. В. Куралесин // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2025) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2025 года. –

Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 178-182. – EDN IMZFYT.
4. Куралесин, В. В. Системы мониторинга и диагностики дефектов железнодорожного пути с использованием IOT / В. В. Куралесин // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2025) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 182-187. – EDN AUMACY.
5. Куралесин, В. В. Модели вероятностного анализа отказов железнодорожных мостов и тоннелей / В. В. Куралесин, Е. С. Костюков // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2025) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 188-192. – EDN TRGKZS.
6. Wang J., Zhang Z., Huang Y., Hu H. Proactive dispatch of rail maintenance equipment under weather-induced disruptions: an optimization framework integrating machine learning-driven risk assessment // Advanced Engineering Informatics. 2026. Vol. 69, Part C. № 103990. URL: https://doi.org/10.1016/j.aei.2025.103990

УДК 004.8

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ «ОЦЕНКИ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ДЛЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ»

Панина Н.В., Кулманакова М.М., Агафонов Р.А., Скирда А.О.
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

В статье рассматривается вопрос использования нейронных сетей при проектировании программного приложения, определяющего эмоциональное состояние и профпригодность военнослужащего». Приводится пример реализации алгоритма на языке Python.

Ключевые слова: Нейронные сети, кодирование информации, эмоциональное состояние и профпригодность , язык программирования Python.

Эмоциональная оценка становится важным инструментом в современной психологии, особенно в контексте военной сферы, где поведение человека может влиять на выполнение задач, безопасность команды и результаты операций. Понимание эмоциональных особенностей личности позволяет прогнозировать реакции человека в стрессовых ситуациях, что критически важно для военного контекста. Оценка эмоционального состояния человека является одним из главных составляющих при определении профпригодности при определении направленности в структурное подразделение.

Эмоциональная оценка — это процесс измерения и анализа эмоциональных реакций человека, его способности управлять эмоциями и адаптироваться к различным условиям.

Ключевые характеристики:

- уровень эмоциональной устойчивости.
- склонность к стрессу или тревожности.
- способность принимать решения в условиях неопределенности.

Методы эмоциональной оценки:

- Психологическое тестирование;
- Использование стандартизированных тестов для оценки эмоциональных характеристик;

- Физиологические методы;
- Использование анкет и интервью для получения данных от самого человека или его коллег.

Оценка эмоционального состояния позволяет прогнозировать поведение, дает возможность оценить склонности человека к агрессии, панике или лидерству в критических ситуациях. При применимости оценки эмоционального состояния позволяет выявить людей, обладающих высокой эмоциональной устойчивостью и способностью работать в команде.
Поэтому использование созданных программ, которые позволяют определить уровень эмоционального фона, позволяет определить уровень психологической подготовки, направленных на развитие навыков управления эмоциями и вовремя определить помощь в адаптации к стрессовым условиям службы и снижении риска профессионального выгорания.

Использование таких программных приложений позволяет также анализировать поведение участников в симулированных боевых условиях, оценивать совместимости членов команды на основе их эмоциональных характеристик. Также можно использовать данные эмоциональной оценки для разработки алгоритмов, помогающих командирам прогнозировать реакции

Остановимся на одном из методов, который использовался при проектировании приложения. При проектировании представленного программного приложения использовались тесты, по аналогии схожие с психологическими тестами «Прогноз» и «Прогноз 2». Тесты «Прогноз» и «Прогноз-2» — это психологические тесты, которые используется для оценки личностных характеристик, в частности, склонности человека к определённым стилям поведения и прогнозированию его реакций в различных жизненных ситуациях.[3] При проектировании нашего приложения за основу были сформулированы тесты по аналогии с вышеуказанными.

Сама методика представима следующим образом:

Тест представляет собой анкету, состоящую из вопросов или утверждений, на которые испытуемый должен ответить согласно своим предпочтениям или состоянию.
Вопросы формулируются так, чтобы выявить истинные мотивы, установки и черты личности.

Как проходит тестирование:

Вам предлагается ряд утверждений или ситуаций.

Необходимо выбрать один из вариантов ответа (например, "да", "нет", "скорее да, чем нет").

Ответы анализируются по заранее разработанным шкалам, и на основе этого делаются выводы о ваших личностных характеристиках.

Для более точного тестирования, вернее для более гибкого результата оценивания, было разработано приложение с использованием искусственного интеллекта. Спроектированная нейронная сеть в дальнейшем может пройти апробацию для успешной реализации методики эмоционального оценивания и определения профпригодности.

Разработанное приложение представляет собой следующий алгоритм:

- Запускается само приложение:

Кнопка начала тестирования (заполнения анкеты). Она будет открывать вкладку с вопросами и давать тестируемому бланк для заполнения (виртуальный), либо около вопросов будут варианты ответов, рисунок 1.

Кнопка, которая будет открывать окно с описанием программы и методов тестирования. Также там может быть информация о ходе разработки и авторах данного приложения, рисунок 2.

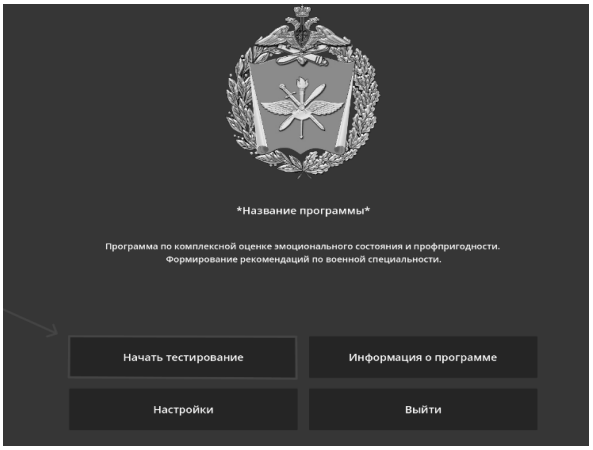


Рисунок 1 –Начало тестирования

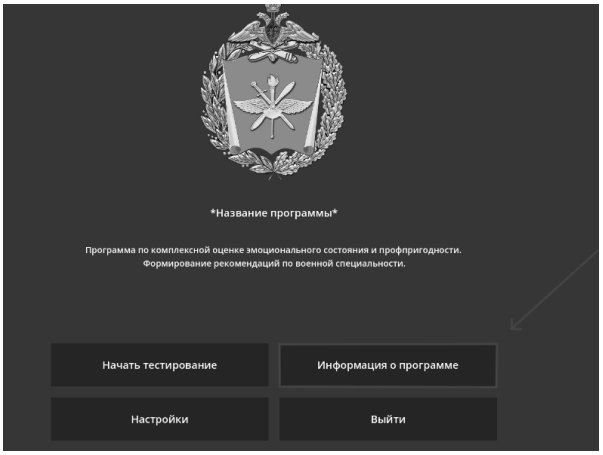


Рисунок 2 –Информация о приложении

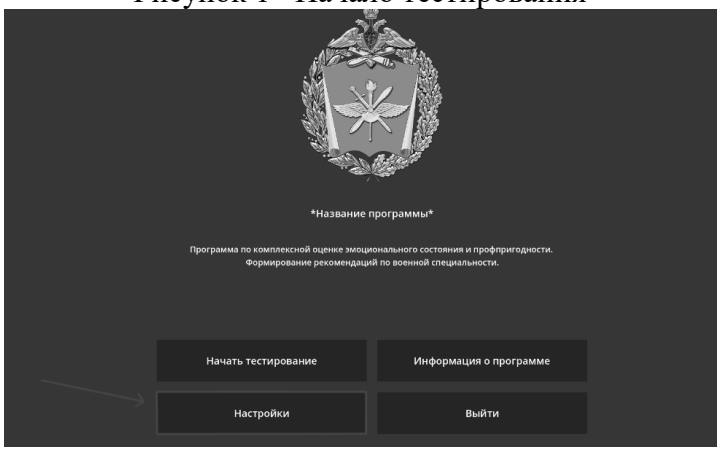


Рисунок 3 –Информация о настройках приложения

```
# Необходимые функции
def rule(x):
    return np.maximum(x, 0)  # ReLU функция активации

def sigmoid(x):
    return 1 / (1 + np.exp(-x))

def to_full(out, num_classes):
    out_full = np.zeros((1, num_classes))
    out_full[0, out] = 1
    return out_full

def deriv(t):
    return (t >= 0).astype(float)  # Производная ReLU
```

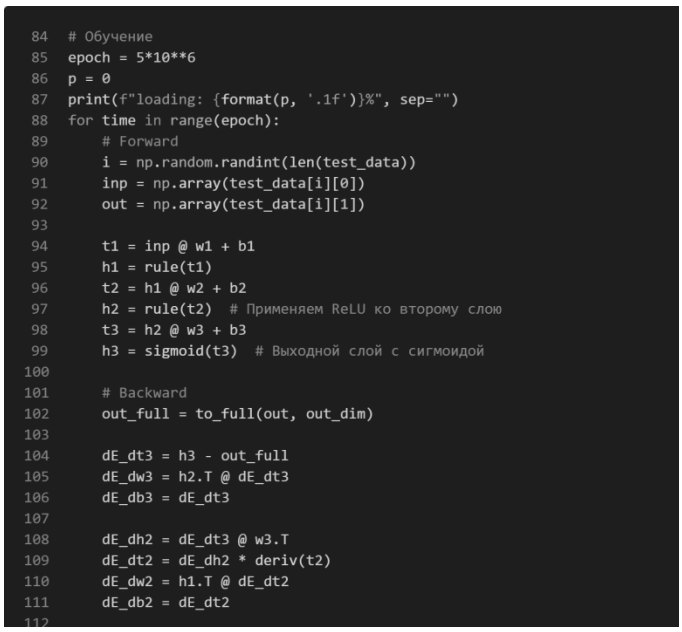
Рисунок 4 – начало кода

Кнопка настроек, которая будет открывать окно с параметрами самой программы. такими как: Полноэкранный режим, тема, размер шрифта и основные настройки приложения, рисунок 3.

Для проектирования данного программного приложения был использован язык программирования Python. Проводимые последнее время исследования показали, что искусственный интеллект может эффективно использоваться для мониторинга психоэмоционального состояния в реальном времени, что имеет большое значение для профилактики стрессовых расстройств, а также для определения уровня стрессоустойчивости.[2] Поэтому для нашего приложения была спроектирована нейронная сеть, ниже приведен код реализации проекта на языке программирования Python.[5]
На рисунке 4 приведено начало программного кода, с описанием необходимых функций.
На рисунке 5 приведена необходимая инициализация весов и смещений.

```
# Инициализация весов и смещений
w1 = np.random.randn(inp_dim, h_dim1) # Веса для первого скрытого слоя
b1 = np.random.randn(1, h_dim1) # Смещения для первого скрытого слоя
w2 = np.random.randn(h_dim1, h_dim2) # Веса для второго скрытого слоя
b2 = np.random.randn(1, h_dim2) # Смещения для второго скрытого слоя
w3 = np.random.randn(h_dim2, out_dim) # Веса для выходного слоя
b3 = np.random.randn(1, out_dim) # Смещения для выходного слоя
```

Рисунок 5 – Инициализация весов



```
# Обучение
epoch = 5*10**6
p = 0
print(f"loading: {format(p, '.1f')}%", sep="")
for time in range(epoch):
    # Forward
    i = np.random.randint(len(test_data))
    inp = np.array(test_data[i][0])
    out = np.array(test_data[i][1])

    t1 = inp @ w1 + b1
    h1 = rule(t1)
    t2 = h1 @ w2 + b2
    h2 = rule(t2)  # Применяем ReLU ко второму слою
    t3 = h2 @ w3 + b3
    h3 = sigmoid(t3)  # Выходной слой с сигмоидой

    # Backward
    out_full = to_full(out, out_dim)

    dE_dt3 = h3 - out_full
    dE_dw3 = h2.T @ dE_dt3
    dE_db3 = dE_dt3

    dE_dh2 = dE_dt3 @ w3.T
    dE_dt2 = dE_dh2 * deriv(t2)
    dE_dw2 = h1.T @ dE_dt2
    dE_db2 = dE_dt2
```

Рисунок 6 – Обучении нейронной сети

На рисунке 5 приведен, алгоритм обучения нейронной сети.

К каким выводам можно прийти при реализации данного алгоритма для оценки эмоционального состояния и профпригодности в структурах министерства обороны России. Данная оценка является мощным инструментом для анализа личностных характеристик и прогнозирования поведения в военной сфере. Она помогает повысить эффективность отбора, обучения и работы команды в стрессовых условиях.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на совершенствование методов эмоциональной оценки и их интеграцию с технологиями искусственного интеллекта для более точного прогнозирования поведения [4].

Библиографический список

1. Гоулман Д. Эмоциональный интеллект: Почему он может значить больше, чем IQ. М.: АСТ, 2020. — 480 с. ISBN: 978-5-17-123456-7
2. Лебедев В.И., Кузнецов А.В. Психология военной деятельности: учебник для вузов. М.: Воениздат, 2021. — 456 с. ISBN: 978-5-7883-1234-5.
3. Сидоров А.А. "Особенности эмоциональной регуляции в военной среде." Психологические исследования , 2021, № 6, С. 33–47.
4. Сидоров А.А. "Практическая реализация проектов на Python в области искусственного интеллекта." Автоматика и телемеханика , 2021, № 6, С. 33–47.
5. Сузи Р., Ван Россум Г. Python. Основы программирования.СПб.: Питер, 2020. — 480 с. ISBN: 978-5-4461-1234-5.

УДК 517.927

О КРАЕВЫХ НЕРАВЕНСТВАХ ДЛЯ ОДНОЙ УПРУГОЙ МОДЕЛИ

Перловская Т.В., Колие Люсьен

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

(г. Воронеж)

Система, которую мы будем рассматривать, является аналогом канатному мосту. Расположим два горизонтальных континуума вдоль отрезка *[0,l]*. Во внутренних точках $\xi_1, \xi_2, ..., \xi_{n-1}$ оба континуума связаны линейными отрезками, которые будем обозначать в

дальнейшем через ε_i . Пусть $\xi_0 = 0, l = \xi_n$ и отрезки верхнего и нижнего континуумов, расположенные «над $[\xi_i, \xi_{i+1}]$», обозначим через γ_i и κ_i .

Нижний континуум составлен из последовательно шарнирно-сочлененных стержней. Все остальные сегменты нашей системы являются упругими тросами и их деформации мы будем считать определяющимися как у обычных струн.

Полученная модель канатного моста будет являться геометрическим графом Г, множество его внутренних вершин обозначаем $J(\Gamma)$, граничных - через $\partial\Gamma$.

Обозначим через $u(x)$ при $x \in [0,l]$ деформацию цепочки стержней, соответствующих нижнему континууму. Через $v(x)$ обозначаем деформацию точек верхнего троса. Обе функции являются скалярнозначными на отрезке $[0,l]$.

Система закреплена в граничных вершинах. Условие закрепления концов верхнего троса

$$v(0) = v(l) = 0, \tag{1}$$

условие шарнирного закрепления концов нижней цепочки стержней дают равенства

$$u(0) = u(l) = 0, \quad u''(0) = u''(l) = 0. \tag{2}$$

Деформации вертикальных континуумов мы будем обозначать через $h_k(x)$ при $x \in \varepsilon_k$.

На основании вариационного принципа будем составлять математическую модель упругой деформации полученной системы. Модель будет состоять из системы дифференциальных уравнений на сегментах $\gamma_i, \varepsilon_i, \kappa_i$, системы условий согласования в точках $J(\Gamma)$ и условий (1), (2).

Обозначим через $z(x)$ скалярнозначную функцию, определенную на Γ . Пусть $z(x)$ соответствует виртуальной деформации исходной физической системы. Тогда $z(x)$ удовлетворяет условиям (1), (2) , а соответствующая этой деформации потенциальная энергия нашей системы $P(z)$ определяется равенством

$$P(z) = \left(\sum_{i=1}^{n} \int_{\gamma_i} \frac{(z'')^2}{2} dx\right) + \left(\sum_{i=1}^{n} \int_{\kappa_i} \frac{(z')^2}{2} dx\right) + \left(\sum_{i=1}^{n} \int_{\varepsilon_i} \frac{(z')^2}{2} dx\right) - \int_{\Gamma} zf dx ,$$

где $f(x)$ – плотность распределения внешней нагрузки, действующей на систему. Обратим внимание на то, что $z(x) = u(x)$ при $x \in \gamma_i$, $z(x) = v(x)$ при $x \in \kappa_i$, $z(x) = h_i(x)$ при $x \in \varepsilon_i$.

Реальная деформация системы соответствует экстремуму функционала $P(z)$ в классе всех виртуальных деформаций. Этот класс естественно считать состоящим из определенных на Γ скалярных функций, имеющих достаточную гладкость на каждом сегменте.

Находим первую вариацию описанного функционала. Согласно принципу Ферма для реальной деформации $z_0(x)$ исходной системы первая вариация должна быть нулевой. Обозначим через a_i и b_i нижние и верхние концы вертикальных сегментов ε_i, так что на нижней цепочки ξ_i соответствует a_i, а на верхней ξ_i соответствует b_i. Преобразуем первую вариацию, производя процедуры типа интегрирования по частям на каждом сегменте с последующим приведением подобных среди внеинтегральных членов.

На γ_i получаем уравнения вида

$$(z'')'' = f \qquad ((u'')'' = f), \tag{3}$$

а на сегментах ε_i и κ_i - уравнения

$$- z'' = f \qquad (- v'' = f \ , \ - h_i'' = f_i \ ). \tag{4}$$

Наряду с этой системой уравнений у нас появляется система условий

$$u''(\xi_i \pm 0) = 0 \quad (i = 1,2,\ldots,n-1) \tag{5}$$

$$\Delta u'''(a_i) - h_i'(a_i + 0) = 0 \tag{6}$$

$$\Delta v'(b_i) + h_i'(b_i + 0) = 0. \tag{7}$$

Пользуемся обозначениями из теории дифференциальных уравнений на графах [1] , в частности, используем понятие крайней производной в вершинах каждого сегмента.

Обозначим через $\Delta g(\xi)$ скачек функции $g(\xi)$, т.е. полагаем $\Delta g(\xi) = g(\xi+0) - g(\xi-0)$. Символ $g'(a+0)$ означает крайнюю производную, а именно правую производную по τ от функции $g(a+\tau\,\xi)$ при $\tau > 0$ и при ξ, направленном внутрь того примыкающего к a ребру Г, вдоль которого мы эту производную определяем.

Рассматриваем дифференциальную систему вида

$$Lz = f, \tag{8}$$

где

$$Lz = \begin{cases} - z''(x) & \text{при } x \in \varepsilon_i, \\ - z''(x) & \text{при } x \in \kappa_i, \\ (z'')''(x) & \text{при } x \in \gamma_i, \\ \Delta z'''(x) - z'(x+0) & \text{при } x = a_i \\ - \Delta z'(x) - z'(x+0) & \text{при } x = b_i. \end{cases}$$

Уравнение (8) будем рассматривать в классе функций, удовлетворяющих в граничных точках системы Г исходным условиям закрепления (1), (2).

ТЕОРЕМА 1. Задача (1), (2), (8) однозначно разрешима при любых правых частях.

Рассмотрим теперь уравнения $Lz = f$, т.е. $(u'')'' = f_1$ на γ_i и $- v'' = f_2$ на κ_i, а также $- h_i'' = f_i$ на ε_i. Пусть правые части этих уравнений неотрицательны.

Для доказательства того, что соответствующие решения уравнений при выполнении всех необходимых условий краевой задачи будут неотрицательными, были использованы следующие вспомогательные утверждения.

ЛЕММА 1. Если на отрезке $[a,b]$ справедливы неравенства $u'' \le 0, u'(a) \le 0$, $u(b) \ge 0$, то $u(x) \ge 0$ при всех $x \in [a,b]$.

ЛЕММА 2. Пусть $u'' \le 0$, $u(0) \ge 0$, $u(l) \ge 0$. Тогда $u(x) \ge 0$ для всех $x \in [0,l]$.

Доказана теорема.

ТЕОРЕМА 2. Любое решение дифференциального неравенства $Lz \ge 0$ неотрицательно.

Литература.

1. Дифференциальные уравнения на геометрических графах / Ю.В. Покорный, О.М. Пенкин, В.Л. Прядиев и др. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 272с.

УДК 629.4.048:621.355

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ТЯГОВЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ МАНЕВРОВЫХ ТЕПЛОВОЗОВ В РЕЖИМЕ ЗАРЯДА

Пикалов Н.А.
РГУПС, филиал РГУПС в г. Воронеж

В статье выполнен анализ тепловых процессов, протекающих в тяговых аккумуляторных батареях маневровых тепловозов с гибридной силовой установкой в процессе их заряда. Обоснована актуальность контроля температурного состояния батарей для обеспечения надежности и безопасности эксплуатации локомотивов. Приводится словесное математическое описание нагрева аккумуляторной батареи, основанное на уравнении теплового баланса и упрощенной методике с использованием коэффициента полезного действия. Результаты могут быть использованы для оптимизации алгоритмов работы гибридных силовых установок перспективного подвижного состава РЖД.

Ключевые слова: маневровый тепловоз, гибридная силовая установка, тяговая аккумуляторная батарея, процесс заряда, тепловое состояние, нагрев

This article analyzes the thermal processes occurring in the traction batteries of shunting diesel locomotives with a hybrid power plant during their charging process. The importance of monitoring the battery temperature to ensure the reliability and safety of locomotive operation is substantiated. A mathematical description of battery heating is provided, based on a heat balance equation and a simplified efficiency-based methodology. The results can be used to optimize the operating algorithms of hybrid power plants for future Russian Railways rolling stock.

Keywords: shunting locomotive, hybrid power plant, traction battery, charging process, thermal state, heating

Введение. Современные тенденции развития тягового подвижного состава ОАО «РЖД» направлены на повышение энергоэффективности и снижение воздействия на окружающую среду. Перспективным направлением является создание маневровых тепловозов с гибридными силовыми установками, в которых аккумуляторные батареи выполняют роль накопителей энергии. Такие системы позволяют реализовывать режимы накопления энергии при рекуперативном торможении и обеспечивать движение локомотива с отключенным дизельным двигателем, что существенно экономит топливо и снижает выбросы в атмосферу [2; 5; 6].

Эксплуатируемые на сети железных дорог маневровые тепловозы серий ТЭМ18, ЧМЭ3, а также перспективные разработки, например ТЭМ9Н, ТЭМ5Х, являются потенциальными кандидатами для внедрения систем накопления энергии. В отличие от магистральных локомотивов, условия эксплуатации маневровых тепловозов характеризуются частыми разгонами и торможениями, работой на сортировочных горках и подъездных путях промышленных предприятий. Такой режим работы приводит к интенсивным циклам заряда и разряда тяговых аккумуляторных батарей [1; 5; 6].

Ключевым фактором, влияющим на ресурс и безопасность литий-ионных и никель-металлгидридных батарей, применяемых на современном подвижном составе, является их тепловое состояние. Перегрев батареи в процессе быстрого заряда ведет к деградации электродов, необратимой потере емкости и может стать причиной опасного явления, известного как тепловой разгон. Это явление способно привести к возгоранию или разрушению аккумуляторного блока [2; 3; 5]. Таким образом, исследование тепловых процессов при заряде тяговых аккумуляторных батарей локомотивов является актуальной научно-практической задачей, имеющей прямое отношение к безопасности движения и экономической эффективности перевозочного процесса [3; 9].

Практическая реализация и обеспечение безопасности перспективных систем тягового подвижного состава неразрывно связаны с качеством проведения ремонтных работ и

достоверностью методов контроля технического состояния. Как показывает анализ эксплуатации существующего парка, например электровозов ВЛ80С, надежность электрооборудования во многом определяется совершенством системы технического обслуживания [4]. В этой связи особую значимость приобретает деятельность специализированных подразделений, таких как дирекции по ремонту тягового подвижного состава, в функции которых входит организация всего цикла восстановления работоспособности локомотивов [8]. Основным этапом этого цикла являются приемосдаточные испытания после ремонта, позволяющие подтвердить соответствие тяговых электродвигателей и других узлов проектным параметрам [9]. Кроме того, для обеспечения безопасности движения на современном этапе развития необходимо не только контролировать состояние механической и электрической частей, но и внедрять интеллектуальные системы безопасности, сравнительный анализ которых позволяет выбрать оптимальные решения для условий конкретного депо [11]. Учитывая тенденции развития скоростного и маневрового подвижного состава в современных условиях [10], можно утверждать, что внедрение гибридных силовых установок с аккумуляторными батареями требует адаптации существующей ремонтной и диагностической базы под новые, более сложные объекты контроля, такие как системы накопления энергии и их тепловые режимы.

Математическое описание тепловых процессов при заряде. Процесс заряда тяговой аккумуляторной батареи тепловоза представляет собой сложный нестационарный процесс преобразования электрической энергии. В зависимости от конструктивной схемы локомотива, энергия может поступать от бортового генератора при работе дизеля либо от внешнего зарядного устройства в условиях локомотивного депо [2; 7; 8]. Подводимая энергия преобразуется в химическую энергию активных веществ аккумуляторов. Однако часть этой энергии неизбежно и необратимо рассеивается в окружающее пространство в виде тепла, вызывая нагрев электрохимической системы [3; 5].

Для описания этого процесса используется уравнение теплового баланса, которое рассматривает распределение энергии за бесконечно малый промежуток времени. Согласно этому уравнению, мощность, подводимая к батарее от зарядного устройства или генератора, распределяется по трем основным направлениям [3; 6].

Первая составляющая идет на увеличение потенциальной химической энергии батареи, то есть непосредственно на накопление заряда. Вторая составляющая расходуется на повышение температуры всех компонентов, входящих в состав аккумуляторного блока. К ним относятся электроды, электролит, сепараторы, токоведущие шины и корпусные элементы. Количество тепла, поглощаемое этими компонентами при нагреве, зависит от их массы и теплоемкости [5]. Третья составляющая представляет собой потери тепла в окружающую среду в результате теплообмена. Интенсивность этого процесса определяется площадью поверхности батареи, коэффициентом теплоотдачи и разностью температур между батареей и окружающим воздухом в машинном отделении локомотива [3; 6].

Данное уравнение является фундаментальным, однако его практическое применение затруднено из-за сложности точного определения всех параметров. Ток и напряжение заряда не являются постоянными величинами и изменяются во времени в зависимости от степени заряженности батареи. Внутреннее сопротивление электрохимической системы также не остается неизменным и зависит от температуры и текущего химического состава активных масс.

Упрощенная методика оценки нагрева. Для оперативной оценки теплового состояния батареи в условиях ограниченного объема исходных данных может быть применен метод, основанный на использовании коэффициента полезного действия аккумулятора. Под коэффициентом полезного действия в данном случае понимается отношение энергии, отданной батареей при разряде, к энергии, затраченной на ее предшествующий заряд.

Если принять допущение, что потери тепла в окружающую среду в процессе заряда пренебрежимо малы по сравнению с общим количеством выделяющейся теплоты, то можно

предположить, что вся энергия, затраченная на заряд, расходуется на две цели: накопление полезной потенциальной энергии, которая впоследствии будет использована для питания тяговых электродвигателей, и на тепловые потери, возникающие из-за внутреннего сопротивления аккумуляторов и побочных химических реакций.

На основе этого допущения количество тепла, выделившееся в аккумуляторной батарее за полный цикл заряда, можно выразить через полную затраченную энергию и коэффициент полезного действия. Математически это описывается соотношением, согласно которому тепловая энергия равна произведению полной энергии заряда на величину, равную единице минус квадратный корень из коэффициента полезного действия. Использование квадратного корня в данной зависимости обусловлено необходимостью учета того факта, что потери энергии имеют место как при заряде, так и при разряде, и распределяются между этими процессами.

Зная количество выделившейся теплоты и используя понятие средней теплоемкости аккумуляторного блока, можно определить величину его нагрева. Под средней теплоемкостью понимается сумма произведений масс всех элементов конструкции батареи на их удельные теплоемкости. Тогда нагрев батареи рассчитывается как отношение выделившейся тепловой энергии к этой суммарной теплоемкости.

Данная методика, несмотря на свою приближенность, позволяет прогнозировать конечную температуру батареи при известных параметрах заряда и паспортном значении коэффициента полезного действия. Это особенно важно на ранних этапах проектирования систем охлаждения для мощных тяговых батарей, устанавливаемых на перспективных маневровых тепловозах.

Заключение. В результате проведенного теоретического исследования были получены выводы, имеющие практическое значение для эксплуатации железнодорожного подвижного состава с гибридными силовыми установками.

Разработана математическая модель теплового состояния тяговой аккумуляторной батареи в процессе заряда, основанная на уравнении теплового баланса и учитывающая распределение подводимой энергии между накоплением заряда, нагревом компонентов и теплообменом с окружающей средой. Результаты выполненной работы могут быть использованы при проектировании систем охлаждения для перспективных маневровых тепловозов с гибридными силовыми установками. В частности, они применимы для перспективных локомотивов типа ТЭМ9Н, ТЭМ5Х, а также при модернизации находящихся в эксплуатации тепловозов серий ТЭМ18. Внедрение разработанных рекомендаций позволит обеспечить стабильную и надежную работу аккумуляторных батарей в различных климатических условиях эксплуатации на сети Российских железных дорог, повысить энергоэффективность маневровой работы и снизить эксплуатационные расходы на обслуживание и замену дорогостоящих электрохимических систем.

Библиографический список

1. Арефьев, Е. М. Влияние условий эксплуатации шахтных монорельсовых локомотивов на долговечность полимерных ободьев приводных колес / Е. М. Арефьев, К. А. Рябко // Горные науки и технологии. – 2023. – Т. 8, № 1. – С. 59-67. – DOI 10.17073/2500-0632-2022-11-34. – EDN XBVYLS.
2. Гутаревич, В. О. Исследование условий работы аккумуляторных батарей локомотивов / В. О. Гутаревич, К. А. Рябко, В. А. Захаров // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2020. – № 56. – С. 95-102. – EDN MYHGMT.
3. Рябко, К. А. Исследование теплового состояния аккумуляторных батарей шахтных локомотивов в процессе зарядки / К. А. Рябко // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 1. – С. 343-353. – EDN GOYXMA.
4. Рябко, К. А. Оценка надежностных характеристик электрооборудования электровозов ВЛ80С / К. А. Рябко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26

апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 216-221. – EDN SGWDSZ.
5. Рябко, К. А. Оценка прочностных характеристик аккумуляторных батарей шахтных электровозов / К. А. Рябко, Е. М. Арефьев // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2023. – № 2(18). – С. 31-43. – DOI 10.46573/2658-5030-2023-2-31-43. – EDN TROAVV.
6. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
7. Стоянова, Н. В. Основные функции и задачи дирекции по ремонту тягового подвижного состава / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 286-290. – EDN EXQUOL.
8. Стоянова, Н. В. Проведение приемосдаточных испытаний тягового электродвигателя тягового подвижного состава после ремонта / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 189-192. – EDN QTJEKI.
9. Стоянова, Н. В. Развитие скоростного подвижного состава в современных условиях / Н. В. Стоянова, Е. Г. Спиридонов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 290-292. – EDN RREVCK.
10. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.

УДК 511

УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ЯЗЫКА

Попова А.С., Алтухов А.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация: в статье приводится анализ взаимодействия жизнедеятельности человека и развития математических наук, дающих набор инструментов для познания окружающего мира.

Ключевые слова: математические модели, основные разделы математики, эффективность математики, математический язык, искусственный интеллект.

«Ни одно человеческое исследование не может
назваться истиной наукой, если оно не прошло
через математические доказательства.»
Леонардо да Винчи

В течении всей жизни математика неотъемлема от человека. Изучение законов и математических приемов способствует развитию у курсантов важные качества, как военного специалиста: сильную волю, целеустремленность, сосредоточенность, работоспособность,

память, логическое мышление, умение сравнивать, сопоставлять, выделять главное, классифицировать, способность к творчеству. Великие открытия делались в большей части трудом, трудолюбием, и талант был только в помощь. Математика, как точная наука, воплощает порядок, логику. Окружающий нас мир следует законам, которые можно записать математическим языком. На основании полученных связей можно уже строить математические модели, которые уже будут описывать возможные состояния явлений, пока только конечно на бумаге. Математика помогает не только понимать логику окружающий явлений, но и находить решение самых разнообразных задач. Ведь именно благодаря построенным математическим моделям не требуется проводить дорогостоящие, чтобы реализовать какой-нибудь сложный проект, и зачастую опасные или невозможные эксперименты (космические проекты, медицинские разработки и другое).

Рассмотрим основные разделы математики, которые помогают нам именно познавать окружающий мир.

Арифметика. Числа, все операции с ними являются основной базой для построения всех математических моделей. Без чисел трудно представить любую информацию в различных областях науки: физика, биология, химия, медицина, экономика – эти информационные науки невозможны без арифметических вычислений. Мы живем среди чисел дома, в магазине, на работе, на отдыхе…

Геометрия. В этом разделе математики даются основные соотношения различных форм предметов: на плоскости, в пространстве. Изучая данный раздел, мы понимаем какие формы возможны у предметов. Основываясь на геометрических знаниях, начинаем проектировать и строить окружающие нас объекты: дома, машины, самолеты и т.п.

Алгебра. С помощью алгебраических уравнений, формул строятся математические модели реальных процессов, происходящих в окружающем мире. Решение алгебраических уравнений, неравенств позволяет инженерам – разработчикам проектировать сложнейшее оборудование для достижения определенных практических целей.

Математический анализ. Теория анализа функций и дальнейшего построения графиков. Несомненная польза визуалировать полученные практические данные, а в дальнейшем их анализировать, не нуждается в подтверждении. Графики могут способствовать пониманию основных свойств и возможные тенденции изучаемого процесса. Графики описывают изменения погоды, температуры, направления ветра (это важно при планировании полетов самолетов) и многое другое. В экономике удобно использовать графические показатели цен. В любой области графически представленная информация удобна и информативна.

Статистика. В этом разделе математики изучаются практические данные, определяются их свойства. Найденные связи и зависимости помогают предполагать определенный результат. В современном мире без статистических расчетов не обходится ни одно предприятие, они помогают строить долгосрочные бизнес – планы. На основе статистических данных строится не только экономика, но и политическая стратегия стран. Законы статистики очень тесно связаны с теорией вероятностей.

Одна из достаточно молодых областей математики – *криптография*. Методы защиты информации всегда были актуальны, особенно в наш информационный век.

Математика обладает свойством опережать экспериментальные знания и позволяет силой мысли проникать в те уголки Вселенной, куда мы физически проникнуть не можем.

Почему же математика описывает процессы во Вселенной достаточно правдоподобно? Многие физические явления и объекты были открыты на бумаге с помощью математических вычислений и моделей, а уже в дальнейшем подтверждались физическим существованием. Примером служит открытие Нептуна, доказательство существования позитронов, приложение комплексных чисел для описания квантовой механики. Конические сечения изучались еще в древней Греции, а применение нашли в XVII веке при описании орбит движения планет. Альберт Эйнштейн по этому вопросу высказался так: «Как может математика, порождение человеческого разума, независимое от индивидуального опыта,

быть таким подходящим способом описывать объекты в реальности? Может ли тогда человеческий разум силой мысли, не прибегая к опыту, постичь свойства вселенной?» Эффективность математики, как метода познания мира, в том, что, наблюдая за миром физическим, мы начинаем изучать математику еще в дошкольном возрасте, а потом вместе с собственным взрослением расширяем наши познания и способствуем развитию этой науки. Следя за физическими формами предметов, мы изучаем геометрию. Считая доход, животных, другие предметы, окружающие нас, разбираемся со свойствами действий над числами. Мы начинаем понимать, что эти свойства универсальны и верны для любых дискретных объектов. И это, возможно, основное свойство математики: математическое утверждение остается верным при правильной замене объектов исследования. Если математическое утверждение верно, то оно верно в любом географическом месте, в любое время.

Математический язык хорошо описывает происходящие в окружающем мире физические явления. Возьмём к примеру закон гравитации. Его можно очень подробно описать словами: «В кабинете физики военно – воздушной академии, на втором этаже, в 13 часов 30 минут, я уронил тетрадь весом 200 грамм, она упала через 1,38 секунд на пол.» Но в этом тексте совершенно не видно закономерностей, которые помогли бы решить схожие задачи. Разумнее все сказанное записать, используя математические символы, в виде равенства – и мы получим гравитационный закон Ньютона. Тоже относится к любым другим физическим закономерностям, которые естественней записывать на математическом языке с помощью математических формул.

Люди вокруг себя замечают большое количество закономерностей. Это закон природы: чтобы оставаться живым, необходимо приспосабливаться, уметь защищаться. Чем лучше мы разбираемся в окружении, чем большей информацией обладаем, тем более защищены. Но вот вопрос: наблюдаемые закономерности в окружающем мире – есть ли они вообще или это плод нашего воображения? Если провести какой – либо эксперимент в Воронеже, будет ли получен такой же результат и в Москве? Почему снаряд, выпущенный из орудия 13.00 будет лететь по такой же траектории, если его запустить в 16.30? Если за полетом самолета следит несколько человек, то его время полета одинаково для всех наблюдающих? На эти вопросы можно ответить так: у природы всегда есть предсказуемые явления, если бы во Вселенной не было закономерностей, то никакая и тем более интеллектуальная жизнь на Земле не существовала.

Можно выстроить такую цепочку взаимосвязей: есть закономерности – есть физические законы, их связывающие – есть математические формулы, как язык познания этих закономерностей. И утверждение, что математика нас окружает везде, не является преувеличением. Математические модели и алгоритмы в нашей повседневной жизни встречаются повсеместно: прогноз погоды, расписание автобусов, сотовые телефоны, GPS – навигатор, автомобили, кредитные карточки, можно перечислять бесконечно долго.

Защита информации – это одна из важнейших проблем в век информационных технологий. Данная проблема решается с помощью математического алгоритма. Для устранения ошибок при передаче сжатых графических файлов и данных разработаны корректирующие коды.

Моделирование климата без построения уравнений, которые описывают взаимодействие различных климатических процессов: парниковый эффект, атмосферные явления, солнечная активность, таяние льдов, изменения течений в Мировом океане – просто невозможно. Основываясь на полученных данных ученые – математики прогнозируют возможные изменения в климатических системах. Для построения математических моделей метеопрогнозов необходимы мощные вычислительные ресурсы и высокоэффективные технологии. Успешные результаты в этом направлении получены при прогнозировании передвижения ураганов. Что позволяет лучше подготовиться к защите от стихийного бедствия. Прогнозирование в этом направлении позволяет заранее решить такие вопросы:

какие необходимы требования к градостроительству, чтобы легче переносить аномальную жару и недостаток воды, или как предотвратить последствия после наводнений.

Изменения в организации человеческого общества тоже не остаются без внимания математиков. По данным ООН на планете к 2025 году население Земли стало больше 8 миллиардов 200 миллионов человек, а в будущем достигнет 11 миллиардов. И здесь на первый план выдвигается еще одна область математики – оптимизация. Необходимо организовать наиболее рационально работу транспорта, доставку продуктов, график работы предприятий и персонала. Поиском оптимальных вариантов занимается научное направление математики – исследование операций. Их методы широко используют в сфере экологии: рациональное потребление продуктов, экономия воды и энергии, максимальное использование ресурсов.

И конечно же нельзя забыть про искусственный интеллект (ИИ) – результат успешного совместного применения статистики, информатики, математики. Компьютеры и роботы программируют таким образом, чтобы они научились учиться. По данным Стэндфордского университета ИИ в 2024 году превзошел человеческие возможности в понимания языка, в визуальном мышлении, в классификации изображений. В России в транспортной отрасли был реализован проект «Беспилотные логистические коридоры» на маршруте Москва – Санкт – Петербург. В промышленности широко внедряются системы 3D – моделирования. Для повышения эффективности взаимодействия государственных структур и граждан ИИ широко внедряется в социальную сферу: более 130 миллионов пользователей только в России. ИИ значительно ускоряет обработку гигантских объемов информации, сокращая время от научной гипотезы до открытия. К 2030 году планируется внедрить во все основные отрасли промышленности, в здравоохранение, транспорт интегральных цифровых платформ с применением ИИ.

Кроме всего выше сказанного, математика существенно влияет на развитие умственных качеств человека. К ним относятся аналитические, дедуктивные (способность к обобщению), критические, прогностические (умение прогнозировать, мыслить на несколько шагов вперед) способности. Математика, как абстрактная наука, тренирует человеческую память, улучшает способность концентрироваться, абстрактно мыслить. Изучая, математику, человек развивает следующие свои интеллектуальные способности:

– умение обобщать, находить значение частного в общем;

– умение анализировать сложные жизненные ситуации, принимать правильное решение проблем среди всех возможных вариантов;

– умение находить закономерности;

– умение логически мыслить и рассуждать, грамотно и четко формулировать мысли, делать верные логические выводы;

– умение быстро соображать, принимать решение;

– умение планирования, способность удерживать в голове несколько последовательных шагов;

– умение последовательно и логично выстраивать сложные операции и удерживать их в уме.

Это подтверждает слова Ломоносова: «Математику только зачем учить надо, что она ум в порядок приводит.» [1]

Таким образом, математические науки дают нам в руки богатый набор инструментов с широчайшими возможностями применения, и можно с полной уверенностью утверждать, что математика – метод и язык познания окружающего мира.

Важность в нашей жизни математики подтверждена в очередной раз на всемирном уровне: с 2020 года 14 марта ежегодно отмечается Международный День Математики. Он был утвержден 40 – й сессией Генеральной конференции ЮНЕСКО. Эта дата 14 марта в ряде стран и научных кругах посвящают одной из точных наук: это день числа «π», а теперь и Международный День Математики. Цель этого праздника –расширение осведомленности мирового сообщества о возрастающей роли математических наук в современном мире. В

последние годы необходимо привлечь внимание общества к решению проблем во многих областях, включая энергетику и искусственный интеллект, компьютерные науки и инженерию, изменение климата с применением новейшего математического аппарата.

Библиографический список

1 Лиман М.М. Школьникам о математике и математиках. М.: Просвещение, 1981. 80с.

УДК 629.42

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЛОКОМОТИВОВ

Прохоров А.А.
РГУПС, Филиал ГРУПС в г. Воронеж

В данной работе проанализирована система ТОиР для того чтобы поддерживать надежность и работоспособность локомотив, своевременно выявлять и устранять неисправности, предупреждать появления отказов в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: ремонтные циклы, подвижной состав, локомотивный парк, техническое обслуживание, виды ремонта.

К основным характеристикам системы ТОиР, определяющим структуру, организацию, технологию и экономику ремонтного производства, следует отнести:

- номенклатуру видов ремонта и технического обслуживания локомотивов;
- ремонтные циклы;
- глубину восстановления деталей, узлов и агрегатов;
- межремонтный ресурс, определяемый наработкой по пробегу или продолжительности работы.

Эти характеристики определяют кардинальную задачу ТОиР – как часто и какие мероприятия необходимо производить, чтобы обеспечить эксплуатационную надежность и высокую эффективность работы локомотивного парка при минимальных издержках технического обслуживания и ремонта.

Номенклатура видов ремонта и технического обслуживания определяется особенностями и степенью сложности устройства локомотива, соотношением долговечности базовых узлов и агрегатов, природой и интенсивностью их изнашивания.

Глубина восстановления определяется уровнем межремонтного ресурса и параметров работоспособности. Она характеризует объем ремонтных работ по видам ремонта и определяется Правилами ремонта, имеющими силу отраслевого стандарта.

Повторяемость различных видов ремонта в определенной последовательности называют цикличностью, или периодичностью ремонта.

Ремонтным циклом называют совокупность периодических видов ремонта, выполняемых в определенной последовательности в пределах между двумя смежными капитальными ремонтами.

Необходимость постановки локомотива в тот или иной вид ремонта определяется соответствующим ресурсом или наработкой на ремонт по предельным износам базовых узлов или агрегатов. Постановка в плановый вид ремонта определяется нормами межремонтного пробега. Среднесетевые нормы межремонтных пробегов локомотивов и мотор-вагонного подвижного состава устанавливаются приказом министра.

Для различных железных дорог устанавливаются дифференцированные нормы пробегов или периодов работы между видами ремонта и техническим обслуживанием. Для различных локомотивных депо нормы определяются отделениями дорог в пределах дорожных дифференцированных норм, установленных ОАО «РЖД». Дифференцированные нормы устанавливаются зависимости от конструкции и состояния локомотивного парка,

условий его эксплуатации, технической оснащенности и совершенства технологии ремонтного производства.

Современная организация ремонта локомотивов включает в себя следующие понятия: специализация, кооперирование, концентрация, применение агрегатного метода ремонта, сетевое планирование и управление, НОТ и средства технической диагностики ремонтного производства.

Специализация ремонтного производства. В структуре ремонтного производства было показано, что специализация предприятий осуществляется по признаку однородности технологических процессов, по видам ремонта и по признаку однотипности ремонтируемых устройств (производства ремонта на предприятии только одной серии локомотивов).

Агрегатный метод ремонта стал одной из наиболее эффективных форм организации ремонтного производства. При агрегатном методе ремонта изношенные детали, узлы или агрегаты локомотива, стоящего в ремонте заменяются ранее отремонтированными, снятыми с предыдущего локомотива. Условием применения этого метода является взаимозаменяемость деталей и узлов, а также наличие оборотного фонда взаимозаменяемых деталей и узлов. Целесообразность определяется по специальным формулам, и все это зависит от объема ремонта. Агрегатный метод ремонта экономически целесообразен тогда, когда снижение расходов вследствие снижения простоя в ремонте больше чем повышение средств на комплектование технологического запаса.

Научная организация труда (НОТ) - комплекс организационных, технических и экономических мероприятий по совершенствованию организации производства, методов управления на основе новейших достижений науки и техники.НОТ направлен на достижение выше указанных положительных свойств. НОТ производится в три этапа:

1. изучение и анализ существующей организации труда;
2. составление плана НОТ;
3. внедрение планов НОТ.

На предприятии имеется совет НОТ, состоящий из опытных специалистов, возглавляемый главным инженером.

Литература

1. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.

2. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
3. Рябко, К. А. Исследование теплового состояния аккумуляторных батарей шахтных локомотивов в процессе зарядки / К. А. Рябко // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 1. – С. 343-353. – EDN GOYXMA.
4. Рябко, К. А. Оценка надежностных характеристик электрооборудования электровозов ВЛ80С / К. А. Рябко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 216-221. – EDN SGWDSZ.
5. Рябко, К. А. Исследование процесса заряда аккумуляторных батарей шахтных подвесных монорельсовых локомотивов / К. А. Рябко // Горная механика и машиностроение. – 2022. – № 2. – С. 30-36. – EDN LFUDNM.

6. Стоянова, Н. В. Неразрушающий контроль и сертификация/ *Стоянова Н.В.,* Бомбардиров А.П.*, и др.*// Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта М. 2009 С.60-63.
7. Стоянова, Н. В. Основные функции и задачи дирекции по ремонту тягового подвижного состава / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 286-290. – EDN EXQUOL.
8. Стоянова, Н. В. Развитие скоростного подвижного состава в современных условиях / Н. В. Стоянова, Е. Г. Спиридонов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 290-292. – EDN RREVCK.
9. Стоянова, Н. В. Проведение приемосдаточных испытаний тягового электродвигателя тягового подвижного состава после ремонта / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 189-192. – EDN QTJEKI.
10. Рябко, К. А. Определение основных параметров работы токоприемника АТЛ15-ТЭК130-У1 / К. А. Рябко // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2023. – № 4-6. – С. 16-20. – EDN AVGKXG.

УДК 629.42

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЯМЫХ РАСХОДОВ НА ТО-3 ЭЛЕКТРОПОЕЗДА ЭД9М

Прохоров А.А.
Руководитель: Тимофеев А.И.
РГУПС, Филиал РГУПС в г. Воронеж

Периодичность и предельная продолжительность выполнения технического обслуживания и ремонтов моторвагонного подвижного состава установлены Распоряжением от 19 декабря 2016 г. N 2585р Об утверждении положения о планово-предупредительном ремонте моторвагонного подвижного состава ОАО "РЖД". В соответствии с указанным Положением ТО-3 для электропоездов ЭД9М проводится через каждые 3,36-4,2 тыс. км пробега, что соответствует 6-8 суткам эксплуатации. Средняя продолжительность ТО-3 установлена 4 часа, а предельная продолжительность не может быть более 5 часов (без учёта времени ожидания ремонта и дополнительных работ).

Расходы определены в отношении проведения ТО-3 в летний период. Электропоезд ЭД9М в 4-х вагонном исполнении, оборудован экологически чистыми туалетами и системой обеспечения микроклимата (кондиционеры КЖ2-0,5, УКВ-4,5-ЭД, агрегаты вентиляции АВТ-500). Обточка колёсных пар не производилась, дополнительные работы не учитываются. Результаты анализа производственных операций сведены в таблицу 1

Таблица 1. Анализ операций, выполняемых при ТО-3 электропоезда ЭД9М

Операция	Трудоёмкость	используемые материалы
диагностика состояния ходовой части при постановке на ремонтную позицию	мастер 8 разряда, 20 минут	нет
Техническое обслуживание механического оборудования (тележек, редукторных узлов,	слесарь 4 разряда, 6 человек, 230	моющие средства,

узлов заземления, тормозной рычажной передачи, гасителей колебаний, сцепного оборудования, кузова и межвагонных переходов, внутривагонного оборудования, туалетов)	минут	смазочные и обтирочные материалы, уплотнитель, метизы, материалы для ремонта салона
Проверка тормозного и пневматического оборудования (кранов, компрессоров, манометров)	слесарь 5 разряда, 2 человека, 80 минут	смазочные и обтирочные материалы, уплотнитель, метизы
Техническое обслуживание электрического оборудования (тяговых двигателей, вспомогательных электрических машин, тягового трансформатора, силовых контроллеров, контакторов, токоприёмников, главных и быстродейсвующих выключателей, высоковольтного ввода, разрядников, аккумуляторной батареи	электромеханики 5 разряда, 4 человека, 200 минут	провода, изолирующие материалы, метизы, смазочные и обтирочные материалы
Обслуживание и ремонт электронного оборудования (ВУ, БУКЗ)	электромеханики 5 разряда, 2 человека, 200 минут	провода, изолирующие материалы, метизы
Обслуживание и ремонт систем управления, связи, освещения и безопасности, пожарной сигнализации и пожаротушения, системы обеспечения микроклимата	электромеханики 5 разряда, 2 человека, 240 минут	провода, изолирующие материалы, метизы
влажная уборка внутренних помещений, экипировка ЭЧТК	рабочий по уборке МВПС (аутсорсинг), 4 человека, 120 минут	моющие средства

При проведении ТО-3 расходуются следующие материалы: смазочные и обтирочные материалы, масло трансформаторное, моющие средства, метизы, электромонтажные материалы (провода, клеммы, соединительные колодки, изолирующие материалы), материалы для ремонта салона (фурнитура, обивочные материалы). Номенклатура материалов для выполнения ТО-3 установлена Руководством «Электропоезда. Общее руководство по техническому обслуживанию и ремонту» ЛВ2.0015 СО. Фактическая величина расхода материалов на проведение ТО-3 4-х вагонного состава определена эмпирически (опросом и наблюдением). Цены за единицу материалов взяты из открытых источников, стоимость определена путём перемножения количества на цену. Расчёт стоимости приведен в таблице 2. Совокупная величина прямых материальных затрат составила 13 740 рублей.

Таблица 2. Стоимость материалов для проведения ТО-3

Наименование материалов	количество	Стоимость, руб.
Буксол	2 кг	650
Графитная смазка УСсА	0,5 кг	110
Солидол Ж	3 кг	600

WGF-130	0,01 кг	50
ЦИАТИМ-201	1 кг	600
Масло компрессорное К-19	0,5 кг	310
Масло трансформаторное ТКп	2 кг	420
Моющие средства	8 кг	800
Обтирочные материалы	3 кг	250
Метизы	2 кг	3500
Электромонтажные материалы		1250
Материалы для ремонта салона		5200
ИТОГО		13740

Прямые расходы на оплату труда определены путём перемножения трудоёмкости на часовую тарифную ставку соответствующего вида работ. Трудоёмкость определена в результате хронометражных наблюдений. Часовая тарифная ставка определена в соответствии с Положением о корпоративной системе оплаты труда работников филиалов и структурных подразделений открытого акционерного общества "Российские железные дороги" (утв. решением правления ОАО "РЖД" (протокол от 18-19 декабря 2006 г. N 40). Распоряжением ОАО «РЖД» от 31.01.2025 №188/р часовая тарифная ставка первого разряда с 01.03.2025 составляет 78,61 руб.

Тарифные коэффициенты для 2 уровня оплаты труда 2, 4, 5 и 8 разрядов равны соответственно 1,37, 1,89, 2,12 и 2,69. Уровень надбавки за профессиональное мастерство для 4,5 и 8 разрядов составляет соответственно 16, 20 и 24%, для 2 разряда – не предусмотрен. Расчет прямых расходов на оплату труда приведен в таблице 3.

Таблица 3. Трудоёмкость ТО-3 4-х вагонного ЭД9М и прямые расходы на оплату труда

Специальность, разряд	Норма численности, чел	Трудоёмкость, чел-мин	Тарифный коэфф-т	Премия, %	Расходы на оплату труда, руб.
Слесарь, 8 разряд (мастер)	1	20	2,69	24	87
Слесарь, 4 разряд	6	1380	1,89	16	3964
Слесарь, 5 разряд	2	160	2,12	20	533
Электромеханик, 5 разряд	8	1680	2,1	20	5600
Рабочий по уборке и экипировке, 2 разряд (аутсорсинг)	4	480	1,37		862
ИТОГО	21	3720			11046

Совокупные расходы на оплату труда составляют 11 046 рубля. В соответствии со ст. 425 НК РФ тариф страхового взноса на фонд оплаты труда составляет 30%. Величина страховых взносов составит: 11 046 х 0,3 = 3 314 руб.

Таким образом, прямые расходы на проведение ТО-3 составят:

13740 + 11 046 + 3 314 = 28 100 рублей

Список литературы:

1. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.

2. Обзор конструкций тяговых аккумуляторных батарей, применяемых на шахтных электровозах / В. О. Гутаревич, К. А. Рябко, Е. В. Рябко, В. А. Захаров // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2020. – № 2. – С. 109-118. – DOI 10.21440/0536-1028-2020-2-109-118. – EDN YMLFKJ.
3. Патент № 2783009 C1 Российская Федерация, МПК B60L 53/30, B60L 58/12, B60L 58/16. Зарядно-разрядное устройство аккумуляторных батарей : № 2022112580 : заявл. 05.05.2022 : опубл. 08.11.2022 / Н. В. Водолазская, К. А. Рябко, Е. В. Рябко [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина". – EDN KHAHJG.
4. Рябко, К. А. Воздействие двигателей внутреннего сгорания на окружающую среду / К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2016. – № 41. – С. 55-60. – EDN ZKBDAF.
5. Исследование влияния температуры окружающей среды на работоспособность крышек цилиндров тепловозных дизелей / А. Н. Горобченко, К. А. Рябко, Е. В. Рябко, А. М. Гущин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2016. – № 1(61). – С. 34-43. – EDN VTFJMN.
6. Рябко, К. А. Разработка способа формирования и восстановления емкости аккумуляторных батарей тягового подвижного состава / К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2015. – № 3. – С. 124-128. – EDN VEAAVD.
7. Рябко, К. А. Комплексный показатель оценки эффективности различных видов тяги шахтных подвесных монорельсовых локомотивов / К. А. Рябко // Горная энергомеханика и автоматика : Материалы XXI Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию ДонНТУ, Донецк, 27–29 октября 2021 года. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2021. – С. 37-42. – EDN ILBLXN.
8. Рябко, К. А. Определение основных параметров работы токоприемника АТЛ15-ТЭК130-У1 / К. А. Рябко // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2023. – № 4-6. – С. 16-20. – EDN AVGKXG.
9. Математическая модель процесса изменения температуры в слоях огневого днища крышки цилиндра в режиме прогрева дизеля тепловоза / А. С. Шапшал, А. Н. Горобченко, К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Вестник транспорта Поволжья. – 2016. – № 5(59). – С. 35-40. – EDN XDCFRJ.
10. Рябко, К. А. Повышение долговечности крышек цилиндров тепловозных дизелей / К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Известия Транссиба. – 2016. – № 4(28). – С. 30-37. – EDN VXHXTJ.

УДК 629.42

ПЕРСПЕКТИВЫ ЗАПУСКА ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ ПОВЫШЕННОЙ МАССОЙ

Пылаев Д.А.
РГУПС, Филиал ГРУПС в г. Воронеж

В работе рассмотрим замену тягового подвижного состава для вождения грузовых поездов массой 6300 т и более на участке.

Ключевые слова: ремонтные циклы, подвижной состав, локомотивный парк, грузовой поезд, срок эксплуатации. масса поезда.

Высокие показатели качества транспортного обслуживания зависят от эффективной работы предприятий и отделений железных дорог и прежде всего локомотивных и вагонных депо, дистанций пути, СЦБ и связи, станций и т.д. Надежность технических средств этих

предприятий, особенно подвижного состава, является основой качества перевозок грузов и пассажиров.

К наиболее важным показателям надежности технических средств относятся: безотказность в эксплуатации, долговечность, сохранность, расход энергоресурсов, металла, материалов; стоимость на единицу работы. Показатели эффективности использования локомотивов, вагонов и других технических средств рассматриваются далее.

В настоящее время грузовое движение на участке Лиски – Лихая осуществляется с применением электровозов ВЛ80, приписанных к депо Лиски Ю.В.ж.д. в настоящее время в эксплуатации находится 486 секций. Электровоз ВЛ80 выпускался Новочеркасским электровозостроительным заводом в период с 1979 по 1995 год, т.е. этим локомотива сейчас 30-45 лет, при нормативном сроке эксплуатации 40 лет.

С 2007 года НВЭЗ выпускает локомотивы переменного тока 2(3,4)ЭС5К, 2(3,4)ЭС5С, Э5С, Э5К. Основная часть выпускаемых локомотивов – 3ЭС5К – 120-140 локомотивов в год, остальные – в количестве 20-40 локомотивов в год.

В ближайшее десятилетие произойдёт постепенная смена ВЛ80 на современные локомотивы, что, несомненно, потребует соответствующей модернизации мощностей депо по техническому обслуживанию и ремонту тягового подвижного состава и значительных инвестиций.

Источниками эффекта обусловленного заменой тягового подвижного состава являются:

1. Более эффективная система управления тягой на новом подвижном составе – экономия электроэнергии на тягу и соответствующих расходов.
2. Увеличившийся вес и рост скорости движения поездов позволит сэкономить локомотиво-часы, что приведет к высвобождению подвижного состава, сократит расходы на техническое обслуживание и ремонт, а также расходы на оплату труда локомотивных бригад.
3. Новый подвижной состав в сравнении с изношенным парком ВЛ80 имеет больший коэффициент использования, что приводит к относительному высвобождению и экономии тягового подвижного состава
4. Новый подвижной состав имеет лучшее техническое состояние в сравнении с изношенным парком ВЛ80, что определяет меньшую продолжительность и меньшую трудоёмкость программы текущего ремонта, меньшее количество внеплановых ремонтов.

Исходными источниками информации для оценки экономического эффекта выступают:

1. Данные об объёмах эксплуатационной работы на участке
2. Данные опытных поездок поездов 6000 – 6300т с электровозом 3ЭС5К с потележечным регулированием силы тяги.
3. Данные опытных поездок обычных поездов с электровозом ВЛ80 на указанном участке.
4. Данные эксплуатации 3ЭС5К в депо железной дороги.

Литература

1. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.
2. Стоянова, Н. В. Неразрушающий контроль и сертификация/ *Стоянова Н.В.,* Бомбардиров А.П.*, и др.*// Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта М. 2009 С.60-63.
3. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского

государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
4. Рябко, К. А. Исследование теплового состояния аккумуляторных батарей шахтных локомотивов в процессе зарядки / К. А. Рябко // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 1. – С. 343-353. – EDN GOYXMA.
5. Рябко, К. А. Оценка надежностных характеристик электрооборудования электровозов ВЛ80С / К. А. Рябко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 216-221. – EDN SGWDSZ.
6. Рябко, К. А. Исследование процесса заряда аккумуляторных батарей шахтных подвесных монорельсовых локомотивов / К. А. Рябко // Горная механика и машиностроение. – 2022. – № 2. – С. 30-36. – EDN LFUDNM.
7. Рябко, К. А. Определение основных параметров работы токоприемника АТЛ15-ТЭК130-У1 / К. А. Рябко // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2023. – № 4-6. – С. 16-20. – EDN AVGKXG.
8. Стоянова, Н. В. Основные функции и задачи дирекции по ремонту тягового подвижного состава / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 286-290. – EDN EXQUOL.
9. Стоянова, Н. В. Развитие скоростного подвижного состава в современных условиях / Н. В. Стоянова, Е. Г. Спиридонов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 290-292. – EDN RREVCK.
10. Стоянова, Н. В. Проведение приемосдаточных испытаний тягового электродвигателя тягового подвижного состава после ремонта / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 189-192. – EDN QTJEKI.

УДК 343.0

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КАК НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРИОРИТЕТ: ПРАВОВЫЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТ

Расстрыгина В.В.
Руководитель Меганов С.А.
Воронежский юридический техникум

Аннотация. В статье представлен анализ основных проблем экологической безопасности, с точки зрения национальныых приоритетов РФ на современном этапе

Ключевые слова: экология, безопасность, экологическая культура, правовая безопасность

В современной России вопросы экологии перешли из разряда «охраны природы» в сферу стратегических национальных интересов. Указ Президента РФ от 2 июля 2021 года № 400 прямо закрепляет: экологическая безопасность и рациональное природопользование — один из ключевых приоритетов Стратегии национальной безопасности. Это означает, что состояние окружающей среды сегодня напрямую связано с сохранением народа, его здоровья и экономической стабильности.

Правовая основа формирования экологической культуры

Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» в главе XIII устанавливает основы формирования экологической культуры. Особого внимания заслуживают:

- Статья 71 — «Всеобщность и комплексность экологического образования»;
- Статья 74 — «Экологическое просвещение».

Эти нормы обязывают государство и общество внедрять экологические знания на всех уровнях: от школы до профессионального образования. Однако, как показывает практика, законодательство часто опережает реальное поведение граждан.

Антропогенное загрязнение: статистика и тренды

Согласно официальным данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат), ежегодно в России стационарными и передвижными источниками выбрасывается более 22 млн тонн загрязняющих веществ. В 2023 году этот показатель составил 21 976 тыс. тонн.

Наиболее распространённые загрязнители:

оксиды углерода — до 8 549 тыс. тонн;
диоксид азота — около 3 300 тыс. тонн;
летучие органические соединения — до 1 776 тыс. тонн.

В расчёте на душу населения нагрузка составляет 151–153 кг в год. В пересчёте на единицу ВВП — от 153 до 175 кг на 1 млн рублей. Это прямая экономическая метрика: чем грязнее воздух, тем выше затраты на здравоохранение и ниже производительность труда.

Экозависимые заболевания: скрытая угроза

Современная экология выделяет целый класс «экозависимых заболеваний» — патологий, вызванных вредными химическими и физическими факторами. Данные Роспотребнадзора подтверждают устойчивую корреляцию между качеством воздуха в промышленных центрах (Челябинск, Норильск, Липецк) и ростом:

1.новообразований у подростков;

2.болезней органов дыхания;

3.нарушений эндокринной системы (накопление тяжёлых металлов -свинца, ртути — в почве и воде).

Новой угрозой XXI века становится микропластик, проникающий в пищевые цепи и влияющий на метаболизм на клеточном уровне. Также значительный вклад вносят шумовое и световое загрязнение мегаполисов, провоцирующие у молодёжи депрессивные состояния, нарушения сна и хроническую усталость.

Экопсихология: тревога как массовое явление

Экология сегодня влияет не только на тело, но и на психику. Термин «эко-тревожность» (eco-anxiety) становится массовым явлением. Молодые люди (от 14 до 35 лет) — наиболее активная социальная группа — испытывают пессимистический взгляд на будущее. Это напрямую сказывается на их жизненных планах и демографическом поведении: страх перед экологической катастрофой снижает желание создавать семьи и рожать детей.

Авторская позиция: от технических фильтров к экологической гигиене

Решить проблему только установкой очистных фильтров на заводах невозможно. Необходим переход к модели активной экологической ответственности. Практические шаги:

Внедрение концепции «Экологической гигиены» — индивидуальной системы защиты здоровья в городской среде:

- мониторинг качества воздуха через мобильные приложения;
- выбор экологически чистых продуктов;
- минимизация использования агрессивной бытовой химии.
- Программы «зелёного волонтёрства» в образовательных учреждениях:
- снижение социального стресса;
- реальное улучшение экологической обстановки в локальных сообществах.

Экологическая безопасность законодательно признана национальным приоритетом РФ, но требует не только правового, но и поведенческого закрепления.

Здоровье молодёжи на 20–25% зависит от экологических условий (данные ВОЗ и российских медицинских институтов), а в промышленных регионах — выше.

Основной инструмент минимизации рисков — экологическое просвещение, а не только медицина.

Экология влияет на все сферы: от физического здоровья до психологического благополучия и экономической стабильности.

Переход от потребительского отношения к природе к созидательному — единственный путь сохранения здоровья нации в долгосрочной перспективе.

Библиографический список

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году».
2. Материалы ВЦИОМ по теме «Экологическая повестка: мониторинг».
3. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. — URL: https://rosstat.gov.ru
4. Статистические сборники Минздрава России «Здравоохранение в России».
5. Указ Президента РФ от 2 июля 2021 года № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации».
6. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
7. Данные Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор).
8. Гостев, Р. Г. Нормативные правовые основы экологического компонента перехода Российской Федерации к устойчивому развитию / Р. Г. Гостев, С. Р. Гостева // Аграрное и земельное право. – 2015. – № 1(121). – С. 79-93. – EDN TQIIAX.
9. Гостев, Р. Г. БУДУЩЕЕ, КОТОРОГО МЫ ХОТИМ (эколого-климатический компонент перехода России к устойчивому развитию) / Р. Г. Гостев, С. Р. Гостева // Право и государство: теория и практика. – 2014. – № 1(109). – С. 144-152. – EDN SAHKDB.
10. Гостев, Р. Г. Эколого-климатическая составляющая устойчивого развития Российской Федерации через призму итогового документа конференции организации Объединенных наций по устойчивому развитию "будущее, которого мы хотим" / Р. Г. Гостев, С. Р. Гостева // Берегиня. 777. Сова: Общество. Политика. Экономика. – 2013. – № 2(17). – С. 134-157. – EDN XXAJEZ.
11. Гостева, С. Р. Формирование экологической культуры населения / С. Р. Гостева // Транспорт: наука, образование, производство (транспорт-2021) : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 19–21 апреля 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 72-76. – EDN QTLMFN.
12. Гостева, С. Р. Территориально-природные ресурсы национальной безопасности российской федерации / С. Р. Гостева // Европейский журнал социальных наук. – 2012. – № 6(22). – С. 357-365. – EDN NPXDVL.
13. Гостева, С. Р. Экологическая безопасность Российской Федерации / С. Р. Гостева // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2006. – № 13. – С. 66-77. – EDN KUUZCR.
14. Гостева, С. Р. Будущее, которого мы хотим (проблемы перехода Российской Федерации к устойчивому развитию) / С. Р. Гостева // Европейский журнал социальных наук. – 2014. – № 1-2(40). – С. 362-369. – EDN SDJYYB.
15. Гостева, С. Р. Экологическое образование / С. Р. Гостева // Евразийское Научное Объединение. – 2020. – № 6-6(64). – С. 433-434. – EDN ZGDTOU.

347.61/.64

СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МОЛОДЫХ СЕМЕЙ

Родин С.Г., Овсянникова О. Г.
ФГБОУ ВО «ВГЛТУ» им Г.Ф. Морозова

Статья посвящена институту семьи как одной из основных ценностей Российского государства. Авторами рассматривается проблематика молодых семей, так как на этапе создания семьи имеются определенные риски.

Ключевые слова*:* семья, адаптация, супружеские роли, обязанности супругов.

«Дерево держится корнями, а человек — семьёй».
Лев Толстой «Война и мир».

Настоящая семья – это та основа, на которой строится не только благополучие одного человека, но и благополучие государства и его народа. Дружная и крепкая семья в жизни подобна несущей стене здания, разрушив которую, рухнет всё архитектурное сооружение.

Семья – это основа общества, благодаря подлинности и крепости которой возможен рост и развитие всего народа. Мы напрямую взаимосвязаны и не можем конструктивно существовать без нашей личной памяти о нашей семье. Семья – близкие люди, которые вкладывали и вкладывают в нашу душу зерна доброты и теплоты, и всегда были близки нам по духу, как никто другой.

Мы редко задумываемся о том, что именно семья, является тем чистым и наполняющим нас родником, из которого можно пить до упоения живительную воду.

Государственные и муниципальные органы, общественные объединения, религиозные организации, волонтерские движения, которые призваны служить во благо обществу не могли бы существовать и осуществлять свою деятельность, если бы когда-то давно, человек, сейчас уже взрослый, работающий в них, не был тронут материнским теплом и отцовской заботой.

В данной работе мы рассматриваем «молодые семьи» и их социально-психологические проблемы для того, чтобы понять ценность «семейных УЗ» и найти способ наиболее гармоничного разрешения, связанных с ними, трудностей.

Как такового однозначного определения «молодой семьи» не существует. Учёные, занимающиеся изучением данного социального явления, по-разному интерпретируют это понятие. Они, с высоты своего академического и жизненного опыта, чтобы выявить суть, вкладывают в данное понятие такие характеристики, как возраст супругов, стаж семейной жизни, факторы, влияющие на устойчивость брачных отношений, к которым относят, прежде всего, психологическую совместимость, глубину эмоциональной связи, наличие и совпадение ценностных систем.

В нашем исследовании определение понятия «молодая семья» основано на нормативных дефинициях, отраженных в Постановлении Верховного Совета Российской Федерации от 3 июня 1993 № 5090–1 «Основные направления государственной молодёжной политики в Российской Федерации», которое, включает в себя три главных характеристики: продолжительность супружеской жизни не более трех лет, официально зарегистрированный брак и возраст супругов в пределах 14–30 лет [1].

Согласно мнению Грегори Бейтсона [2], понятие «молодая семья» рассматривается как первый этап семейной жизни в классификации этапов ее формировании. К основной задаче развития семьи в это время относится адаптация супругов друг к другу. В процессе, которой обычно и возникают те острые конфликты, вовремя не разрешив которые, в будущем супруги рискуют возвращаться к ним снова и снова, тем самым нанося травму своему браку.

Социально-психологические проблемы семьи – это возникшие в семье трудности, напрямую связанные с взаимоотношениями между членами семьи, проявляющиеся в конфликтах и разногласиях мнений, являющиеся препонами на пути к семейной гармонии.

Создание молодой семьи в современном Российском обществе неразрывно связано с возникновением проблем социально-психологического характера, которые проявляясь в конкретных ситуациях, происходящих как внутри семьи, так и за её пределами с членами данной семьи, оказывают, зачастую, деструктивное влияние не только на пару в целом, но и на их ребёнка.

Как правило, они возникают на разных этапах семейной жизни. Но большая часть из них приходится именно на начало семейной жизни.

Социально-психологические проблемы в молодых семьях обусловлены следующими факторами:

1. Неудовлетворенность одного или обоих супругов своей жизнью (профессиональная нереализованность);

2.Существенное различие во взглядах на совместную жизнь, основа которых была заложена родителями супругов в детстве, как модель должного поведения в семье;

3.Наличие острых особенностей в темпераменте;

4. Недоверие и ревность;

5.Сложные жизненные ситуации (болезнь одного из супругов, отсутствие совместного жилья).

Основной чертой молодой семьи является то, что она находится в процессе становления. Будучи ещё не окрепшей, и поэтому не имеющей внутреннего иммунитета к зачастую негативному влиянию, поступающему извне, происходящему посредством поступков других людей, которые в силу не доброжелательности или непредусмотрительности, способны нанести молодым супругам вред, молодая семья достаточно хрупка перед окружающим не всегда справедливым миром.

В процессе становления молодая семья не только подвержена негативному влиянию из вне, но также обезоружена перед негативным влиянием, возникающим из её внутренней сердцевины – негативных слов и поступков одного из супругов в отношении другого.

Для того, чтобы лучше понимать социально-психологические трудности молодых семей, следует рассмотреть типологию проблем, разработанную Российским семейным психологом Алешиной Ю.Е. [3] которые напрямую связаны с:

1. Распределением супружеских ролей и обязанностей;

2. Наличием разных взглядов на семейную жизнь и межличностные отношения;

3. Отсутствием тепла в отношениях, дефицитом доверительности, проблемами общения друг с другом;

4. С реализацией власти и влияния в супружеских отношениях;

5. Болезнью одного из супругов (психическая или физическая).

Также есть и другая классификация причин конфликтов в «молодых семьях»:

1. Ограничение свободы активности, действий, самовыражения членов семьи;

2. Отклоняющееся поведение одного или нескольких членов семьи (алкоголизм, наркомания и так далее);

3. Наличие противоположных интересов, устремлений, ограниченность возможностей для удовлетворения потребностей одного из членов семьи (с его точки зрения);

4. Авторитарный, жесткий тип в отношениях, сложившихся в семье в целом;

5. Наличие трудноразделимых материальных проблем;

6. Авторитарное вмешательство родственников в супружеских отношениях;

7. Сексуальная дисгармония в браке.

Основа современных научных подходов к исследованию проблем молодой семьи заложены в классических трудах таких ученых, как А. И. Антонов [4], С. И. Голод [5].

Стоит отметить, что в начале жизни семьи – в первые два года, происходит согласование ценностных систем, формирование общей мировоззренческой позиции, «притирка» друг к другу! Данное мнение отражено в работах Ю. Е. Алешиной [3].

В это время перед супругами возникают две ведущие задачи:

1. Формирование структуры семьи;

2. Распределение функций между мужчиной и женщиной.

Структура семьи подразумевает способ обеспечения единства ее членов.

Распределение функций проявляется в том, какие виды семейной деятельности каждый супруг берет под свою ответственность и какие адресует партнеру.

В это же время наиболее ярко проявляются трудности выработки своего семейного уклада, учащаются конфликты по поводу распределения ролей и функций в семье, что приводит к разочарованию друг в друге. Молодую семью подстерегают материальные и жилищные проблемы.

Важно осознавать глубину проблемы конфликтности молодых семей. С. И. Голод, доктор философских наук, в своих работах по институту семьи и брака отмечал, что в контексте молодых семей особенно актуальны переходы между историческими типами семьи, которые порождают ряд проблем, связанные с:

1. Размыванием традиционных гендерных ролей и норм;

2. Автономизации брачности и деторождения. **Автономизация брачности —** это процесс, при котором **семья не является институтом, всецело контролирующим последовательность брачности, сексуальности и прокреации [5].**

Упомянутыми выше авторами показано, что в основном молодым семьям присуща идеализация партнера, его переоценка.

На фоне всех вышеизложенных факторов, способствующих возникновению социально-психологических проблем, обычно затрагивающих лишь внутрисемейное пространство – мир супругов, стоит также взять на рассмотрение такую проблему, выпадающую на молодую семью, как социализация семейного союза в обществе как самостоятельного субъекта.

Семья — первичное пространство, где человек получает первый опыт социального взаимодействия, усваивая нормы и ценности, примеряя и отыгрывая определенные социальные роли.

Говорить об этом не просто, учитывая то, что любой брачный союз по своей природе является уникальным, и обоим супругам стоит больших усилий, отделившись от родительского гнезда, не только найти своё место в мире и уверенно стоять на своих ногах, но также в окружении чужих людей, создать безопасное пространство для жизни своему супругу и детям, оградив их от жестокости мира и взяв на себя за них ответственность.

У молодых семей превращение сухого формального брака в гармоничное семейное единство – процесс глубокий и насыщенный, в ходе которого оба из супругов во имя любви и жизни вместе претерпевают существенные психологические изменения как сугубо внутренние, содержащие определенную степень сакральности и закрытости от других, так и внутренние, проявленные внешне. Зачастую заметные для глаз окружающих. Будь то в поведении или в образе жизни.

Исследования, проведённые Всероссийским Центром Изучения Общественного Мнения (ВЦИОМ) показывают, что третья часть разводов приходится на семьи, супружеский стаж которых составляет не более трёх лет [6]. Это и говорит о том, что на этапе только созданной семьи необходимо принимать меры по предотвращению кризисных ситуаций, которые могут возникать в процессе притирки друг к другу, тем самым научая молодых супругов грамотно взаимодействовать между собой на основе понимая, доверия и доброты друг к другу.

Для разрешения семейных споров в молодых семьях часто используется процедура семейной медиации, происходящая в соответствии с Федеральным Законом «Об

альтернативном способе урегулирования споров с участием посредника (процедуре медиации)» 27.07.2010 N-193 ФЗ [7].

Затрагивая такие области юриспруденции, как криминология и уголовное право, стоит акцентировать внимание на том, что социально-психологические проблемы молодых семей, не разрешённые вовремя и конструктивно, становятся средой и причиной для перехода благополучной молодой семьи в категорию неблагополучных семей, порождающих преступную молодёжь. Которая, с течением времени увеличивает количество совершенных преступлений. Ведь конфликты и то, как их решают взрослые люди (супруги, члены семьи) становится образцом для подражания и одним из правил жизни детям, это наблюдавшим.

Стоит также отметить, что криминогенная обстановка в семье оказывает сильное негативное влияние на членов семьи. Ранее судимые родители, сестры, братья, и их непосредственное поведение после освобождения из мест лишения свободы накладывают своеобразный отпечаток на выбор жизненной ориентации детей и подростков, проживающих в таких семьях. Деформируя личность изнутри и способствую её прохождению по пагубному пути к точке не возврата.

Поддержка института семьи, особенно молодой, на государственном уровне становится особенно актуальной в наши дни. Государству стоит с должным вниманием относиться к каждому браку, признавая его уникальность и для его укрепления, учитывая индивидуальные психологические особенности супругов.

Стоит отметить, что конфликты внутри семьи неизбежны, так как ни один человек на свете не является идеальным, но если в семье заложен фундамент доверия и взаимопонимания, любые психологические проблемы, и вытекающие из них конфликты, становятся преодолимыми, что ведёт членов семьи к ещё большей любви и заботе друг о друге. Урегулирование семейных конфликтов должно происходить в рамках законов, в которых установлены чёткие нормы и ограничения в поведении граждан.

На сегодняшний день в Российской Федерации мы имеем правовую базу в виде Семейного кодекса, который содержит правовой инструментарий, регулирующий нормативную основу построения брачно-семейных отношений [8].

По итогам исследования, мы считаем, что нормативно-правовую базу, регулирующую брачно-семейные отношения, следует совершенствовать, создав возможность, способствующую коррекции поведения супругов, разрешению конфликтных ситуаций в «молодых семьях», учитывая всю их специфичность с целью недопущения разрушения семьи в момент ее формирования. Также возможно рассмотреть вопрос о создании более развитого института медиации на различных уровнях с целью не допущения расторжения брака в «молодой семье».

Библиографический список

1. Постановление Верховного Совета Российской Федерации от 3 июня 1993 № 5090 – «Основные направления государственной молодёжной политики в Российской Федерации». Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс», 2026 (дата обращения : 18.03.2026).
2, Классификация этапов семейной жизни Грегори Бейтсона / Психология семьи. Учебник для вузов Е. И. Николаевой, 2004. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс», 2026 (дата обращения : 18.03.2026).
3. Ю. Е. Алёшина. Индивидуальное и семейное психологическое консультирование / Юлия Алешина. - [2-е изд.]. - Москва : Класс, 2004. - 202, [2] с.; 22 см. - (Библиотека психологии и психотерапии; Вып. 62).
4. А. И. Антонов Социология семьи : [Учеб. пособие для вузов по направлению и специальности "Социология"] / А. И. Антонов, В. М. Медков. - Москва : Изд-во Моск. ун-та : Изд-во Междунар. ун-та бизнеса и упр. ("Братья Карич"), 1996. - 302,[1].

5. С. И. Голод. Семья и брак: историко-социологический анализ / С. И. Голод. — Санкт-Петербург : Петрополис, 1998. — 272 с.**7.** Т. А. Гурко диссертация «Становление молодой семьи в крупном городе: условия и факторы стабильности» 1983 г.
6. Исследования, проведенные ВЦИОМ [электронный ресурс] https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/razvody-v-rossii-monitoring. (дата обращения : 21.03.2026).
7. Об альтернативном способе урегулирования споров с участием посредника (процедуре медиации) : Федеральный закон от 27.07.2010 N 193 - ФЗ. (последняя редакция) / / [электронный ресурс] https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_103038/. (дата обращения : 19.03.2026).
8. Разрушение института семьи в России как угроза национальной безопасности в условиях формирующегося многополярного мира. Философско-правовые аспекты / Н. Д. Литвинов, С. Р. Гостева, В. В. Овчинников, И. В. Харин // Берегиня. 777. Сова: Общество. Политика. Экономика. – 2023. – № 3-4(58-59). – С. 264-306. – EDN QTWCGZ.
9. Семейный кодекс Российской Федерации от 29.12.1995 № 223-ФЗ (ред. От 23.03.2026). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс», 2026 (дата обращения: 23.03.2026).

УДК 629.46/47

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АСУ В СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Рудь Ю.К.
РГУПС, филиал ГРУПС в г. Воронеж

В работе проведено технико-экономическое обследование вагонного *ремонтного депо*. Рассмотрены вопросы автоматизированных систем управления, которые позволяют организовать бесперебойное функционирование объектов за счёт применения средств автоматизации и вычислительной техники

Ключевые слова: АСУ, грузовой вагон, информационные технологии, *технология ремонта*, техническое обслуживание.

Главная задача процесса информатизации железнодорожного транспорта заключается в том, чтобы обеспечить всеобъемлющий информационный охват всех операций и направлений деятельности отрасли. Это необходимо для формирования надёжной информационной базы, которая станет фундаментом для повышения эффективности работы транспорта в условиях рыночной экономики. Для достижения данной цели требуется комплексное внедрение ряда технологических решений. В первую очередь, речь идёт об автоматизированных системах управления, которые позволяют организовать бесперебойное функционирование объектов за счёт применения средств автоматизации и вычислительной техники, для сбора и обработки данных, необходимых для реализации управленческих функций. Не менее важным направлением является внедрение информационных технологий, ориентированных на создание сетевых систем мониторинга и прогнозирования технического состояния контролируемых объектов. Такие системы способны формировать обширные массивы данных и выдавать обоснованные рекомендации по обслуживанию и ремонту подвижного состава, опираясь на информацию, поступающую от комплексных систем контроля.

Актуальность исследования обусловлена комплексом вызовов, стоящих перед отраслью. Необходимо существенно сократить простои подвижного состава, повысить уровень безопасности движения, снизить себестоимость обслуживания - и всё это при сохранении высоких стандартов надёжности. В данном контексте АСУ и информационные технологии выступают как инструменты системной оптимизации, позволяющие повысить точность диагностики технического состояния, минимизировать внеплановые ремонты за

счёт прогнозирования отказов, сократить временные затраты на оформление сопроводительной документации и обеспечить объективный контроль качества выполненных работ.

Таким образом, изучение роли информационных технологий и АСУ в системе технического обслуживания подвижного состава представляет собой стратегически важное направление развития железнодорожной отрасли. Его реализация открывает широкие перспективы для повышения конкурентоспособности предприятий и их соответствия требованиям цифровой экономики, формируя основу для устойчивого развития железнодорожного транспорта в долгосрочной перспективе.

Системы автоматизации управления перевозочным процессом, включают в себя:

- планирование и оперативное регулирование эксплуатационной работой;
- управление движением поездов на участке и маневровой работой на станциях (автоматическое выполнение основных функций поездного диспетчера, автоматизация роспуска вагонов с сортировочной горки, регулирование расформирования и формирования поездов, приема и отправления поездов на станциях);
- автоматизацию учета, коммерческих операций и технико-экономических расчетов (составление отчетности, оформление перевозочных документов, резервирование мест в пассажирских поездах, определение провозной платы и т. д.).

Литература

1.Стоянова, Н. В. Неразрушающий контроль и сертификация/ *Стоянова Н.В.,* Бомбардиров А.П.*, и др.*// Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта М. 2009 С.60-63.

2. Прочность цистерн из стали ВСт3СП в условиях низких температур / Н. В. Стоянова, В. И. Корольков, С. Е. Гончаров, И. С. Попов // Наука и техника транспорта. – 2017. – № 4. – С. 47-49. – EDN YLFMYL.

3. Стоянова, Н. В. Проблемы и перспективы развития вагонного хозяйства / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 261-265. – EDN GHTVGW.

4. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.

УДК 796

СПОРТ КАК ИНСТРУМЕНТ БОРЬБЫ СО СТРЕССОМ И ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ ТРЕВОЖНОСТЬЮ

Рытиков А.А.
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. В статье рассматривается проблема экзаменационного стресса и тревожности у студентов, а также возможности её решения средствами физической культуры и спорта. Анализируются современные исследования, подтверждающие эффективность физической активности для снижения уровня тревоги, улучшения когнитивных функций и эмоциональной регуляции. Особое внимание уделяется механизмам воздействия аэробных нагрузок на психоэмоциональное состояние. В работе представлены как теоретические

аспекты проблемы, так и практические рекомендации по использованию спорта в качестве доступного нефармакологического метода борьбы с экзаменационной тревожностью.

Ключевые слова: экзаменационная тревожность, стресс, физическая активность, спорт, студенты, ингибиторный контроль, аэробные упражнения, эмоциональная регуляция.

Выбор оптимального вида физической активности для снижения стресса и экзаменационной тревожности зависит от индивидуальных предпочтений, уровня физической подготовки и психоэмоциональных особенностей студента. Современные исследования позволяют выделить несколько наиболее эффективных направлений.

Аэробные упражнения занимают ведущее место в борьбе с тревожностью. Бег, плавание, быстрая ходьба и езда на велосипеде умеренной интенсивности продолжительностью около 30 минут демонстрируют наибольшую эффективность. Исследования показывают, что регулярные занятия спортом способствуют выработке эндорфинов — гормонов счастья, которые помогают снизить уровень стресса и тревожности [3]. Кроме того, острая аэробная нагрузка способствует быстрому повышению уровня нейромедиаторов, улучшая эмоциональное состояние и когнитивные функции.

Специалисты Саратовского государственного медицинского университета в ходе исследований установили, что правильный выбор спортивной дисциплины может оказать существенное профилактическое воздействие на нервную систему учащихся. Согласно полученным результатам, самое сильное антистрессовое действие на организм оказывает бадминтон. Студенты, выбравшие этот вид спорта, заметно улучшили показатели стрессоустойчивости. Аналогичные положительные изменения зафиксированы и у любителей плавания: у них уровень стресса уменьшился на четверть. Те же, кто предпочитал командные игры вроде баскетбола, демонстрировали меньшую склонность к тревожности [2].

Йога и софт фитнес представляют собой эффективные практики для снижения воспринимаемого стресса перед академическими испытаниями. Исследования показывают, что использование софт-фитнеса на занятиях физической культурой в вузе способствует достоверному улучшению показателей тревоги и депрессионных состояний у студентов [6]. Сочетание физических упражнений, дыхательных техник и медитативных элементов позволяет достичь состояния релаксации и улучшить эмоциональную регуляцию.

Командные виды спорта (футбол, волейбол, баскетбол) способствуют не только физической нагрузке, но и социальному взаимодействию, которое само по себе является важным фактором снижения стресса. Групповые тренировки, участие в командных играх и спортивных мероприятиях создают возможности для общения, развития коммуникативных навыков, укрепления дружеских связей и социальной поддержки среди студентов [3].

Плавание сочетает в себе преимущества аэробной нагрузки с расслабляющим эффектом воды. Температура воды, гидростатическое давление и ритмичные дыхательные паттерны способствуют снижению мышечного напряжения и активации парасимпатической нервной системы, отвечающей за состояние покоя и восстановления.

Важно отметить, что наиболее эффективным режимом физической нагрузки для снижения экзаменационной тревожности являются упражнения умеренной интенсивности. Чрезмерно интенсивные тренировки в период экзаменов могут привести к дополнительному истощению ресурсов организма и усилить стрессовую реакцию.

Спорт как средство снижения тревожности: механизмы воздействия

Физическая активность и спорт признаны безопасными, доступными и экономически эффективными методами интервенции, которые могут применяться для различных групп населения. При физических упражнениях в организме происходит выделение эндорфинов — веществ, которые способствуют улучшению настроения и общего самочувствия. Регулярные тренировки также снижают уровень кортизола, гормона стресса, что особенно важно для студентов, которые часто переживают напряжение и стрессовые ситуации [3].

Физическая активность благоприятно влияет на качество сна, что напрямую связано с психоэмоциональным состоянием человека. Спортивные занятия помогают нормализовать биоритмы, сокращают симптомы бессонницы и способствуют лучшему восстановлению организма. Это особенно актуально для студентов, чей режим дня нарушается из-за экзаменов и постоянной учебы [3].

Кроме того, занятия физической активностью способствуют улучшению когнитивных функций. Улучшение кровообращения и поступления кислорода в мозг положительно сказывается на концентрации, памяти и скорости обработки информации, что помогает студентам лучше справляться с учебной нагрузкой и улучшать успеваемость [3].

В исследовании Юречко (2025) представлены материалы по изучению влияния занятий спортом на проявление тревожности и стрессоустойчивости у студентов. Выявлено, что занятия спортом позволяют оптимизировать состояние тревоги и стресса у студентов.

Спортивная деятельность способствует повышению самооценки и уверенности в себе, что положительно отражается на психологическом состоянии [5].

Особенности проявления тревожности у студентов

Исследования показывают, что уровень тревожности у студентов варьируется в зависимости от курса обучения и гендерной принадлежности. Авторы Дергач и Лимаренко (2024) представили результаты исследования состояния уровня тревожности и стресса у студентов различных форм обучения в период экзаменационной сессии. Результаты исследования показали, что студенты 2-го курса в большей степени подвержены тревожности и стрессу, чем студенты 1 и 3-го курсов. Выявлено также, что тревожность имеет гендерные различия: личностная и ситуативная тревожность у мужчин ниже тревожности женщин [1].

В исследовании Жданова и соавторов (2020) изучались факторы, влияющие на выбор стратегий совладания с экзаменационным стрессом — копинга. Хотя регулярные физические нагрузки и физиологические параметры не показали прямого влияния на выбор копинг-стратегии, были обнаружены статистически значимые различия у юношей и девушек в степени выраженности реактивной и личностной тревожности, а также в использовании ряда стратегий совладающего поведения, таких как «бегство-избегание», «принятие ответственности» и «поиск социальной поддержки» [4].

Психолого-педагогические исследования подтверждают, что основой психоэмоционального напряжения студентов является личностная тревожность. Выявлена четкая зависимость между уровнем личностной тревожности студентов и характером их реактивности на экзаменационный стресс [7].

Практические аспекты применения спорта для снижения экзаменационной тревожности

Регулярное участие в спортивных мероприятиях способствует улучшению эмоционального состояния, снижению уровня стресса и повышению общей удовлетворенности жизнью. Учитывая значимость этого аспекта для эффективного обучения и личностного роста студентов, важно активнее интегрировать физическую культуру в учебный процесс [3].

Результаты исследований могут быть использованы для создания комплекса рекомендаций по применению средств физической культуры и спорта, направленных на минимизацию психологических трудностей у студентов в период сессионных нагрузок [1].

Особого внимания заслуживает применение софт-фитнеса (soft fitness) для оптимизации, укрепления психофизического и эмоционального состояний молодых людей. Данные исследований показывают достоверное улучшение всех показателей психоэмоционального состояния в экспериментальных группах, занимающихся по программам софт-фитнеса [6].

Авторы исследований отмечают, что наиболее уязвимой категорией остаются первокурсники, испытывающие максимальный стресс из-за переезда, смены окружения и больших нагрузок в учебе. Для них регулярные занятия спортом становятся важной частью адаптации и сохранения устойчивого психоэмоционального баланса. Даже минимальное

включение спортивной активности в расписание студента способно оказать благотворное влияние на психическое здоровье и повысить адаптивность к условиям учебы [2].

Заключение

Спорт и физическая активность представляют собой эффективный, доступный и безопасный инструмент борьбы со стрессом и экзаменационной тревожностью у студентов. Разнообразие видов спорта — от аэробных нагрузок до йоги и командных игр — позволяет каждому студенту выбрать наиболее подходящий для себя способ управления стрессом. Механизмы позитивного воздействия включают нейрохимические изменения (выработка эндорфинов, снижение кортизола), улучшение когнитивных функций и эмоциональной регуляции, что подтверждается многочисленными исследованиями.

Особую ценность представляет возможность использования физических нагрузок непосредственно в период экзаменационной сессии для быстрого снижения тревожности и улучшения когнитивных функций. Интеграция регулярных занятий физической культурой в образовательный процесс, а также информирование студентов о возможностях спорта для управления стрессом могут существенно повысить психологическое благополучие и академическую успешность обучающихся.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение долгосрочных эффектов различных видов физической активности, оптимизацию режимов нагрузок для разных групп студентов, а также на разработку конкретных рекомендаций по использованию спорта как нефармакологического метода коррекции экзаменационной тревожности.

Библиографический список

1.Дергач Е. А., Лимаренко О. В. Оценка личностной и ситуативной тревожности студентов в период экзаменационной сессии // Студенческий спорт: история, современность и тенденции развития : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Красноярск, 2024. – С. 184-188. – URL: https://scholar.sfu-kras.ru/publication/69170814 (дата обращения: 19.03.2026).

2.Эксперты СГМУ назвали лучший спорт для защиты молодежи от стресса // Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского : официальный сайт. – Саратов, 2025. – URL: https://clinicalcenter.sgmu.ru/university/press-center/nauka/eksperty-sgmu-nazvali-luchshiy-sport-dlya-zashchity-molodezhi-ot-stressa-/ (дата обращения: 19.03.2026).

3.Ромашов А., Посаженников И. Влияние физической активности на психологическое здоровье студентов // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. – 2025. – Т. 37, № 1. – С. 44-52. – URL: https://hpcas.ru/article/view/17042 (дата обращения: 19.03.2026).

4.Жданов Р. И., Куприянов Р. В., Нугманова Д. Р., Ибрагимова М. Я., Двоеносов В. Г. Взаимосвязь стратегий совладания с экзаменационным стрессом и тревожности: роль пола, физиологических показателей и занятий спортом // Образование и саморазвитие. – 2020. – Т. 14, № 2. – С. 57-73. – DOI: 10.26907/esd15.2.06.

5.Юречко О. В. Влияние занятий спортом на проявление тревожности и стрессоустойчивости у студентов // Актуальные проблемы педагогики и психологии. – 2025. – Т. 6, № 6. – С. 13-17. – URL: http://pedpsy.ru/index.php/ped/article/view/510 (дата обращения: 19.03.2026).

6.Снижение уровня тревожности у студентов вуза средствами софт фитнеса // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2026. – № 1. – С. 86-89. – URL: https://uchzapiski.lesgaft.spb.ru/ru/nauka/article/113365/view (дата обращения: 19.03.2026).

7.Павленкович С. С., Токаева Л. К. Психофизиологическая реактивность на экзаменационный стресс студентов-спортсменов педагогического вуза // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. – 2018. – Т. 18, № 4. – С. 452-457. – URL: https://ichbe.sgu.ru/en/node/930 (дата обращения: 19.03.2026).

8. Гостева, С. Р. Состояние и перспективы развития физической культуры и спорта в Российской Федерации / С. Р. Гостева, Г. Р. Гостев // Берегиня. 777. Сова: Общество. Политика. Экономика. – 2019. – № 1(40). – С. 177-196. – EDN DSIGTW.
9. Гостева, С. Р. Значение комплекса ГТО в воспитании подрастающего поколения / С. Р. Гостева, Т. С. Гришина, И. Р. Струков // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2019") : труды международной Научно-практической конференции : секция «Теоретические и практические вопросы транспорта», Воронеж, 23 января – 23 2019 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2019. – С. 22-25. – EDN GJZPQG.
10. Гостева, С. Р. Влияние физической культуры студентов на их образ жизни / С. Р. Гостева // Транспорт: наука, образование, производство (транспорт-2021) : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 19–21 апреля 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 66-68. – EDN HSHIKZ.
11. Гостева, С. Р. Формирование здорового образа жизни студента в культурно-образовательной среде (КОС) провинции / С. Р. Гостева // Культура физическая и здоровье. – 2016. – № 4(59). – С. 111-116. – EDN XHUULD.
12. Гришина, Т. С. Роль физкультурной деятельности в понимании преимущества здорового образа жизни / Т. С. Гришина, С. Р. Гостева // Физическая культура, спорт и здоровье в современном обществе : сборник научных статей международной научно-практической конференции, Воронеж, 08–09 октября 2020 года / Воронежский государственный институт физической культуры. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр "Научная книга", 2020. – С. 131-134. – EDN RNIBJM.
13. Пространство физической культуры и спорта в условиях ценностно-мировоззренческого кризиса / С. И. Филимонова, Е. Н. Крикун, В. М. Казакова [и др.] // Спорт: экономика, право, управление. – 2023. – № 1. – С. 31-34. – DOI 10.18572/2070-2175-2023-1-31-34. – EDN EDMNLH.

Гостева, С. Р. Состояние и 777. Сова: Общество. Политика. Экономика. – 2019. – № 1(40). – С. 177-196. – EDN DSIGTW.9.

УДК 371

ФОРМИРОВАНИЕ ЦЕННОСТНОГО ОТНОШЕНИЯ К ЗДОРОВЬЮ У СТУДЕНТОВ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ "ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ"

Рытиков Н.А.
РГУПС, Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. В статье рассматривается проблема формирования ценностного отношения к здоровью у студентов среднего профессионального и высшего образования. Представлены результаты анкетирования студентов 1–4 курсов отделения "Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог". Проведен анализ гендерных и возрастных различий в отношении к здоровью, уровню физической активности и информированности о здоровом образе жизни (ЗОЖ). На основе полученных данных предложены рекомендации по улучшению воспитательной работы и интеграции здоровьесберегающих технологий в образовательный процесс.

Ключевые слова: ценностное отношение к здоровью, студенты, железнодорожный транспорт, ЗОЖ, физическая активность, анкетирование, профилактика, здоровьесбережение.

Для изучения отношения студентов к своему здоровью было проведено анонимное анкетирование среди обучающихся 1– 4 курсов отделения "Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог" (специальность 23.02.06 - локомотивы).

Анкета включала вопросы, касающиеся:

1. Самооценки состояния здоровья;
2. Регулярности занятий физической культурой и спортом;
3. Наличия вредных привычек;
4. Информированности о принципах здорового питания;
5. Отношения к профилактическим медицинским осмотрам.

В опросе приняли участие 302 человек, из них 297 юношей (98%) и 5 девушки (2%). Распределение по курсам представлено в таблице 1.

Таблица 1. Распределение респондентов по курсам и полу

Курс	Всего студентов	Юноши	Девушки
1 курс	95	95	1
2 курс	85	85	0
3 курс	75	72	3
4 курс	46	45	1
ИТОГО	302	297	5

Результаты анкетирования и их анализ

1. Самооценка состояния здоровья

На вопрос "Как Вы оцениваете состояние своего здоровья?" были получены следующие ответы (таблица 2).

Таблица 2. Самооценка состояния здоровья студентов (в % от числа опрошенных на курсе)

Курс	Отличное	Хорошее	Удовлетворительное	Неудовлетворительное
1 курс	18,7%	53,1%	25,0%	3,2%
2 курс	13,3%	46,7%	33,3%	6,7%
3 курс	9,7%	41,9%	41,9%	6,5%
4 курс	7,4%	40,7%	44,5%	7,4%
Среднее	12,5%	45,8%	35,8%	5,9%

Как видно из таблицы, с увеличением курса наблюдается тенденция к снижению доли студентов, оценивающих свое здоровье как "отличное" (с 18,7% на 1-м курсе до 7,4% на 4-м) и рост доли оценивающих его как "удовлетворительное" (с 25% до 44,5%). Это может быть связано с накоплением учебной усталости, снижением двигательной активности и хроническим недосыпанием у старшекурсников [4]. Студенты-юноши чаще оценивали свое здоровье выше, чем девушки: 60% юношей выбрали варианты "отлично" или "хорошо", тогда как среди девушек этот показатель составил 52%.

3. Наличие вредных привычек

Вредные привычки (курение, употребление алкоголя) являются серьезным фактором риска для здоровья. Результаты анкетирования представлены в таблице 4.

Таблица 4. Распространенность вредных привычек среди студентов

Курс	Курение (регулярно)	Алкоголь (1 раз в неделю и чаще)	Не имеют вредных привычек
1 курс	12,5%	15,6%	71,9%
2 курс	16,7%	20,0%	63,3%
3 курс	22,6%	25,8%	51,6%
4 курс	25,9%	29,6%	44,5%
Среднее	19,2%	22,5%	58,3%

Статистика демонстрирует неутешительную динамику: к 4-му курсу доля студентов, не имеющих вредных привычек, снижается до 44,5%. Курение и регулярное употребление алкоголя требует усиления профилактической работы среди студентов.

4. Информированность о принципах здорового питания

Здоровое питание является основой физического и умственного развития. Студентам был задан вопрос: "Следите ли Вы за своим питанием?".

Таблица 5. Отношение к принципам здорового питания

Курс	Стараюсь питаться правильно	Питаюсь как получится	Не задумываюсь об этом
1 курс	40,6%	46,9%	12,5%
2 курс	36,7%	50,0%	13,3%
3 курс	32,3%	51,6%	16,1%
4 курс	29,6%	48,2%	22,2%
Среднее	35,0%	49,2%	15,8%

Интересно, что только треть студентов (35%) осознанно подходят к своему рациону. Девушки проявляют большую заботу о питании (42% стараются питаться правильно), чем юноши (30%). Высокий процент питающихся "как получится" (почти половина опрошенных) свидетельствует о необходимости образовательных мероприятий по основам нутрициологии и организации питания в условиях учебного процесса [6].

Заключение

Формирование ценностного отношения к здоровью у студентов специальности "Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог" является важной педагогической задачей. Проведенное анкетирование выявило ряд проблем: снижение физической активности к старшим курсам, рост распространенности вредных привычек,

недостаточную профилактическую активность и низкую информированность о принципах ЗОЖ.

Особого внимания требует работа с юношами, которые, несмотря на более высокую самооценку здоровья, чаще имеют вредные привычки и реже задумываются о правильном питании.

Комплексный подход, включающий административные меры, образовательные программы и личную мотивацию студентов, позволит повысить уровень здоровья будущих специалистов железнодорожного транспорта, что напрямую повлияет на их профессиональную надежность и качество жизни.

Библиографический список

1. Гостева, С. Р. Формирование здорового образа жизни / С. Р. Гостева, Т. С. Гришина // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020) : труды Международной научно-практической конференции, Воронеж, 09–11 ноября 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 12-15. – EDN OODVFJ.
2. Гостева, С. Р. Влияние физической культуры студентов на их образ жизни / С. Р. Гостева // Транспорт: наука, образование, производство (транспорт-2021) : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 19–21 апреля 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 66-68. – EDN HSHIKZ.
3. Гостева, С. Р. Формирование здорового образа жизни студента в культурно-образовательной среде (КОС) провинции / С. Р. Гостева // Культура физическая и здоровье. – 2016. – № 4(59). – С. 111-116. – EDN XHUULD.
4. Гостева, С. С. Физическая культура и спорт - динамично развивающаяся отрасль / С. С. Гостева, С. Р. Гостева // Культура физическая и здоровье. – 2014. – № 1(48). – С. 5-9. – EDN RZWQSL.
5. Гришина, Т. С. Роль физкультурной деятельности в понимании преимущества здорового образа жизни / Т. С. Гришина, С. Р. Гостева // Физическая культура, спорт и здоровье в современном обществе : сборник научных статей международной научно-практической конференции, Воронеж, 08–09 октября 2020 года / Воронежский государственный институт физической культуры. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр "Научная книга", 2020. – С. 131-134. – EDN RNIBJM.
6. Дергач Е. А., Лимаренко О. В. Оценка личностной и ситуативной тревожности студентов в период экзаменационной сессии // Студенческий спорт: история, современность и тенденции развития : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Красноярск, 2024. – С. 184-188.
7. Эксперты СГМУ назвали лучший спорт для защиты молодежи от стресса // Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского : официальный сайт. – Саратов, 2025. – URL: https://clinicalcenter.sgmu.ru/university/press-center/nauka/eksperty-sgmu-nazvali-luchshiy-sport-dlya-zashchity-molodezhi-ot-stressa-/ (дата обращения: 19.03.2026).
8. Ромашов А., Посаженников И. Влияние физической активности на психологическое здоровье студентов // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. – 2025. – Т. 37, № 1. – С. 44-52.
9. Жданов Р. И., Куприянов Р. В., Нугманова Д. Р., Ибрагимова М. Я., Двоеносов В. Г. Взаимосвязь стратегий совладания с экзаменационным стрессом и тревожности: роль

пола, физиологических показателей и занятий спортом // Образование и саморазвитие. – 2020. – Т. 14, № 2. – С. 57-73. – DOI: 10.26907/esd15.2.06.
10. Павленкович С. С., Токаева Л. К. Психофизиологическая реактивность на экзаменационный стресс студентов-спортсменов педагогического вуза // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. – 2018. – Т. 18, № 4. – С. 452-457.

УДК 656.2:004.8

ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМ ПРЕДИКТИВНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА И ПУТИ

Саввина Т.Ю.
Руководитель: Куралесин В.В.
РГУПС, Филиал РГУПС в г. Воронеж

В статье рассматриваются подходы к интеграции систем предиктивного обслуживания для повышения надежности железнодорожного подвижного состава и инфраструктуры. Анализируются методы машинного обучения, технологии Интернета вещей, цифровые двойники и вероятностные модели оценки отказов на основе данных шести научных источников. Обосновывается необходимость перехода от реактивных стратегий к проактивному управлению состоянием объектов железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: предиктивное обслуживание, железнодорожный транспорт, надежность, машинное обучение, цифровые двойники, мониторинг.

This article examines approaches to integrating predictive maintenance systems to improve the reliability of railway rolling stock and infrastructure. Machine learning methods, Internet of Things technologies, digital twins, and probabilistic failure assessment models are analyzed using data from six scientific sources. The need for a transition from reactive strategies to proactive condition management of railway assets is substantiated.

Keywords: predictive maintenance, railway transport, reliability, machine learning, digital twins, monitoring.

Современные железнодорожные системы включают подвижной состав и инфраструктуру, в частности рельсовый путь, мосты, тоннели и контактную сеть. Рост интенсивности движения, увеличение скоростей и массы поездов приводят к повышенным нагрузкам на все компоненты, что требует новых подходов к обеспечению надежности и безопасности. Традиционные методы обслуживания, основанные на планово-предупредительных ремонтах и периодических осмотрах, не всегда позволяют своевременно выявлять развивающиеся дефекты, увеличивая риск аварийных ситуаций. Актуальность внедрения систем предиктивного обслуживания обусловлена необходимостью перехода к проактивному управлению состоянием объектов на основе непрерывного мониторинга, анализа данных и прогнозирования отказов. Целью работы является анализ подходов к интеграции систем предиктивного обслуживания для повышения надежности железнодорожного подвижного состава и пути.

В научной литературе рассматриваются различные аспекты предиктивного обслуживания в железнодорожной отрасли. Разработана оптимизированная стратегия обслуживания, базирующаяся на эксплуатационном обслуживании с учетом экономической зависимости между компонентами, где надежность выступает центральным критерием [1]. Для прогнозирования надежности системы используется топологическая сетевая модель, позволяющая идентифицировать критические компоненты [1]. Разработаны модели

обслуживания для механических, электрических и информационных компонентов, предложен метод определения пороговых значений надежности [1].

Технологии Интернета вещей применяются для мониторинга и диагностики дефектов железнодорожного пути. Сенсорные устройства непрерывно фиксируют вибрации, деформации, температурные параметры [5]. Передача данных осуществляется с использованием беспроводных сетей Wi-Fi, LoRa, 4G/5G [5]. Обработка данных с применением алгоритмов машинного обучения позволяет прогнозировать вероятность возникновения дефектов [5].

Создана интеллектуальная система контроля и мониторинга поезда с функциями прогнозной аналитики и защищенной передачи данных [3]. Прогнозные модели разработаны для трех категорий компонентов: системы кондиционирования (низкая степень тяжести), аккумуляторной батареи (средняя степень тяжести) и тягового привода (высокая степень тяжести) [3]. Применение деревьев решений обусловлено необходимостью быстродействия в реальном времени [3]. Обеспечена сквозная защита данных с использованием аппаратных модулей безопасности и алгоритмов шифрования AES [3].

Предложена методология, интегрирующая оценку рисков с оптимизацией диспетчеризации обслуживающего оборудования при погодных сбоях [2]. Метод использует машинное обучение для анализа многопараметрических данных, позволяя оценивать пространственно-временные характеристики сбоев [2]. Проактивная стратегия диспетчеризации сокращает среднее время ремонта на 7,23 часа по сравнению с реактивным подходом [2].

Цифровые двойники рассматриваются как инструмент прогнозирования состояния инфраструктуры. Виртуальные модели отражают текущее состояние и динамику изменений на основе данных с сенсоров [4]. Интеграция сенсорных данных с цифровыми моделями осуществляется с применением алгоритмов машинного обучения, статистического анализа и физических моделей [4].

Для мостов и тоннелей разработаны вероятностные методы оценки отказов. Статистические модели на основе эмпирических распределений позволяют описывать вероятность отказа [6]. Байесовские методы дают возможность апостериорно обновлять вероятности отказов [6]. Модели на основе теории надежности ориентированы на оценку вероятности достижения критических состояний [6]. Методы Монте-Карло применяются для численного моделирования [6].

Анализ источников выявляет несколько значимых тенденций. Наблюдается переход от изолированных систем мониторинга к интегрированным платформам, объединяющим данные о состоянии подвижного состава и инфраструктуры [1, 3]. Эксплуатационное обслуживание позволяет одновременно проводить обслуживание нескольких компонентов, близких к отказу, за счет учета экономической зависимости между ними [1].

Ключевую роль играют сенсорные системы и технологии передачи данных [3, 5]. Выбор технологии передачи данных зависит от протяженности участка и требований к скорости [5]. Обеспечение устойчивости связи при электромагнитных помехах остается критической задачей [5]. Необходимо обеспечение информационной безопасности при передаче данных [3].

Применяются различные алгоритмы машинного обучения: деревья решений, нейросетевые модели [1, 3, 5, 6]. Модели на основе деревьев решений для систем кондиционирования и аккумуляторных батарей достигают высокой точности (99,06% и 100% соответственно), тогда как для тягового привода при высокой точности (99,98%) наблюдаются низкие показатели полноты и точности (50% и 49,99%), что указывает на проблему дисбаланса классов [3].

Цифровые двойники позволяют не только предсказывать отказы, но и оптимизировать эксплуатацию, снизить затраты на ремонт [4, 6]. Цифровые модели должны учитывать влияние внешних факторов: климатических условий, динамических нагрузок, износа материалов [4].

Существует противоречие между высокой точностью прогнозных моделей в контролируемых условиях и их эффективностью в реальной эксплуатации [3, 5]. Эффективность алгоритмов зависит от качества и плотности данных с сенсоров [5]. Проактивная диспетчеризация, сокращая время ремонта, приводит к дополнительным логистическим затратам [2].

Выделяются несколько перспективных направлений. Необходима разработка стандартизированных подходов к сбору, обработке и хранению данных мониторинга [4, 5, 6]. Создание централизованных баз данных с информацией о конструктивных характеристиках, результатах мониторинга и случаях отказов повысит качество прогнозов [6].

Перспективна разработка гибридных моделей, объединяющих машинное обучение, байесовские подходы и физически обоснованные модели [1, 6]. Это особенно актуально для мостов и тоннелей, где требуется комплексный учет различных типов неопределенности [6].

Важно развитие методов количественной оценки неопределенности в прогнозных моделях [5, 6]. Необходима разработка подходов к верификации моделей для редко встречающихся, но критически важных отказов, включая методы борьбы с дисбалансом классов [3].

Расширение применения цифровых двойников до систем поддержки принятия решений является важным направлением [4, 6]. Необходимо развитие масштабируемости моделей для применения на всей сети железных дорог [4].

Требуется дальнейшее изучение экономической эффективности внедрения систем предиктивного обслуживания [1, 2, 3]. Необходим детальный анализ для различных типов подвижного состава, элементов инфраструктуры и эксплуатационных условий.

Важна разработка методов интеграции систем предиктивного обслуживания подвижного состава и инфраструктуры в единую платформу управления [1, 5]. Создание единой платформы позволит эффективнее планировать ремонтные работы и координировать действия различных служб.

Применение методов машинного обучения, сенсорных технологий, цифровых двойников и вероятностного анализа позволяет повысить эффективность технического обслуживания и снизить риск аварийных ситуаций. Эксплуатационное обслуживание на основе надежности способствует минимизации затрат при соблюдении требований к надежности системы. Технологии Интернета вещей обеспечивают непрерывный мониторинг состояния рельсового пути. Интеллектуальные системы контроля подвижного состава позволяют прогнозировать отказы компонентов с различной степенью критичности. Цифровые двойники и вероятностные модели отказов мостов и тоннелей создают основу для проактивного управления инфраструктурой. Интеграция этих подходов в единую систему является перспективным направлением для повышения надежности железнодорожного транспорта.

Библиографический список

1. He Z., Wang Y., Sun W., Hao Y., Xia W. A proactive opportunistic maintenance decision model based on reliability in train systems // Reliability Engineering & System Safety. 2025. Vol. 255. № 110645. URL: https://doi.org/10.1016/j.ress.2024.110645.
2. Wang J., Zhang Z., Huang Y., Hu H. Proactive dispatch of rail maintenance equipment under weather-induced disruptions: an optimization framework integrating machine learning-driven risk assessment // Advanced Engineering Informatics. 2026. Vol. 69, Part C. № 103990. URL: https://doi.org/10.1016/j.aei.2025.103990.
3. Gozali A.A., Ruriawan M.F., Alamsyah A., Purwanto Y., Romadhony A., Wijaya F.P., Nugroho F., Husna D.N., Kridanto A., Fakhrudin A., Itqon M., Widiyanesti S. Smart train control and monitoring system with predictive maintenance and secure communications features // Transportation Research Interdisciplinary Perspectives. 2025. Vol. 31. № 101409. URL: https://doi.org/10.1016/j.trip.2025.101409.

4. Куралесин, В. В. Применение цифровых двойников для прогнозирования состояния железнодорожной инфраструктуры / В. В. Куралесин // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2025) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 178-182. – EDN IMZFYT.
5. Куралесин, В. В. Системы мониторинга и диагностики дефектов железнодорожного пути с использованием IOT / В. В. Куралесин // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2025) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 182-187. – EDN AUMACY.
6. Куралесин, В. В. Модели вероятностного анализа отказов железнодорожных мостов и тоннелей / В. В. Куралесин, Е. С. Костюков // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2025) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 188-192. – EDN TRGKZS.

УДК 339.724.36

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ОТДЕЛЕНИЯ РЕМОНТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН В СЕРВИСНОМ ЛОКОМОТИВНОМ ДЕПО

Сальников П.С.
Руководитель: Тимофеев А.И.
РГУПС, Филиал РГУПС в г. Воронеж

В статье приведено обоснование программы ремонта на пропиточно-сушильном участке отделения по ремонту электрических машин в СЛД Россошь – Пассажирская, филиала «Южный» ООО ЛокоТех – Сервис, обоснована численность рабочих основного производства, определены прямые затраты на выполнение работ в течение года, рассчитаны капитальные затраты на техническое перевооружение пропиточно-сушильного отделения.

Ключевые слова: ремонт электрических машин, оборудование ремонтного участка

В СЛД Россошь – Пассажирская осуществляется ремонт всех уровней электровозов ЭП1, ЭП1М приписанных к ТЧЭ-3 Россошь Юго-Восточной железной дороги. В настоящее время в эксплуатации находятся 155 секций. Электромашинное отделение СЛД осуществляет ремонт тяговых электродвигателей в объёме ТР-3 с полной разборкой. При ТР-3 тяговых двигателей производят пропитку и сушку обмоток якорей и полюсных катушек, при необходимости замену бандажей и клиньев, делают осадку обмоток якорей, наплавку подшипниковых щитов и их крышек, наплавку конусов валов, ремонт или замену полюсных катушек, обточку и продорожку коллекторов, ремонт щеткодержателей и замену щеток, ремонт моторно-осевых подшипников.

Пропиточно-сушильное отделение предназначено для покрытия изолирующей эмалью пропитки катушек главных и добавочных полюсов. В отделении осуществляется сушка, охлаждение, пропитка изоляции. Отделение располагается в изолированном помещении площадью 140 кв.м., оборудовано независимой системой вентиляции. В отделении расположено следующее оборудование:

1. камера окраски и сушки
2. сушильная камера
3. установка мойки и пропитки вспомогательных электрических машин
4. установка мойки и пропитки остовов ТЭД

5. установка мойки и пропитки якорей ТЭД
6. ёмкость для наведения пропиточного раствора и регенерации
7. сушильная камера для вспомогательных машин
8. сушильная печь для ТЭД
9. подъёмно-транспортное оборудование (тележка, таль, консольный кран)

В 2025 году планом предусмотрен ремонт 222 секций в объёме ТР-1, 98 секций в объёме ТР-2, 55 секций ЭП1М в объёме ТР-3, количество внеплановых ремонтов в электромашинном отделении составило 72 ТЭД, из них в объёме ТР-1 – 60, ТР-3 - 12. Таким образом, годовая программа ремонта составляет: 55 х 6 + 72 = 402 ТЭД. Трудоёмкость ремонта электрических машин электровоза ЭП1М в объёме ТР-1 составляет 12 нормо-часов, ТР-2 – 69 нормо-часов, ТР-3 – 375 нормо-часов. Трудоёмкость ремонта колёсно-моторного блока в объёме ТР-1 – 0,5 нормо-часов, ТР-2 – 12 нормо-часов, ТР-3 – 14 нормо-часов. Расчёт трудоёмкости работ в электромашинном отделении приведен в таблице 1.

Таблица 1. Трудоёмкость программы ремонта в электромашинном отделении, 2025г.

Вид ремонта	Количество, шт.	Трудоёмкость одного ремонта, нормо-часов	Общая трудоёмкость, нормо-часов
ТР-1 ЭП1М	222	12	2664
ТР-2 ЭП1М	98	69	6762
ТР-3 ЭП1М	55	375	20625
ТР-1 КМБ	60	0,5	30
ТР-3 КМБ	12	14	168
ИТОГО			30249

Совокупная трудоёмкость программы ремонта составляет 30 249 нормо-часа. Определим явочную численность рабочих основного производства электромашинного отделения, учитывая, что годовой фонд рабочего времени явочный составляет 1980 часов:

Чяв = 30 249 / 1980 = 15,3 чел.

Коэффициент перевода явочной численности в списочную -1,13. Списочная численность отделения составит: 15,3 х 1,13 = 17 человек, в настоящее время в отделении числится 16 человек. Штатное расписание рабочих отделения приведено в таблице 2.

Таблица 2. Штатное расписание электромашинного отделения

Должность	Разряд	количество
Слесарь по ремонту подвижного состава	4	3
Слесарь по ремонту подвижного состава	5	5
Слесарь по ремонту подвижного состава	6	6
Бригадир	8	2
		16

Средний разряд рабочих – 5,56

Прямые затраты электромашинного отделения включают:

1. Расходы на оплату труда
2. Отчисления во внебюджетные фонды
3. Материальные затраты, включающие расходы на материалы и технологическую электроэнергию.

Расходы на оплату труда.

Заработная плата включает тарифную часть, премию при условии выполнения планового задания, отсутствия нарушений трудовой дисциплины и замечаний по технике

безопасности (65% тарифной части), компенсационные выплаты за тяжелые условия труда (8% тарифной части). Определим тарифный коэффициент, соответствующий среднему тарифному разряду рабочих, методом интерполяции. Тарифный коэффициент 5 разряда – 2,12, 6 разряда - 2,31:
2,12 + 0,56 х (2,31-2,12) = 2,2264.

Часовая тарифная ставка первого разряда с 01.03.2025 составляет 78,61 руб/час.

Тарифный заработок рабочих составит:
78,61 х 2,2264 х 30 249 / 1000 = 5 294,1 тыс. руб. в год
Премия: 5 294,1 х 0,65 = 3 441,2 тыс. руб. в год
Компенсационные выплаты: 5 294,1 х 0,08 = 423,5 тыс. руб. в год,
Итого расходы на оплату труда: 5 294,1 + 3 441,2 + 423,5 = 9 158,8 тыс. руб. в год.
Средняя заработная плата составит: 9 158,8 / 16 / 12 х 1 000 = 47,7 тыс. руб.

2. Тариф отчислений во внебюджетные фонды составляет 30%, годовая сумма отчислений составит: 9 158,8 х 0,3 = 2 747,6 тыс. руб. в год.

3. Материальные затраты включают расходы на материалы и технологическую электроэнергию. В таблице 3 приведен расчёт годовых расходов на материалы

Таблица 3. Годовые расходы на материалы

Наименование материала	Годовое потребление	Цена за единицу	Стоимость
Лак пропиточный	350 кг	1800	630,0
Абразивы			551,3
Уайт-спирит	310 л	98	30,4
Ветошь	200 кг	22	4,6
ИТОГО			1 216,3

В таблице 4 приведен расчёт годового потребления технологической электроэнергии

Таблица 4. Расчёт годового потребления технологической электроэнергии

Оборудование	Мощность кВт	Время работы, часов в год	Потребление электроэнергии, кВт-час
камера окраски и сушки	3	620	1860
сушильная камера	8	150	1200
установка мойки и пропитки вспомогательных электрических машин	0,5	330	165
установка мойки и пропитки остовов ТЭД	1,5	350	525
установка мойки и пропитки якорей ТЭД	1,5	250	375
сушильная камера для вспомогательных машин	8	680	5440
сушильная печь для ТЭД	12	2500	30000
подъёмно-транспортное оборудование	6	350	2100
ИТОГО			41665

При цене электроэнергии 6,3 руб/кВт-час стоимость технологической электроэнергии составит:
41662 х 6,3 / 1000 = 262,5 тыс. руб.

Таким образом, прямые расходы составляют:
9 158,8 + 2 747,6 + 1 216,3 + 262,5 = 13 385 тыс. руб.

Программой технического перевооружения СЛД Россошь предусмотрена замена существующего оборудования пропиточно-сушильного отделения, а именно: демонтаж и последующая закупка установок мойки и пропитки тяговых электродвигателей 10ДК.318550.044 и установки регенерации и подготовки раствора 10ДК318550.049. Расчет капитальных затрат приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Капитальные затраты на техническое перевооружение пропиточно-сушильного отделения

Наименование оборудования, вид работ	Стоимость, тыс. руб.
Демонтаж и утилизация установок мойки и пропитки тяговых электродвигателей и ёмкости для регенерации и хранения пропиточного лака	255
Установка мойки и пропитки тяговых электродвигателей 10ДК.318550.044	1550
Установка регенерации и подготовки раствора 10ДК318550.049	410
Монтажные работы	560
ИТОГО	2775

Технические характеристики установки мойки и пропитки тяговых электродвигателей 10ДК.318550.044 (рис. 1.) приведены в таблице 6

Таблица 6. Технические характеристики установки мойки и пропитки тяговых электродвигателей

Наименование	Значение
Длительность пропитки УЗ пропитки, мин	16
Давление сжатого воздуха, МПа	0,4,…1,0
Расход сжатого воздуха, л/мин, не более	100
Электропитание	3/N АС 50Гц, 380В
Потребляемая мощность, кВт, не более	4
Условия эксплуатации по ГОСТ 15150	УХЛ 4.2
Рабочее место оператора, мм, не более	950х610х1200
Силовой шкаф, мм, не более	850х500х1750
Рабочее место оператора, кг, не более	50
Силовой шкаф, кг, не более	150

Рисунок 1 Установка мойки и пропитки тяговых электродвигателей

Установка предназначена для мойки и пропитки якорей и остовов электрических машин ТПС с применением энергии ультразвуковых (УЗ) колебаний. При мойке происходит удаление с обрабатываемых поверхностей, из каверн и трещин в старой изоляции влаги, механических и масляных загрязнений. При пропитке происходит заполнение пропиточным лаком каверн и трещин в старой изоляции, заполнение пропиточным лаком внутренних полостей и каналов обмоток и сердечников, равномерное и качественное покрытие наружных поверхностей обмоток и сердечников.

Функциональные возможности

- Очистка и пропитка полостей и поверхностей, имеющих труднодоступные полости и каналы, очистить которые традиционными способами невозможно.
- Снижение трудозатрат и электроэнергии от работы сушильных печей за счёт исключения операций повторной пропитки и соответственно повторной сушки якорей согласно п.5.21.6 «Руководства по среднему и капитальному ремонту электрических машин электровозов РД103.11.320-2004.
- Автоматизированный контроль над технологическим процессом позволяет формировать и вести электронный паспорт с записью основных параметров технологического процесса в энергонезависимую электронную карту памяти (флеш-карту) или, при наличии в депо компьютерной сети, полученную информацию передавать по сети на главный сервер. Электронный паспорт также можно просматривать и распечатывать с любого офисного компьютера депо при подключении к нему указанной флеш-карты.
- Низкая потребляемая мощность (4кВт).
- Малые массогабаритные показатели.
- Применение установки позволяет повысить производительность и безопасность труда, улучшить условия труда, повысить культуру производства

Технические характеристики установки регенерации и подготовки раствора 10ДК318550.049 (рис. 2.) приведены в таблице 7

Таблица 7. Технические характеристики установки регенерации и подготовки раствора

Наименование	Значение
Длительность УЗ обработки лака, мин, не более	32
Тонкость фильтрации, мкм	50,…100
Производительность насосного агрегата, м³/ч	1,…4
Давление пара или горячей воды, МПа	0,3,…0,6
Температура пара, °С, не более	120
Расход пара (горячей воды), кг/час (л/час), не более	40 (200)
Электропитание	3/N АС 50Гц, 380В
Потребляемая мощность, кВт, не более	4
Условия эксплуатации по ГОСТ 15150	УХЛ 4.2
Габаритные размеры блока силового корпусного исполнения, мм, не более	800х450х400
Масса блока силового корпусного исполнения, кг, не более	80

Рис. 2 Установка регенерации и подготовки раствора

Установка регенерации и подготовки растворов (УРМПР) предназначена для регенерации и подготовки пропиточных лаков, моющих и пропиточных растворов на основе пропиточных лаков для установок ультразвуковых мойки и пропитки якорей, остовов ТЭД и других элементов электрических машин. На установке производится фильтрование грязного раствора, добавление в бак чистого лака или растворителя, обработка лака ультразвуком (УЗ), подогрев лака. Установка соединяется с установками мойки и пропитки трубопроводами. Приём грязного раствора, подача чистого раствора, заправка лаком и другие операции с растворами производятся с помощью насосного агрегата. Применение установки позволяет повысить производительность и безопасность труда, улучшить условия труда, повысить культуру производства.

Список литературы:

1. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
2. Обзор конструкций тяговых аккумуляторных батарей, применяемых на шахтных электровозах / В. О. Гутаревич, К. А. Рябко, Е. В. Рябко, В. А. Захаров // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2020. – № 2. – С. 109-118. – DOI 10.21440/0536-1028-2020-2-109-118. – EDN YMLFKJ.
3. Патент № 2783009 C1 Российская Федерация, МПК B60L 53/30, B60L 58/12, B60L 58/16. Зарядно-разрядное устройство аккумуляторных батарей : № 2022112580 : заявл. 05.05.2022 : опубл. 08.11.2022 / Н. В. Водолазская, К. А. Рябко, Е. В. Рябко [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина". – EDN KHAHJG.
4. Рябко, К. А. Воздействие двигателей внутреннего сгорания на окружающую среду / К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2016. – № 41. – С. 55-60. – EDN ZKBDAF.
5. Исследование влияния температуры окружающей среды на работоспособность крышек цилиндров тепловозных дизелей / А. Н. Горобченко, К. А. Рябко, Е. В. Рябко, А. М. Гущин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2016. – № 1(61). – С. 34-43. – EDN VTFJMN.
6. Рябко, К. А. Разработка способа формирования и восстановления емкости аккумуляторных батарей тягового подвижного состава / К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Труды

Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2015. – № 3. – С. 124-128. – EDN VEAAVD.
7. Рябко, К. А. Комплексный показатель оценки эффективности различных видов тяги шахтных подвесных монорельсовых локомотивов / К. А. Рябко // Горная энергомеханика и автоматика : Материалы XXI Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию ДонНТУ, Донецк, 27–29 октября 2021 года. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2021. – С. 37-42. – EDN ILBLXN.
8. Рябко, К. А. Определение основных параметров работы токоприемника АТЛ15-ТЭК130-У1 / К. А. Рябко // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2023. – № 4-6. – С. 16-20. – EDN AVGKXG.
9. Математическая модель процесса изменения температуры в слоях огневого днища крышки цилиндра в режиме прогрева дизеля тепловоза / А. С. Шапшал, А. Н. Горобченко, К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Вестник транспорта Поволжья. – 2016. – № 5(59). – С. 35-40. – EDN XDCFRJ.
10. Рябко, К. А. Повышение долговечности крышек цилиндров тепловозных дизелей / К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Известия Транссиба. – 2016. – № 4(28). – С. 30-37. – EDN VXHXTJ.

УДК 629.41

КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ ДИЗЕЛЯ 5Д49 НА ТЕПЛОВОЗОРЕМОНТРОМ ЗАВОДЕ

Сероштан А.Л.
РГУПС, филиал ГРУПС в г. Воронеж

В данной работе проанализированы причины, приводящие к отказам ТЭД в эксплуатации. Рассмотрен технологический цикл операций ремонта ТЭД локомотивов, производимый в объеме работ ТР-3.

Ключевые слова: отказ, подвижной состав, локомотив, техническое обслуживание, ремонт, капитальный ремонт, ТЭД.

Среди часто встречающихся причин, приводящим к отказам ТЭД в эксплуатации относится попадание смазки из подшипников на коллектор тягового электродвигателя, что резко снижает рабочие характеристики последнего. Причинами, приводящими к таким последствиям, являются:

- увеличенные зазоры в лабиринтных уплотнениях;
- возникновение эффекта перепрессовки смазки;
- возникновение препятствий (заторов и засоров) для распространения смазки в вентиляционных каналах сердечника якоря.

Еще одной часто встречающейся причиной поломки ТЭД, является выход из строя якорных подшипников, например - этот показатель для электровозов равен 21%, а для тепловозов -10% от общего количества отказов локомотивов на линии. Причинами этого вида отказов является:

- перегрев подшипников сверх допустимой температуры;
- наличие в мазке инородных примесей и попадании грязи при сборке;
- сверхнормативное количество смазки (переизбыток смазки);
- выход из строя подшипника в результате его установки с перекосом илинедостаточной величины радиального зазора.

Но как показывает практика, наибольшее количество неисправностей приходится на пробой изоляции (20%) и межвитковое замыкание обмоток якоря (24%) от общего числа поломок. Надо отметить, что после проведения работ в объеме КР, количество случаев пробоев изоляции и межвитковых замыканий обмоток якоря ТЭД для локомотивовс пробегом до 400 тыс. км - уменьшается, а при пробеге более 400 тыс. км - возрастает.

Технологический цикл операций ремонта ТЭД локомотивов, производимый в объеме работ ТР-3 предполагает следующие операции:

– определение значений сопротивления изоляции обмоток ТЭД относительно корпуса машины, а также между самими обмотками;

– проверка электрической прочностиизоляции относительно корпуса ТЭД и между самими обмотками;

– диагностика обмотки якоря на наличие межвитковых замыканий;

– проверка на наличие обрыва в витках обмоток ТЭТ;

– методом падения напряжения или методом визуального контроля проверяется качество пайки петушков коллектора.

Качество работы тягового электродвигателя напрямую зависит от состояния коллекторно-щеточного узла (КЩУ). Такие неполадки, как биение коллектора или заволакивание медью межламельного пространства способствует возникновению искрения под щётками, а в некоторых случаях,приводит к появлению «кругового огня», и последующему отказу ТЭД.

Повышенное биение поверхности коллектора влечёт отказ тягового двигателя электровозов в 3% от всего количества отказов, а для тепловозов этот показатель составляет 4%. Контроль диаметра коллектора осуществляется измерительной скобой типа СИК–600–750. Согласно действующим технологическим инструкциям в условиях локомотивного депо величину биения коллектора ТЭД при помощи измерительных инструментов не определяют. Устранение биения по поверхности коллектора осуществляют при помощи механической обработки. При этом точность обработки напрямую зависит от жёсткости и точности технологической системы: станок – приспособление – инструмент – деталь (СПИД) и техническим состоянием сопрягаемых узлов. Согласно имеющейся статистики в период с 2021 по 2023 годов, количество отказов ТЭД по причине повышенного биения поверхности коллектора с увеличением пробега от последнего капитального или среднего ремонта увеличивается.

Резкое возрастание числа отказов тяговых двигателей локомотивов при пробеге в 600 тыс. км в 2023 году свидетельствует о низком качестве ремонта. Последующее снижение числа отказов в 2024 году является результатом более качественного ремонта и совершенствованием технологического процесса в депо.

Литература

1. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.

2. Стоянова, Н. В. Неразрушающий контроль и сертификация/ *Стоянова Н.В.,* Бомбардиров А.П.*, и др.*// Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта М. 2009 С.60-63.

3. Стоянова, Н. В. Основные функции и задачи дирекции по ремонту тягового подвижного состава / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 286-290. – EDN EXQUOL.

4. Стоянова, Н. В. Развитие скоростного подвижного состава в современных условиях / Н. В. Стоянова, Е. Г. Спиридонов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 290-292. – EDN RREVCK.

5. Стоянова, Н. В. Проведение приемосдаточных испытаний тягового электродвигателя тягового подвижного состава после ремонта / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и

перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 189-192. – EDN QTJEKI.
6. Рябко, К. А. Оценка надежностных характеристик электрооборудования электровозов ВЛ80С / К. А. Рябко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 216-221. – EDN SGWDSZ.
7. Рябко, К. А. Исследование процесса заряда аккумуляторных батарей шахтных подвесных монорельсовых локомотивов / К. А. Рябко // Горная механика и машиностроение. – 2022. – № 2. – С. 30-36. – EDN LFUDNM.
8. Рябко, К. А. Определение основных параметров работы токоприемника АТЛ15-ТЭК130-У1 / К. А. Рябко // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2023. – № 4-6. – С. 16-20. – EDN AVGKXG.

УДК 371

ПАТРИОТИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ МОЛОДЕЖИ

Смольянов Р. П.
РГУПС, Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. В статье рассматриваются понятия патриотизма, патриотического воспитания, патриотических ценностей.

Ключевые слова: патриотизм, патриотическое воспитание, ценности, нормативно-правовое обеспечение.

В последние годы в России наблюдается рост внимания государства и общества к вопросам патриотического воспитания и его значению для защиты национальных интересов российского государства в новых социально-экономических и геополитических условиях.

В реальности навязывания нашему обществу «ложных ценностей по изменению сознания человека, превращению его в бездумного потребителя чужого продукта, необходимо противопоставить адекватный уровень формирования патриотической культуры личности, достойной отечественных ценностей и победных традиций исторической России» [2].

В этих условиях прогрессивная научно-педагогическая общественность выступает с заявлениями о том, что «устойчивость в обществе есть только тогда, когда у основной части народа имеется духовная доминанта – идеальный образец, отвечающий историческому национально-культурному коду, которая провозглашена, воспроизводится системой образования в качестве миссии патриотического воспитания и транслируется в информационном пространстве» [3].

Сегодня актуальность этой темы возросла еще в связи и с событиями на Украине, развязанной против нашей страны гибридной войной, в том числе на информационном поле, в сфере ценностных смыслов. Как заявил в своем обращении президент Российской Федерации В. В. Путин по итогам референдумов в ДНР, ЛНР, Запорожской и Херсонской областях, внешнеполитическая ситуация требует укрепления патриотического сознания и консолидации российского общества [1].

Наибольшее распространение в научно-исследовательской литературе и публицистике получил возвышенно-деятельностный подход. В соответствие с ним патриотизм трактуется как возвышенное чувство любви к Родине, Отечеству, как сугубо позитивное эмоциональное отражение, проявление в абстрактной форме любви к

составляющим понятия Родины. Сила патриотического чувства побуждает человека к активным действиям на благо Родины [6].

В Указе Президента от 9 ноября 2022 года № 809 «Об утверждении Основ государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно - нравственных ценностей» патриотизм является традиционной ценностью России. Целью государственной политики является поддержка общественных проектов и институтов гражданского общества в области патриотического воспитания и сохранения историко-культурного наследия народов России.

В настоящий момент в сфере патриотического воспитания действует целый ряд федеральных проектов, таких как «Молодежь России», «Социальная активность», «Социальные лифты для каждого» и др. Основным стратегическим документом здесь является федеральный проект «Патриотическое воспитание граждан Российской Федерации», действующий в рамках национального проекта «Образование».

Патриотический вектор нашел отражение в формировании государственной молодежной, образовательной и национальной политики.

В Основах государственной молодежной политики Российской Федерации на период до 2030 г. воспитание патриотично настроенной молодежи названо ключевой задачей молодежной политики.

Особо отмечается рост числа массово проводимых мероприятий. В их числе такие «масштабные акции, как «Георгиевская ленточка», «Бессмертный полк»; военно-спортивные игры «Зарница», «Победа» и др.

В Совете Федерации Федерального Собрания Российской Федерации в рамках круглого стола «Опыт субъектов Российской Федерации по военно-патриотическому воспитанию молодежи» в 2025 г., отмечают положительное влияние программно-целевого подхода на управление сферой патриотического воспитания. В практической работе преобладает военно-патриотическое направление, воспитание строится не столько на гражданском просвещении, соответствующем историческому национально-культурному коду, сколько на установках положительной мотивации молодежи к прохождению правоохранительной и военной службы.

В целях создания условий для активизации патриотического воспитания в 2025 г. Государственная Дума приняла закон «О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации», в соответствии с которым вносятся изменения в учебные программы учреждений образования с целью организации, в том числе, и воспитательного процесса.

В законе расширено понятие «воспитательный процесс»: под ним понимается «деятельность, направленная на развитие личности, создание условий для самоопределения и социализации обучающихся на основе социокультурных, духовно-нравственных ценностей и принятых в российском обществе правил и норм поведения в интересах человека, семьи, общества и государства, формирование у обучающихся чувства патриотизма и гражданственности».

В состав национального проекта «Образование» с 2024 г. входит федеральный проект «Патриотическое воспитание граждан Российской Федерации» с целью обеспечить развитие воспитательной работы во всех общеобразовательных и профессиональных образовательных организациях.

В этом ряду должны присутствовать и играть ведущую роль организации патриотического воспитания, военно-патриотические клубы и объединения, учреждения дополнительного образования, культуры и молодежной политики, реализующие программы патриотического воспитания. За последние годы создано нормативно-правовое и программно-целевое обеспечение патриотического воспитания молодежи, организованы федеральные и региональные центры, направленные на конкретную работу с подрастающим поколением, нарабатывается информационный контент.

Государство заинтересовано в формировании у молодежи гражданской идентичности с высоким уровнем патриотизма, для чего прикладывает все усилия с её стороны[4].

Библиографический список

1. Обращение Президента к россиянам по итогам референдумов в ДНР, ЛНР, Запорожской и Херсонской областях // Известия. 2025. 30 сент. URL: https://www.russiapost.su/archives/307426 (дата обращения: 25.02.2026).
2. Денисов Н. Г. Патриотическая культура эпохи перемен. Краснодар : Издательство Краснодарского государственного института культуры, 2025. 387 с.
3. Системный кризис отечественного образования как угроза национальной безопасности России и пути его преодоления / В. И. Слободчиков, И. В. Королькова, А. А. Остапенко [и др.]. Москва : РИСИ, Фонд «Русский предприниматель», 2024. URL: https://rnk-concept.ru/20643
4. Гостева, С. Р. Гражданско-патриотическое воспитание молодежи / С. Р. Гостева // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020) : труды Международной научно-практической конференции, Воронеж, 09–11 ноября 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 15-18. – EDN EOHIQY.
5. Гостева, С. Р. Проблема гражданско-патриотической идентичности молодежи / С. Р. Гостева // Транспорт: наука, образование, производство (транспорт-2021) : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 19–21 апреля 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 63-66. – EDN KPNRLC.
6. Мищенко, Л. И. Патриотизм и гражданственность - основа социально- нравственного развития современной молодёжи / Л. И. Мищенко // Берегиня. 777. Сова: Общество. Политика. Экономика. – 2025. – № 2(65). – С. 226-234. – EDN KDVKLF.

УДК 539.3/.6

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСА ПЛОСКОГО ТЕЛА МЕЖДУ ОПОРАМИ

Старухин Р.Е.
Руководитель: Федоринин Н.И.
РГУПС, Филиал РГУПС в г. Воронеж

Плоское тело произвольной формы и массы m покоится на горизонтальной поверхности, опираясь на него в трех опорных точках. На тело действует только сила тяжести mg. Опоры могут оказаться в любых точках тела.

Заметим, что опоры не должны находиться на одной прямой, а должны образовывать треугольник.

Присвоим опорам номера 1, 2 и 3. Под номером 1 можно принять любую опору, а вот номера 2 и 3 присваиваем так, чтобы обход по сторонам треугольника от вершины 1 к 2, затем к 3 и опять к 1 осуществлялся против часовой стрелки.

Принимаем произвольную систему координат xy, лежащую в плоскости тела. Соответственно принимаем, что координаты опорных точек равны (x_1,y_1), (x_2,y_2) и (x_3,y_3). Координаты центра масс тела (x_c,y_c).

Опорные точки не должны совпадать, т.е.

$$\begin{cases} \sqrt{(x_1-x_2)^2+(y_1-y_2)^2} \neq 0 \\ \sqrt{(x_2-x_3)^2+(y_2-y_3)^2} \neq 0 \\ \sqrt{(x_3-x_1)^2+(y_3-y_1)^2} \neq 0 \end{cases} \quad (1)$$

Условие, что опорные точки не лежат на одной прямой [1]

$$(x_2-x_1)(y_3-y_2) \neq (x_3-x_2)(y_2-y_1) \quad (2)$$

Для того, чтобы тело занимало устойчивое положение на плоскости, необходимо, чтобы центр масс тела не выходил за пределы треугольника, образованного опорными точками. Это будет соблюдено, если обход треугольников с вершинами 12c, 23c и 31c будет выполняться против часовой стрелки (обход проводится в том порядке, в каком записаны вершины). Для этого должны выполняться условия [1]

$$\begin{cases} \begin{vmatrix} x_2-x_1 & x_c-x_2 \\ y_2-y_1 & y_c-y_2 \end{vmatrix} = (x_2-x_1)(y_c-y_2)-(x_c-x_2)(y_2-y_1) \geq 0 \\ \begin{vmatrix} x_3-x_2 & x_c-x_3 \\ y_3-y_2 & y_c-y_3 \end{vmatrix} = (x_3-x_2)(y_c-y_3)-(x_c-x_3)(y_3-y_2) \geq 0 \\ \begin{vmatrix} x_1-x_3 & x_c-x_1 \\ y_1-y_3 & y_c-y_1 \end{vmatrix} = (x_1-x_3)(y_c-y_1)-(x_c-x_1)(y_1-y_3) \geq 0 \end{cases} \quad (3)$$

При условии, что $x_1 \neq x_2$, $x_1 \neq x_3$ и $x_2 \neq x_3$ определим

$$k_{12} = \frac{y_2-y_1}{x_2-x_1}$$

$$k_{13} = \frac{y_3-y_1}{x_3-x_1}$$

$$k_{23} = \frac{y_3-y_2}{x_3-x_2}$$

Обозначим опорные точки циклически изменяющимися индексами i, j, n, т.е., если i=1, то j=2, n=3;

если i=2, то j=3, n=1;

если i=3, то j=1, n=2.

Расстояние от каждой опорной точки до прямой, проходящей через две других, согласно результатов, полученных в [2]

$$H_i = \begin{cases} |x_i - x_j|, \text{если } x_n = x_j \\ \dfrac{|k_{jn}(x_j-x_i)-y_j+y_i|}{\sqrt{k_{jn}{}^2+1}} \text{если } x_n \neq x_j \end{cases}$$

При условии, что $x_c \neq x_1$, $x_c \neq x_2$ и $x_c \neq x_3$ определим

$$k_{1c} = \frac{y_c-y_1}{x_c-x_1}$$

$$k_{2c} = \frac{y_c-y_2}{x_c-x_2}$$

$$k_{3c} = \frac{y_c - y_3}{x_c - x_3}$$

Аналогично можно выразить расстояния от центра масс тела до тех же прямых

$$h_i = \begin{cases} |x_c - x_j|, \text{если } x_n = x_j \\ \dfrac{|k_{jn}(x_j - x_c) - y_j + y_c|}{\sqrt{k_{jn}{}^2 + 1}} \text{если } x_n \neq x_j \end{cases}$$

Нагрузку на каждую опору можем найти из рассуждения, что, если убрать одну опору, то тело могло бы поворачиваться относительно оси, проходящей через две оставшиеся опоры. Но этому будет препятствовать реакция отброшенной опоры R_i, т.е. должно выполняться соотношение [3]

$$R_i = \frac{h_i}{H_i} mg \qquad i = 1,2,3$$

При этом должно выполняться другое условие [3]

$$\sum_{i=1}^{3} R_i = mg$$

т.е.

$$\frac{h_1}{H_1} + \frac{h_2}{H_2} + \frac{h_3}{H_3} = 1 \qquad (4)$$

Если обозначить стороны опорного треугольника l_{12}, l_{13}, и l_{23}, а площади треугольников, образованных парой вершин и центром масс тела S_1, S_2 и S_3, то площадь этого треугольника может быть выражена

$$S = \frac{l_{12}H_3}{2} = \frac{l_{13}H_2}{2} = \frac{l_{23}H_1}{2} \qquad (5)$$

Если умножить равенство (4) на S, то получим с учетом (5)

$$\frac{h_1}{H_1}\frac{l_{23}H_1}{2} + \frac{h_2}{H_2}\frac{l_{13}H_2}{2} + \frac{h_3}{H_3}\frac{l_{12}H_3}{2} = S$$

$$\frac{l_{23}h_1}{2} + \frac{l_{13}h_2}{2} + \frac{l_{12}h_3}{2} = S$$

$$S_1 + S_2 + S_3 = S$$

Получено очевидное равенство, что подтверждает правильность сделанных рассуждений.

Таким образом, разработана методика, позволяющая при выполнении условий (1)-(3) рассчитать распределение нагрузки между любыми тремя опорными точками произвольного плоского тела.

Литература

1. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике // М., «Наука», 1973, 832с.

2. К вопросу определения расстояния от точки до прямой // Статья в настоящем сборнике.

3. Невзглядов В.Г. Теоретическая механика. М., Физматгиз, 1959.- 584 с.

УДК 629.42

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОЛЕСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВА

Степанова К.С.
РГУПС, филиал РГУПС в г. Воронеж

В работе рассмотрены методы неразрушающего контроля при диагностировании технического состояния колесных пар локомотива в депо.

Ключевые слова: подвижной состав, локомотив, техническое обслуживание, ремонт, неразрушающий контроль, дефектоскопия.

Обеспечение безопасности движения поездов является одной из главных задач на железнодорожном транспорте. В этой связи расширяется использование средств неразрушающего контроля в вагонном и локомотивном хозяйствах. Благодаря этому снижается количество случаев изломов осей и колесных пар, бандажей, зубчатых колёс, элементов подшипников и деталей автосцепных устройств. **Неразрушающий контроль -** это регулярная проверка прочности деталей и оборудования, которые требуют особой надежности. В процедуру неразрушающего контроля входит описание всех основных параметров и мероприятий, которые следует соблюдать при использовании техники неразрушающего контроля для решения конкретной задачи в соответствии с установленными стандартом, нормами или техническими условиями. В настоящее время **неразрушающий контроль** — одно из необходимых условий безопасности.

Методы неразрушающего контроля не требуют изготовления контрольных образцов, разрушения или разборки изделия и дают возможность организовать проверку каждой единицы выпускаемой продукции. Неразрушающий контроль (НК) объектов с целью выявления дефектов называется дефектоскопией. Методы неразрушающего контроля в зависимости от физического явления делятся на виды: магнитный, акустический, радиационный, вихретоковый и визуальный.

Акустический вид НК основан на регистрации параметров упругих волн, возникающих или возбуждаемых в объекте. Использование упругих волн ультразвукового диапазона (частота колебаний выше 20КГц) называют ультразвуковым методом. Магнитный вид НК основан на анализе взаимодействия магнитного поля с контролируемым объектом.

Магнитопорошковый метод применяется для дефектоскопии поверхностных и подповерхностных слоев ферромагнитных материалов. Используется магнитный порошок или суспензия, их частицы располагаются вдоль линий магнитной индукции поля рассеивания. Этим методом можно обнаружить дефекты длиной около 0,5мм, шириной 2,5мм и более. При намагничивании постоянным магнитным полем выявляются дефекты, расположенные на глубине не более 2-3мм от поверхности. При намагничивании переменным магнитным полем,максимальная глубина выявляемых дефектов уменьшается.

В данном проекте рассматривается конструкция колёсной пары электровоза, а также ее дефекты и неисправности, оцениваются методы диагностики ее состояния и различные средства для неразрушающего контроля. Рассматривается технологический процесс диагностики колесных пар с использованием методов неразрушающего контроля.

При текущем ремонте в объеме ТР-3 и при проведении обыкновенного освидетельствования колесная пара подвергается дефектоскопии. При выполнении обыкновенного освидетельствования колесных пар необходимо производить ультразвуковую дефектоскопию бандажей колесных пар. Магнитному контролю подвергают следующие объекты подвижного состава: детали ударно-тягового и тормозного оборудования; рамы тележек различных моделей в сборе и по элементам; оси колесных пар вагонов и локомотивов всех типов в сборе; ободы, гребни и спицы локомотивных колес; свободные кольца буксовых подшипников, а также внутренние кольца, напрессованные на шейки оси;

венцы зубчатых колес и шестерен тягового редуктора; валы генераторов, тяговых двигателей и шестерен в сборе; упорные кольца; стопорные планки; пружины; шкворни; болты и др.

Целью работы является рассмотрение методов НК и выявление возможности совершенствования технологии неразрушающего контроля. Усовершенствование дефектоскопов возможно только на уровне завода изготовителя, поэтому решением может быть оптимизировать технологический процесс ультразвукового контроля бандажей колесных пар тепловозов за счет внедрения приспособления для ультразвукового контроля гребня и основного сечения бандажа колесной пар. Считаю целесообразным применение современного оборудования Магнитест Д15, с техническими характеристиками не хуже чем у применяемого МД12-ПШ, которое повысит качество контроля и облегчит технологический процесс его проведения.

Литература

1. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.

2. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.

3. Рябко, К. А. Исследование теплового состояния аккумуляторных батарей шахтных локомотивов в процессе зарядки / К. А. Рябко // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 1. – С. 343-353. – EDN GOYXMA.

4. Стоянова, Н. В. Неразрушающий контроль и сертификация/ *Стоянова Н.В.,* Бомбардиров А.П.*, и др.*// Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта М. 2009 С.60-63.

5. Стоянова, Н. В. Основные функции и задачи дирекции по ремонту тягового подвижного состава / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 286-290. – EDN EXQUOL.

6. Рябко, К. А. Оценка надежностных характеристик электрооборудования электровозов ВЛ80С / К. А. Рябко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 216-221. – EDN SGWDSZ.

7.Рябко, К. А. Исследование процесса заряда аккумуляторных батарей шахтных подвесных монорельсовых локомотивов / К. А. Рябко // Горная механика и машиностроение. – 2022. – № 2. – С. 30-36. – EDN LFUDNM.

8. Рябко, К. А. Определение основных параметров работы токоприемника АТЛ15-ТЭК130-У1 / К. А. Рябко // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2023. – № 4-6. – С. 16-20. – EDN AVGKXG.

9. Стоянова, Н. В. Развитие скоростного подвижного состава в современных условиях / Н. В. Стоянова, Е. Г. Спиридонов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 290-292. – EDN RREVCK.

10. Стоянова, Н. В. Проведение приемосдаточных испытаний тягового электродвигателя тягового подвижного состава после ремонта / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-

2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 189-192. – EDN QTJEKI.

УДК 629.4.023

ЭВОЛЮЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ МОТОРНО-ОСЕВЫХ ПОДШИПНИКОВ ЛОКОМОТИВОВ

Татарников А.В.
РГУПС, филиал РГУПС в г. Воронеж

В статье представлен обзор современных тенденций в области совершенствования колесно-моторных блоков тягового подвижного состава. Рассмотрены конструктивные особенности и недостатки традиционных моторно-осевых подшипников скольжения, выявленные в работах различных исследователей. Особое внимание уделено анализу причин отказов, связанных с режимами трения и зависимостью от качества смазки. Подробно освещены исследования, посвященные переходу на подшипники качения, включая анализ динамических нагрузок и оценку их влияния на ресурс узла. Обобщен опыт внедрения различных типов подшипников качения, включая роликовые и игольчатые, на локомотивах новых серий.

Ключевые слова: локомотив, колесно-моторный блок, моторно-осевой подшипник, подшипник скольжения, подшипник качения, трибология, динамические нагрузки

This article presents an overview of current trends in improving wheel-motor units for traction rolling stock. It examines the design features and shortcomings of traditional motor-axle plain bearings, as identified by various researchers. Particular attention is paid to analyzing the causes of failures related to friction conditions and their dependence on lubrication quality. Research on the transition to rolling bearings is covered in detail, including an analysis of dynamic loads and an assessment of their impact on the unit's service life. Experience with the implementation of various types of rolling bearings, including roller and needle bearings, on new series locomotives is summarized.

Keywords: locomotive, wheel-motor unit, motor-axle bearing, plain bearing, rolling bearing, tribology, dynamic loads

Введение. Надежность тягового подвижного состава является фундаментальным фактором, определяющим эффективность работы железнодорожного транспорта. Одним из наиболее нагруженных и ответственных узлов локомотива является колесно-моторный блок (КМБ), а его основным элементом – моторно-осевой подшипник (МОП). Исторически сложилось, что большинство отечественных тепловозов и электровозов, эксплуатирующихся на постсоветском пространстве, оснащены подшипниками скольжения. Однако многолетний опыт эксплуатации и исследования последних десятилетий выявили ряд существенных недостатков этой конструкции, что стимулировало научный и инженерный поиск альтернативных решений [1; 4-6; 8]. Настоящий обзор ставит целью систематизацию и анализ исследований, посвященных эволюции МОП и обоснованию перехода на подшипники качения.

Выполним анализ проблем эксплуатации подшипников скольжения. Конструкция опорно-осевого подвешивания тягового электродвигателя (ТЭД) с подшипниками скольжения отличается простотой и компактностью. Однако, как отмечают многие авторы, именно этот узел КМБ является наиболее подверженным износу и преждевременному выходу из строя.

Подшипники скольжения работают в условиях полужидкостного и граничного трения, особенно в моменты трогания с места и остановки локомотива. Это приводит к интенсивному износу антифрикционного слоя вкладышей, чаще всего изготавливаемых из

баббита или бронзы. Процесс износа усугубляется абразивным действием частиц металла, попадающих в смазку. Подробно исследовано влияние ударных нагрузок со стороны рельсового пути на напряженное состояние МОП. Исследования отечественных ученых, занимающихся данной проблемой, свидетельствуют, что циклический характер этих нагрузок, особенно при прохождении стыков, приводит к усталостному разрушению баббитовой заливки, вызывая трещины, сколы и задиры [7; 9; 10].

Ряд авторов, включая В.Ф. Кузнецова, акцентируют внимание на зависимости работоспособности подшипников скольжения от качества и вязкости осевого масла. Сезонные колебания температуры приводят к изменению свойств смазки, что влечет за собой ухудшение условий трения и, как следствие, рост числа отказов в летний и зимний периоды. Помимо технических проблем, это создает и экологические риски, связанные с утечками масла на железнодорожное полотно.

В работе [2] отмечена специфика работы шахтных локомотивов, характеризующаяся агрессивной средой и ограниченным пространством. Эти же факторы предъявляют особые требования к эволюции ходовой части. Совершенствование моторно-осевых подшипников (герметизация корпусов, применение новых смазок) шло параллельно с развитием энергоустановок, чтобы обеспечить унификацию ресурса всех систем локомотива в сложных условиях эксплуатации.

Рассмотрим перспективы применения подшипников качения в КМБ. Альтернативой подшипникам скольжения выступают подшипники качения, которые находят все более широкое применение в современном локомотивостроении. Исследования, проведенные под руководством С.Г. Шантаренко, показывают, что переход на подшипники качения позволяет кардинально изменить условия работы узла. Трение качения, возникающее в таких подшипниках, значительно ниже трения скольжения, что снижает потери энергии и нагрев.

Как и в случае с аккумуляторными батареями шахтных локомотивов, исследованных в [3], тепловое состояние узлов трения, в частности моторно-осевых подшипников, является определяющим фактором их ресурса. Эволюция конструкций МОП (переход от бронзовых вкладышей к подшипникам качения или к принудительной смазке) во многом была продиктована стремлением оптимизировать тепловые режимы работы, аналогично тому, как современные системы терморегулирования продлевают жизнь батарей.

В работах Г.М. Зобова подробно анализируются преимущества внедрения двухрядных сферических роликоподшипников. Отмечается, что такие подшипники способны компенсировать неизбежные перекосы, возникающие при прогибе оси колесной пары под нагрузкой, что повышает их надежность. Опытная эксплуатация тепловозов и электровозов, оборудованных такими подшипниками, подтвердила их высокую эффективность и позволила оценить снижение расхода топлива по сравнению с локомотивами контрольной группы.

Особый интерес представляют исследования в области применения игольчатых подшипников. Как отмечено в технической литературе, благодаря малому радиальному габариту и высокой нагрузочной способности, игольчатые подшипники могут рассматриваться как оптимальный вариант для замены подшипников скольжения в ограниченном пространстве горловины остова ТЭД. Однако, как указывают специалисты, их применение требует повышенной точности изготовления и монтажа, а также жестких допусков на соосность посадочных мест [11].

Выполним анализ исследований динамической нагруженности МОП качения. Вопросы динамики и прочности подшипниковых узлов нашли отражение в трудах В.Ф. Кузнецова и его коллег. Ими была разработана математическая модель контактного взаимодействия тел качения с кольцами подшипника при ударном воздействии. Исследования показали, что хотя динамические нагрузки от неровностей пути остаются значительными, подшипники качения, благодаря упругим деформациям в зоне контакта, воспринимают их более эффективно, чем хрупкий баббитовый слой подшипников скольжения.

Коллектив авторов под руководством О.Д. Юрасова занимался вопросами проектирования технологической оснастки для сборки КМБ с подшипниками качения. Ими был предложен портальный стенд, позволяющий механизировать процесс установки колесной пары с напрессованными подшипниками в остов ТЭД, что решает проблему качественного монтажа этого ответственного узла в условиях ремонтного депо.

Заключение. Обзор научно-технической литературы свидетельствует о том, что проблема низкой надежности моторно-осевых подшипников скольжения является комплексной и требует системного решения. Исследования российских и зарубежных ученых убедительно доказывают, что наиболее перспективным направлением модернизации КМБ является внедрение подшипников качения. Это решение позволяет не только повысить эксплуатационную надежность локомотивов и снизить затраты на их обслуживание, но и улучшить экологические показатели работы железнодорожного транспорта. Дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию конструкций подшипников качения применительно к конкретным сериям локомотивов и условиям их эксплуатации.

Библиографический список

1. Арефьев, Е. М. Влияние условий эксплуатации шахтных монорельсовых локомотивов на долговечность полимерных ободьев приводных колес / Е. М. Арефьев, К. А. Рябко // Горные науки и технологии. – 2023. – Т. 8, № 1. – С. 59-67. – DOI 10.17073/2500-0632-2022-11-34. – EDN XBVYLS.
2. Гутаревич, В. О. Исследование условий работы аккумуляторных батарей локомотивов / В. О. Гутаревич, К. А. Рябко, В. А. Захаров // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2020. – № 56. – С. 95-102. – EDN MYHGMT.
3. Рябко, К. А. Исследование теплового состояния аккумуляторных батарей шахтных локомотивов в процессе зарядки / К. А. Рябко // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 1. – С. 343-353. – EDN GOYXMA.
4. Рябко, К. А. Оценка надежностных характеристик электрооборудования электровозов ВЛ80С / К. А. Рябко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 216-221. – EDN SGWDSZ.
5. Рябко, К. А. Оценка прочностных характеристик аккумуляторных батарей шахтных электровозов / К. А. Рябко, Е. М. Арефьев // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2023. – № 2(18). – С. 31-43. – DOI 10.46573/2658-5030-2023-2-31-43. – EDN TROAVV.
6. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
7. Смирнов, В. А. Внедрение оперативной экспресс-диагностики топливной аппаратуры в депо / В. А. Смирнов // Организация производства, экономика и менеджмент : Труды VI студенческой научно-практической конференции, Воронеж, 10 июня 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 68-71. – EDN QSIYRH.
8. Стоянова, Н. В. Основные функции и задачи дирекции по ремонту тягового подвижного состава / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 286-290. – EDN EXQUOL.
9. Стоянова, Н. В. Проведение приемосдаточных испытаний тягового электродвигателя тягового подвижного состава после ремонта / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России

("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 189-192. – EDN QTJEKI.
10. Стоянова, Н. В. Развитие скоростного подвижного состава в современных условиях / Н. В. Стоянова, Е. Г. Спиридонов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 290-292. – EDN RREVCK.
11. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.

УДК 339.724.36

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЯМЫХ РАСХОДОВ НА ВЫПОЛНЕНИЕ РЕМОНТА ТОКОПРИЁМНИКА ТЛ 13У ЭЛЕКТРОВОЗА ВЛ80С.

Толмачев Д.И.
Руководитель: Тимофеев А.И.
РГУПС, Филиал РГУПС в г. Воронеж

Система технического обслуживания и тягового подвижного состава предназначена для обеспечения устойчивой работы локомотивов, эксплуатируемых ОАО «РЖД», поддержания их технического состояния и повышения эксплуатационной надёжности. Система ТО и ремонта является основой обеспечения безопасной и надёжной эксплуатации. Экономическая эффективность системы ТО и ремонта локомотивов обеспечивается выбором оптимальных организационных процедур и технологических процессов, используемых на любом этапе эксплуатации.

Системой технического обслуживания и ремонта ТПС предусмотрено проведение следующих видов технического обслуживания (далее ТО) и текущих ремонтов (далее ТР) в условиях локомотивных депо: технические обслуживания ТО-2, ТО-3, текущие ремонты ТР-1, ТР-2, ТР-3. Устранение последствий внезапно возникших отказов деталей, сборочных единиц разрешается производить на одном из плановых видов ТО или ТР (если по пробегу или сроку требуется его производство) или на неплановом ремонте.

Техническое обслуживание представляет собой комплекс операций по под держанию работоспособности или исправности локомотивов. ТО 2, ТО 3 служат для предупреждения появления неисправностей и поддержания в работоспособном состоянии узлов и агрегатов локомотива, обеспечивающем их бесперебойную работу в межремонтный период. Текущий ремонт представляет собой комплекс операций по обеспечению или восстановлению работоспособности узлов и агрегатов локомотива. ТР-1, ТР-2 предназначены для обеспечения или восстановления работоспособности токоприёмников в соответствующих межремонтных периодах путём ревизии, ремонта или замены отдельных деталей, восстановления изоляционных свойств составляющих элементов и узлов. ТР-3 предназначен для восстановления эксплуатационных характеристик, исправности и ресурса (срока службы) токоприёмника путём ремонта или замены изношенных или повреждённых деталей и узлов.

Работы при ТО-2, ТО-3. Работы выполняются на пунктах технического осмотра локомотивов (ПТОЛ). В зимнее время с полозов удаляется снег и лед. Осматривается полоз. Допускается не более двух трещин на одну угольную вставку и сколы не более 50% ее ширины и 20% высоты, если при этом не ослабляется крепление вставки. Следы выработок угольных вставок устраняются припиловкой до плавного сопряжения с остальной

контактной поверхностью, либо заменой полосы. Шарнирные соединения смазываются. При выявлении прочих неисправностей, для устранения которых требуется снятие токоприёмника, его снимают и передают на участок ремонта токоприёмников для выполнения ТР-3.

Работы при ТР-1, ТР-2. Работы выполняются в стойловой части депо, без снятия токоприёмника. Выполняется осмотр и смазка по схеме ТО. Осуществляется измерение статического нажатия на контактный провод. Выполняется регулировка клапана токоприёмника КП-41, определяющего скорость подъёма токоприёмника. При выявлении прочих неисправностей, для устранения которых требуется снятие токоприёмника, его снимают и передают на участок ремонта токоприёмников для выполнения ТР-3.

Работы при ТР-3. Токоприемники снимаются с электровоза и направляются на участок ремонта токоприёмников. Токоприемник устанавливается на опорные тумбы, выверенные по уровню, разбираются его узлы и детали, и производится их осмотр. Сварные швы, имеющие трещины, срубаются и накладываются вновь. Обнаруженные вогнутости основания токоприемника выправляются. Проверяется крепление соединительных труб угольников основания. Поврежденные места присоединения наконечников проводов зачищаются и подвергаются лужению. Главный вал токоприемников осматривается. Производится ревизия шариковых подшипников. Негодные подшипники заменяются. Проверяется состояние деталей рычажно-пружинного механизма. Неисправные пружины и шарнирные подшипники в узле соединения их с главным валом заменяются. Погнутые синхронизирующие тяги выправляются. Пневматический привод токоприемника разбирается, ему производится ревизия. Разбираются каретки, проверяется состояние их деталей, поврежденные детали ремонтируются или заменяются. Трубы верхних рам при наличии трещин, прожогов, вмятин глубиной более 3 мм заменяются. Полоз разбирается и ремонтируется. Каркас полоза проверяется по шаблону, погнутый каркас выправляется на специальной оправке. Каркас полоза, имеющий толщину стенок менее 1,3 мм, заменяется новым. Проверяется состояние амортизаторов токоприемника, негодные резиновые и другие детали заменяются. Воздушные полиэтиленовые рукава снимаются для ревизии, промываются теплой водой с мылом. Удаляется влага из рукава путем продувки сжатым воздухом. После ремонта рукав испытывается давлением сжатого воздуха 700 кПа (7кгс/кв.см) и на электрическую прочность изоляции напряжением 60 кВ переменного тока, частотой 50 Гц в течение 1 мин. На испытанный рукав наносится дата, место и параметры испытаний Токоприемник собирается, предварительно смазываются все шарнирные и трущиеся соединения. По окончанию сборки токоприемника он проверяется и окрашивается.

Требования к технической оснащенности пунктов технического осмотра локомотивов и ремонтных подразделений депо устанавливаются техническими регламентами ПКБ ЦТ серии РД 32, в которых установлен перечень конкретного оборудования с указанием производителей в зависимости от серии локомотивов и вида выполняемого ТО и ТР. Для электровозов ВЛ-80 эти требования установлены следующими регламентами:

- РД-32ЦТ 524-2001 Техническое обслуживание ТО-2 электровозов ВЛ10, ВЛ11, ВЛ80 всех индексов (в/и)
- РД-32ЦТ 528-2001 Средний ремонт электровозов ВЛ10, ВЛ11, ВЛ80 в/и

ПТОЛ, стойловая часть депо для выполнения работ по ТО-2, ТО-3, ТР-1, ТР-2 токоприёмника, т.е. работ не предусматривающих снятие токоприёмника, должны быть оборудованы эстакадами для выхода на крышу локомотива. Для измерения статического нажатия на контактный провод применяется динамометр, блок и ворот.

Участок ремонта токоприёмников для выполнения ТР-3 (со снятием токоприёмника) комплектуется оборудованием из таблицы 1.

Таблица 1. Стоимость специального оборудования участка ремонта токоприёмников.

№	Наименование оборудования	Шифр оборудования	Цена
1	Рабочее место для ремонта пневмопривода токоприёмников ТЛ-13У, ТЛ-14М в составе:	А3115	934 000
1.1	Стенд для разборки и сборки пневмопривода токоприёмников ТЛ-13У, ТЛ-14М	А3115.110	
1.2	Стенд для испытаний пневмопривода токоприёмников	А3115.300	
2	Подставка для установки токоприёмников (2-3шт)	А3115.400	35 500
3	Шаблон для правки полоза	ПР2600.00.00	48 000
4	Стеллаж для полозов токоприёмников	ПР2601	25 000

Участок оборудуется электропитанием от сети 220В / 50Гц, мощностью не более 200Вт, подачей сжатого воздуха 0,4 МПа. Площадь участка с учётом площадей для временного хранения ремонтируемых токоприёмников – 25-30 кв.м. Стоимость оборудования участка ремонта токоприёмников составляет 1042,5 тыс.руб.

Трудоёмкость работ по ремонту ТР-3 токоприёмника ТЛ-13У приведена в таблице 2.

Таблица 2. Трудоёмкость работ по ремонту ТР-3 токоприёмника ТЛ-13У

№	Наименование работ	Разряд работ	Трудоёмкость, чел-час
1	Слесарные работы	4	3,6
2	Слесарные работы	5	3,6

Определим сдельный заработок слесарей по ремонту подвижного состава при выполнении ремонта ТР-3 токоприёмника ТЛ-13У.

Распоряжением ОАО «РЖД» от 30.01.2025 №188/р размер часовой тарифной ставки первого разряда с 01.03.2025 составляет: 78,61 руб.

В соответствии с "Положением о корпоративной системе оплаты труда работников филиалов и структурных подразделений открытого акционерного общества "Российские железные дороги" (утв. решением правления ОАО "РЖД" (протокол от 18-19 декабря 2006 г. N 40), тарифный коэффициент слесаря по ремонту подвижного состава 4 разряда – 1,98, 5 разряда - 2,12. Размер надбавки за профессиональное мастерство составляет 16% для 4 разряда, 20% для 5 разряда. Часовая тарифная ставка слесаря 4 разряда составляет: 78,61 х 1,98 х 1,16 = 180,55 рублей, 5 разряда 78,61 х 2,12 х 1,20 = 199,98 руб.

Расходы на оплату труда в расчёте на один токоприёмник составят:

180,55 х 3,6 + 199,98 х 3,6 = 1370 руб.

С учетом отчислений во внебюджетные социальные фонды в соответствии с разделом XI НК РФ, которые составляют 30% фонда оплаты труда, расходы на оплату труда с отчислениями составляют 1370 х 1,3 = 1781 рубль.

Прямые затраты на ремонт токоприёмников включают:

1. Расходы на оплату труда (с отчислениями), 1781 рубль

2. Материальные затраты на расходные материалы, запасные части, электроэнергию. При ремонте используются: обмывочные и протирочные материалы, краска, графитовые вставки для токоприёмников, смазочные материалы, резиновые амортизаторы, полиэтиленовые рукава, метизы. При необходимости механическим участком изготавливаются детали каркаса и верхней рамы. Стоимость материалов и электроэнергии составляет 18 300 рублей в расчете на 1 токоприёмник.

3. Амортизацию оборудования. Величина расходов на амортизацию основного производственного оборудования участка ремонта токоприёмников определена по формуле:

$$A = \frac{Спп}{N\ x\ T} = \frac{1042\ 500}{61\ x\ 20} = 854{,}5 \text{ рублей}$$

где Спп – полная первоначальная стоимость оборудования, 1042,5 тыс. руб.,
N – годовая программа ремонта токоприёмников, 61 шт.
Т – срок службы основного оборудования, 20 лет

Таким образом, величина прямых затрат на ремонт токоприёмников составляет:
1781 + 18 300 + 854,5 = 20 935 рублей, из которых 87% - стоимость материалов, 8,5% - оплата труда, 4% - амортизация оборудования.

Список литературы:

1. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
2. Обзор конструкций тяговых аккумуляторных батарей, применяемых на шахтных электровозах / В. О. Гутаревич, К. А. Рябко, Е. В. Рябко, В. А. Захаров // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2020. – № 2. – С. 109-118. – DOI 10.21440/0536-1028-2020-2-109-118. – EDN YMLFKJ.
3. Патент № 2783009 C1 Российская Федерация, МПК B60L 53/30, B60L 58/12, B60L 58/16. Зарядно-разрядное устройство аккумуляторных батарей : № 2022112580 : заявл. 05.05.2022 : опубл. 08.11.2022 / Н. В. Водолазская, К. А. Рябко, Е. В. Рябко [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина". – EDN KHAHJG.
5. Исследование влияния температуры окружающей среды на работоспособность крышек цилиндров тепловозных дизелей / А. Н. Горобченко, К. А. Рябко, Е. В. Рябко, А. М. Гущин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2016. – № 1(61). – С. 34-43. – EDN VTFJMN.
6. Рябко, К. А. Разработка способа формирования и восстановления емкости аккумуляторных батарей тягового подвижного состава / К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2015. – № 3. – С. 124-128. – EDN VEAAVD.
7. Рябко, К. А. Комплексный показатель оценки эффективности различных видов тяги шахтных подвесных монорельсовых локомотивов / К. А. Рябко // Горная энергомеханика и автоматика : Материалы XXI Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию ДонНТУ, Донецк, 27–29 октября 2021 года. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2021. – С. 37-42. – EDN ILBLXN.
8. Рябко, К. А. Определение основных параметров работы токоприемника АТЛ15-ТЭК130-У1 / К. А. Рябко // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2023. – № 4-6. – С. 16-20. – EDN AVGKXG.
9. Математическая модель процесса изменения температуры в слоях огневого днища крышки цилиндра в режиме прогрева дизеля тепловоза / А. С. Шапшал, А. Н. Горобченко, К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Вестник транспорта Поволжья. – 2016. – № 5(59). – С. 35-40. – EDN XDCFRJ.
10. Рябко, К. А. Повышение долговечности крышек цилиндров тепловозных дизелей / К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Известия Транссиба. – 2016. – № 4(28). – С. 30-37. – EDN VXHXTJ.

УДК 629.46/47

НАЗНАЧЕНИЕ ПУНКТА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВАГОНОВ СТАНЦИИ ЛИХАЯ

Турилова И.В.
филиал ГРУПС в г. Воронеж

В работе проведено техническое обследование ПТО вагонного *ремонтного депо*. Рассмотрены основные задачи организации ремонта вагонов, направленные для обеспечение безопасности движения поездов и грузов.

Ключевые слова: ПТО, вагон, полное опробование тормозов, *технология ремонта, ремонтное* депо, программа ремонта.

Пункт технического обслуживания вагонов предназначен для производства технического обслуживания вагонов в транзитных поездах, прибывших на станцию в разборку, и в поездах своего формирования, подготовки вагонов к перевозкам без отцепки их от состава, производства текущего отцепочного и безотцепочного ремонта, а также для выполнения работ по специальным распоряжениям руководства ОАО "РЖД".

Техническое обслуживание и ремонт вагонов на ПТО производится в соответствии с графиком движения поездов, согласно документации исполнение которой обязательно при техническом обслуживании и ремонте вагонов. Ремонт вагонов производится поточно-стационарным методом.

ПТО обслуживает четыре парка: Южно-приемочный, Северо-восточный, Северный и Воронежский.

Депо рассчитано на следующую программу ремонта грузовых вагонов:

подготовка под погрузку за 12 месяцев выполнена на 98,8 %, при плане 258400 вагонов подготовлено 255427 вагонов, к году - на 104,9%;

текущий отцепочный ремонт за 12 месяцев выполнен на 101,5%, при плане 14580 вагонов отремонтировано 14800 вагона, к году на 111,3%;

технический осмотр на ПТО за 12 месяцев выполнен на 98,2%, при плане 4100214 вагонов осмотрено 4025135 вагонов, к году - на 104,8 %;

К основным задачам депо можно отнести:

- обеспечение работоспособности вагонного парка на обслуживаемом участке для выполнения установленного объема перевозок при обеспечении безопасного и безаварийного проследования грузовых вагонов в поездах по гарантийным участкам;
- техническое обслуживание грузовых вагонов в поездах, проведение ремонтов грузовых вагонов, а также подготовка вагонов под погрузку независимо от их форм собственности и принадлежности в соответствии с технологическими процессами;
- обеспечение совместно с причастными хозяйствами Дороги эффективной работы постов безопасности и автоматических устройств контроля за вагонами в пути следования;
- осуществление контроля за сохранностью грузовых вагонов и перевозимых грузов при погрузочно-разгрузочных и маневровых работах на железнодорожных путях основного и второстепенного значения, а также за оформлением поврежденных грузовых вагонов, недопущение в поезда поврежденных, технически неисправных вагонов.

Вагонное депо станции Лихая является эксплуатационным и выполняет только техническое обслуживание вагонов в поездах по прибытию и при отправлении в транзитных поездах и поездах своего формирования, текущий отцепочный и текущий безотцепочный ремонт, а также деповской ремонт в небольших количествах.

Вагонное депо Лихая является эксплуатационным и выполняет следующие виды работ:

- производство деповского ремонта грузовых вагонов всех типов, их текущий ремонт и техническое обслуживание;
- организация и обеспечение подвижным составом грузовых перевозок;

- ремонт и комплектацию узлов и деталей, а также оборудование вагонов при эксплуатации;

- отчистку вагонов от остатков ранее перевозимого груза и их внутреннюю обмывку;

- снабжение вагонов всеми экипировочными материалами;

- техническое обслуживание вагонов в поездах по прибытию;

- техническое обслуживание вагонов в транзитных поездах и поездах своего формирования по отправлению;

- подготовка вагонов под погрузку;

- текущий ремонт на пункте текущего отцепочного ремонта;

- текущий безотцепочный ремонт вагонов.

Депо организует в установленном порядке бухгалтерский, налоговый, управленческий, статистический учет и отчетность, контролирует правильность и достоверность их ведения, обеспечивает проведение мероприятий по их автоматизации.

Литература

1. Стоянова, Н. В. Проблемы и перспективы развития вагонного хозяйства / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 261-265. – EDN GHTVGW.
2. Прочность цистерн из стали ВСт3СП в условиях низких температур / Н. В. Стоянова, В. И. Корольков, С. Е. Гончаров, И. С. Попов // Наука и техника транспорта. – 2017. – № 4. – С. 47-49. – EDN YLFMYL.
3. Стоянова, Н. В. Неразрушающий контроль и сертификация/ Стоянова Н.В., Бомбардиров А.П., и др.// Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта М. 2009 С.60-63.
4. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.

УДК 629.42

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА, ВНЕДРЯЕМЫЕ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Федоров Д.С.
РГУПС, Филиал ГРУПС в г. Воронеж
Руководитель Малеев В.В.

Для обеспечения безопасности движения на железнодорожном транспорте внедряются самые разнообразные технические средства, которые дублируют, записывают и обрабатывают действия машиниста.

Ключевые слова: подвижной состав, локомотив, технические средства, ремонт, безопасность движения, крана машиниста.

Для обеспечения безопасности движения на железнодорожном транспорте внедряются самые разнообразные технические средства, которые дублируют, записывают и обрабатывают действия машиниста, значения на индикаторах и позже заносятся в список, чтобы понять, в случае чего, какие соверши машинист ошибки и что нужно будет в случае

чего исправить, одними из таких приборов являются блок БУС-М комплекса КПД-3ПА и контроллер крана машиниста ККМ-Ц.

Контроллер крана машиниста ККМ-Ц, устанавливаемый на кран машиниста, предназначен для считывания информации о положении рукоятки крана машиниста.

Электропитание ККМ-Ц осуществляется от сети постоянного тока напряжением в диапазоне от 35 до 160 В. Напряжение, подаваемое на выходные ключи ККМ-Ц, может меняться в диапазоне от 35 до 160 В относительно минуса нагрузки, подсоединяемой к ККМ-Ц. Пульсация напряжения (двойная амплитуда) на частоте от 100 до 150 Гц должна быть не более 20 % от величины питающего напряжения, но не ниже минимального значения 35 В.

Потребляемая мощность при максимальном напряже- нии питания должна быть не более 15 ВА.

Масса - не более 1,7 кг.

Контроллер крана машиниста ККМ-ЦДМ предназначен для управления пневматическими и электропневматическими тормозами железнодорожного подвижного состава, а также для включения аварийного режима локомотива при экстренном торможении. Имеет дополнительный выход для отличия позиций крана 1 и 2; 3 и 4; 5а и 5.

Электропитание ККМ-ЦДМ осуществляется от бортовой сети локомотива или от ЭПТ локомотива напряжением в диапазоне от 35 до 75 В без дополнительных переключений. Напряжение, подаваемое на выходные ключи контроллера, может меняться в диапазоне от 35 до 160 В относительно минуса нагрузки, подсоединяемой к контроллеру (в случае питания контроллера от бортовой сети локомотива).

Пульсация напряжения (двойная амплитуда) на частоте от 100 до 150 Гц не более 20 % от величины питающего напряжения, но не ниже минимального значения 35 В. Ток выходных ключей не более 650 мА.

Выходные сигналы ККМ-ЦДМ транслируются в блоки электронной аппаратуры по интерфейсу CAN спецификации 2.0А.

Потребляемая мощность при максимальном напряжении питания - не более 15 ВА.

Габаритные размеры, мм – 160 х 66.

Масса, кг, не более - 2,2.

При проведении профилактики ККМ (ККМ-Ц) применяются следующие средства измерения и испытательное оборудование: вольтметр цифровой В7-16А, источник питания с выходным напряжением до 160 В и током не менее 2 А (типа АТН-1301).

Указанные средства измерений могут быть заменены на аналогичные, обеспечивающие допустимую погрешность измерений и удовлетворяющие условиям проведения профилактических работ.

Электропитание контроллера может осуществляться, как от бортовой сети локомотива напряжением в диапазоне от 35 до 160 В, так и от ЭПТ локомотива напряжением в диапазоне от 35 до 72 В без дополнительных переключений. Пульсация напряжения (двойная амплитуда) на частоте от 100 до 150 Гц должна быть не более 20 % от величины питающего напряжения, но не ниже минимального значения 35 В.

Контроллер считается выдержавшим испытания, если значение измеренного сопротивления изоляции не менее 10 МОм.

Литература

1. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.
2. Стоянова, Н. В. Неразрушающий контроль и сертификация/ *Стоянова Н.В.,* Бомбардиров А.П.*, и др.*// Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта М. 2009 С.60-63.

3. Стоянова, Н. В. Основные функции и задачи дирекции по ремонту тягового подвижного состава / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 286-290. – EDN EXQUOL.
4. Стоянова, Н. В. Развитие скоростного подвижного состава в современных условиях / Н. В. Стоянова, Е. Г. Спиридонов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 290-292. – EDN RREVCK.
5. Стоянова, Н. В. Проведение приемосдаточных испытаний тягового электродвигателя тягового подвижного состава после ремонта / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 189-192. – EDN QTJEKI.
6. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
7. Рябко, К. А. Исследование теплового состояния аккумуляторных батарей шахтных локомотивов в процессе зарядки / К. А. Рябко // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 1. – С. 343-353. – EDN GOYXMA.
8. Рябко, К. А. Оценка надежностных характеристик электрооборудования электровозов ВЛ80С / К. А. Рябко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 216-221. – EDN SGWDSZ.
9. Рябко, К. А. Исследование процесса заряда аккумуляторных батарей шахтных подвесных монорельсовых локомотивов / К. А. Рябко // Горная механика и машиностроение. – 2022. – № 2. – С. 30-36. – EDN LFUDNM.
10. Рябко, К. А. Определение основных параметров работы токоприемника АТЛ15-ТЭК130-У1 / К. А. Рябко // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2023. – № 4-6. – С. 16-20. – EDN AVGKXG.

УДК 316

СОЦИАЛЬНАЯ СТРАТИФИКАЦИЯ

Хаханов М.Э.
Руководитель: Гостева С.Р.
Филиал РГУПС в г. Воронеж.

В работе рассматривается понятие социальной стратификации и факторы, влияющие на это в обществе.

Ключевые слова: социальная стратификация, социальный статус, социальные роль, общество.

В условиях глобализации, стремительного технологического прогресса и социальных изменений идея о том, что экономический рост может приводить к глубокому социальному разрыву, становится особенно важной для анализа. современных вызовов. Ф. Фукуяма утверждает, что несмотря на наблюдаемый экономический рост, социальные

разрывы и неравенства, возникающие вследствие этого, могут угрожать стабильности общества.

Стратификация – это деление на отдельные слои, на основе таких критериев, как социальный статус, класс, образование, благосостояние и власть. Она подразумевает, что определенные социальные различия между людьми и приобретает некую иерархию, определяя доступ к ресурсам, возможностям и привилегиям. В общем смысле – это система неравенства. Социальная стратификация базируется на неоднородности и разнообразии функций внутри социальной системы общества.

Проблему стратификации рассматривали в своих работах К. Маркс, М. Вебер, П. Сорокин. Уильям Ллойд Уорнер, П. Бурдьё и др. Социальная стратификация претерпевала изменения на протяжении истории различных обществ. Различные формы социальной стратификации отражают особенности конкретной эпохи, культуры и экономической структуры.

Статус – это положение человека, занимаемое в обществе, которое определяется набором признаков и представляет совокупность прав, обязанностей и поведением. Члены общества имеют различные социальные статусы и соответственно социальные роли.

Социальная роль - совокупность норм, которая регулирует поведение в соответствии с социальным статусом индивида.

К. Маркс предлагал экономические факторы, в виде владения собственностью и капиталом, соответственно классовый подход можно применять к любому обществу.

М. Вебер предложил следующий способ измерения стратификации: статус(профессиональное положение), класс(экономическое положение) и партия(политическое положение).

П. Сорокин рассматривал неравенство расстояний между статусами, как основное свойство социальной стратификации, которое можно измерить по доходу, власти, образованию и престижу.

Уильям Ллойд Уорнер считает, что социальное происхождение (класс, в котором вы родились) оказывает более сильное влияние на ваш социальный статус, чем ваше индивидуальное достижение и выделял слои, которые охватывают различные уровни дохода, образования, социального статуса и власти.

В любом обществе существует определенное статусное деление, которое зависит от выполнения определенных социально-значимых функций.

К факторам, влияющим на социальную стратификацию можно отнести:

- экономический рост, который часто приводит к неравномерному распределению благ и усиливает разницу между слоями;
- влияние политики на экономическое развитие для эффективного взаимодействия социальных групп;
- вопрос идентичности и культурных аспектов, которые становятся определяющими в формировании общественного мнения;
- роль технологий в развитии экономики и общества;
- социальные маркеры, таких как уровень образования и доступ к здравоохранению, которые могут существенно влиять на экономические возможности индивидов;
- распределение ресурсов между разными слоями и группами.

К сожалению, уровень неравенства постоянно растет. Транснациональные компании, стремясь максимизировать прибыль, часто игнорируют локальные интересы и потребности, что порождает экономическое неравенство и социальное напряжение. Это может привести к потенциальным социальным волнениям, если интересы и потребности менее обеспеченных слоёв не будут учтены.

Все это показывает усугубление разрыва между социальными группами и слоями и является социальной стратификацией.

Библиографический список
1. Вебер М. Избранные произведения. М.1990.
2. Гостева, С. Р. Понятие, сущность и основные черты глобализации / С. Р. Гостева // Современные гуманитарные исследования. – 2008. – № 2(21). – С. 310-334. – EDN NYHOER.
3.Сорокин П.А. Социальная мобильность. М.: Academia, 2005. 588 с.
4. Уорнер У.Л. Социальный класс и социальная структура// Рубеж: Альманахи и социальных исследований. 1997. № 10-11. С.42-57.
5. Фукуяма Ф. Великий разрыв. М.,2003.- 474 с.

УДК 629.46/47

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ НА ПТО СТАНЦИИ

Холодов Д.В.
РГУПС, филиал ГРУПС в г. Воронеж

Рассмотрены вопросы организации работы на ПТО станции для своевременного выявление неисправностей и качественного ремонта вагонов.

Ключевые слова: вагон, эксплуатация, ремонт, ПТО, техническое обслуживание, диспетчер.

Производственным процессом ПТО станции руководит начальник ПТО, а работой смен ПТО мастера смен производственных участков (северного и главного парков).

Для поддержания постоянной оперативной связи с дежурным по станции, маневровым диспетчером, работниками смен, технологическими бригадами на ПТО Лиски выделены операторы.

Рабочее место оператора оборудовано специальным пультом со световым табло-планом расположения путей в парке станции и пультом управления дистанционным ограждением составов на путях станции, устройством зарядки и опробования тормозов (УЗОТ-РМ), колонкой двусторонней оповестительной связи с работниками смен, прямой телефонной связью с маневровым диспетчером и дежурным по станции, радиостанцией с локомотивной бригадой. Прямая радиосвязь оператора с каждым осмотрщиком-ремонтником вагонов технологических бригад осуществляется с помощью радиосвязи.

Своевременное выявление неисправностей и высококачественный ремонт вагонов и, в первую очередь, таких ответственных узлов как тележки, автосцепное устройство и автотормоза способствует обеспечению безостановочного безопасного движения поездов по установленным гарантийным участкам. Решение этого вопроса обеспечивается совершенствованием конструкции вагонного парка, усилением технической базы подготовки вагонов к перевозкам, переходом на новые формы технического обслуживания вагонов в составах поездов, внедрением средств диагностики, совершенствованием системы технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов, предусматривающей следующие виды технического обслуживания:

- технического обслуживание вагона: комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности грузового вагона в сформированных или в транзитных поездах, а также порожнего вагона при подготовке к перевозкам без его отцепки от состава или группы вагонов;

- текущий отцепочный ремонт вагона: ремонт, выполняемый для обеспечения или восстановления работоспособности грузового вагона с заменой или восстановлением отдельных частей с подачей на специализированные пути. По состоянию грузового вагона, месту обнаружения его отказа и отцепки, текущий отцепочный ремонт подразделяется:

- текущий ремонт вагона: ремонт порожнего вагона, выполняемый при его подготовке к перевозке с отцепкой от состава или группы вагонов, подачей на специализированные

пути с переводом в нерабочий парк. При этом порядок перевода в нерабочий парк вагонов принадлежности железнодорожной администрации или владельца инфраструктуры, и собственных вагонов приписанных к железнодорожной администрации, устанавливается этой железнодорожной администрацией или владельцем инфраструктуры;

- текущий ремонт вагона: ремонт груженого или порожнего грузового вагона, с отцепкой от транзитных или прибывших в разборку поездов или от сформированных составов, переводом в нерабочий парк и подачей на специализированные пути текущего отцепочного ремонта (ТОР).

Выявление неисправностей прибывающего поезда на пункте технического обслуживания грузовых вагонов станции Лиски начинается при встрече сходу. Работники технологической группы заблаговременно выходят к пути приема поезда, и располагаются в месте пропуска поездов сходу (островке безопасности) с двух сторон пути и контролируют техническое состояние вагонов в прибывающем поезде. Места встречи и пропуска поездов сходу (островки безопасности) оборудованы согласно инструкции № 647-2009 ПКБ ЦВ ограждающей стойкой, переговорной колонкой, переносной радиостанцией, прожекторной установкой, фонарем осмотрщика, площадкой с твердым покрытием, навесом от атмосферных осадков.

Применение более современного оборудования на ПТО повышает безопасность движения поездов, а также позволяет одновременно подключать к установке и опробовать столько составов, сколько установлено питательных колонок на парке.

Литература

1. Прочность цистерн из стали ВСт3СП в условиях низких температур / Н. В. Стоянова, В. И. Корольков, С. Е. Гончаров, И. С. Попов // Наука и техника транспорта. – 2017. – № 4. – С. 47-49. – EDN YLFMYL.
2. Стоянова, Н. В. Неразрушающий контроль и сертификация/ Стоянова Н.В., Бомбардиров А.П., и др.// Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта М. 2009 С.60-63.
3. Стоянова, Н. В. Обеспечение безопасности движения поездов при взрезе стрелки с невзрезным стрелочным электроприводом / Н. В. Стоянова, Д. Е. Минаков, Е. Ю. Минаков // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 268-272. – EDN LPUYFY.
4. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.
5. Стоянова, Н. В. Проблемы и перспективы развития вагонного хозяйства / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 261-265. – EDN GHTVGW.

УДК 629.4.015:620.178.16

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛОКОМОТИВОВ И ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ

Чемизов Р.П.
РГУПС, филиал в г. Воронеж

В статье рассматривается проблема повышения надежности и энергоэффективности тягового подвижного состава железных дорог. Показано, что ресурс и экономичность работы локомотивов и электропоездов в значительной степени определяются процессами трения и изнашивания в ходовых частях, тяговом приводе и токоприемниках. Предложена концепция автоматизированной испытательной машины, позволяющей моделировать фрикционное взаимодействие материалов пар трения с высокой точностью. Особое внимание уделено вопросам внедрения современных трибологических методов для оптимизации работы узлов перспективных локомотивов с гибридными силовыми установками и тяговыми аккумуляторными батареями. Применение прецизионных методов контроля трения позволяет прогнозировать срок службы элементов механической части и повышать общую эффективность эксплуатации подвижного состава за счет снижения потерь на тягу и увеличения пробега между ремонтами.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, локомотив, электропоезд, трибология, трение и износ, испытательное оборудование, аккумуляторная батарея, энергоэффективность, токосъем, ресурс

This article examines the problem of improving the reliability and energy efficiency of railway traction rolling stock. It demonstrates that the service life and operating efficiency of locomotives and electric trains are largely determined by friction and wear processes in the running gear, traction drive, and pantographs. A concept for an automated testing machine is proposed that allows for the high-precision simulation of frictional interactions between friction pair materials. Particular attention is paid to the implementation of modern tribological methods to optimize the operation of advanced locomotives with hybrid power plants and traction batteries. The use of precision friction control methods allows for predicting the service life of mechanical components and improving the overall operating efficiency of rolling stock by reducing traction losses and increasing the mileage between repairs.

Keywords: rail transport, locomotive, electric train, tribology, friction and wear, testing equipment, battery, energy efficiency, current collector, service life

Введение. В условиях современной эксплуатации железнодорожного транспорта к локомотивам и электропоездам предъявляются повышенные требования по надежности и энергетической эффективности [8]. Особую актуальность эта проблема приобретает в связи с внедрением тягового подвижного состава с накопителями энергии (аккумуляторными батареями). Ресурс автономного хода такого подвижного состава напрямую зависит не только от емкости батарей, но и от минимизации потерь энергии в механической части тяговой передачи и ходовых частях [2, 6].

Одним из резервов повышения эффективности является совершенствование триботехнических характеристик узлов трения: моторно-осевых подшипников, зубчатых передач, элементов рессорного подвешивания и системы токосъема «пантограф – контактный провод». Снижение коэффициента трения в подшипниковых узлах и уменьшение износа пары «колесо – рельс» позволяет сократить расход энергии на тягу поезда, что для аккумуляторного подвижного состава эквивалентно увеличению пробега без подзарядки.

Для оценки качества применяемых материалов и смазок необходимо использование высокоточного испытательного оборудования, позволяющего максимально приблизить

лабораторные условия к реальным эксплуатационным нагрузкам. В данной работе предлагается анализ конструктивных решений автоматизированной машины трения и ее прикладное значение для задач железнодорожного транспорта, включая аспекты эксплуатации локомотивов с литий-ионными тяговыми батареями [3, 5].

Основной материал исследования. Выполним анализ трибологических проблем в конструкции тягового подвижного состава. Узлы трения локомотивов и электропоездов работают в широком диапазоне скоростей, нагрузок и температур. Особенно сложные условия наблюдаются в системе токосъема: скользящий контакт вставки пантографа по контактному проводу сопровождается прохождением тягового тока, что интенсифицирует процессы окисления и эрозионного износа. Развитие скоростного подвижного состава в современных условиях [10] предъявляет дополнительные требования к надежности узлов токосъема. Переход к концепции роликовых токоприемников позволяет снизить глубину износа на порядок, что требует прецизионного подбора материалов и смазочных сред.

Аналогичные проблемы характерны для зубчатых передач тягового привода, особенно в условиях реализации максимальных крутящих моментов при трогании с места. Для перспективных локомотивов с гибридными силовыми установками, где тяговая аккумуляторная батарея способна кратковременно выдавать повышенную мощность [6], эти нагрузки возрастают. Следовательно, трибологические испытания должны учитывать динамику пиковых нагрузок. Кроме того, значительное влияние на ресурс механической части оказывают переходные процессы в приводе локомотивов [6], которые необходимо корректно моделировать при стендовых испытаниях.

Важным аспектом является также надежность электрооборудования локомотивов. Как показывают исследования надежностных характеристик электрооборудования электровозов [4], отказы электрических машин и аппаратов часто связаны с нарушением работы подшипниковых узлов, что подтверждает необходимость комплексного подхода к трибологическим испытаниям.

Рассмотрим концепцию автоматизированной системы испытаний материалов на трение и износ. Для решения задач, стоящих перед железнодорожным машиностроением, целесообразно использование испытательных машин, оснащенных системами автоматического регулирования параметров контакта. Предлагаемая конструкция испытательного стенда включает следующие основные компоненты, адаптированные для моделирования условий работы узлов локомотивов:

- применение платформы с гидроприводом обеспечивает плавное вертикальное перемещение контробразца, имитируя вертикальные колебания кузова локомотива или изменение нажатия полоза токоприемника на провод;

- использование независимых приводов вращения позволяет задавать различные скорости скольжения, что актуально для моделирования работы колесной пары в режиме юза или боксования, а также разницы скоростей в контакте трения пары «ролик – кольцо». Особое значение это имеет для шахтных монорельсовых локомотивов, где условия сцепления приводных колес с дорогой имеют свою специфику [1];

- применение цифрового измерительного комплекса, который включает в себя блоки измерения перемещений (износа), датчики угловой скорости и блок регистрации параметров поверхности (температура, микрорельеф). Это позволяет в реальном времени отслеживать кинетику изнашивания;

- использования контура автоматического регулирования силы трения, состоящего из динамометрического узла и гидравлического сервопривода. Данная система является основным элементом системы повышения адекватности результатов испытаний, стабилизации их режима при исследовании работы подшипников скольжения и качения локомотивов, где флуктуации нагрузки могут исказить реальную картину износа.

Применение гидравлического привода, управляемого сигналом обратной связи, позволяет имитировать реальные процессы нагружения в кривых участках пути и при

прохождении стрелочных переводов, что недостижимо при использовании пневматических систем или жесткого нагружения.

Следует отметить, что качество проведения ремонтных работ и приемосдаточных испытаний тяговых электродвигателей [9] напрямую влияет на последующие трибологические характеристики узлов локомотивов в эксплуатации. Внедрение современных методов диагностики [7] позволяет своевременно выявлять отклонения в работе узлов трения и предотвращать развитие аварийных ситуаций.

Рассмотрим связь трибологических исследований с энергоэффективностью и ресурсом аккумуляторных батарей тягового подвижного состава. Эксплуатационная эффективность локомотивов и электропоездов складывается из многих факторов, среди которых доля механических потерь является значимой. Повышенный износ и высокий коэффициент трения в элементах передачи мощности ведут к дополнительным затратам энергии, источником которой у автономных локомотивов является дизельное топливо или аккумуляторные батареи в случае гибридных локомотивов, например ЭМКА2 или ТЭМ9Н.

Потери в механической части (буксы, редукторы, опорные узлы) напрямую снижают КПД локомотива. Для маневровых (ЭМКА2) и промышленных локомотивов (ТЭМ-241) с литий-ионными батареями снижение потерь на трение на 5-10% может дать прирост пробега в автономном режиме на те же 5-10%, что сравнимо с увеличением полезной емкости аккумуляторной батареи.

Кроме того, использование автоматизированных машин трения позволяет подбирать оптимальные пары материалов и смазки для узлов самих накопителей энергии (систем охлаждения, подшипников вспомогательных машин), косвенно влияя на тепловой режим батарей и, следовательно, на их ресурс и безопасность. Исследования теплового состояния аккумуляторных батарей в процессе зарядки [3] показывают, что стабильный тепловой режим исключает перегрев ячеек, что является одним из основных требований к современным литий-ионным батареям. Также важна оценка прочностных характеристик аккумуляторных батарей [5] при воздействии вибрационных и ударных нагрузок, передающихся через элементы механической части локомотива.

Вопросы организации эффективной системы ремонта тягового подвижного состава [8] и внедрения современных систем безопасности [11] также взаимосвязаны с трибологическим состоянием узлов локомотивов, поскольку своевременное выявление и устранение проблем износа позволяет предотвращать отказы в эксплуатации.

Таким образом, внедрение в практику научных исследований и заводских лабораторий машин трения с автоматическим регулированием силы трения позволит решить следующие задачи:

- разработка и сертификация новых износостойких материалов для узлов «колесо–рельс» и «пантограф–контактный провод» с учетом специфики различных типов подвижного состава [10];
- тестирование смазок в условиях, максимально приближенных к реальным нагрузкам в механической части электровозов и тепловозов;
- получение достоверных данных для расчета межремонтных пробегов локомотивов, что особенно важно при переходе на систему эксплуатации по фактическому состоянию;
- количественная оценка потерь на трение в узлах локомотивов и разработка мероприятий по их снижению, что напрямую сказывается на экономии топливно-энергетических ресурсов и увеличении ресурса аккумуляторных батарей [2, 3, 5].

Использование математических моделей определения энергоемкости, подобных разработанным для монорельсовых локомотивов с учетом влияния условий эксплуатации на долговечность элементов ходовой части [1], в совокупности с реальными трибологическими данными позволяет создать цифровой двойник узла трения и точно прогнозировать его поведение на всем сроке службы.

Заключение. Таким образом, разработка и внедрение высокоточных автоматизированных машин для испытания материалов на трение и изнашивание является

важным фактором повышения технического уровня железнодорожной техники. Предложенная в работе концепция испытательного оборудования, основанная на принципах автоматического регулирования силовых параметров, позволяет с высокой достоверностью моделировать процессы, происходящие в узлах трения локомотивов и электропоездов.

Применение таких исследований напрямую влияет на эффективность эксплуатации подвижного состава, позволяя снизить потери энергии на тягу и увеличить ресурс механического оборудования. Для перспективных локомотивов с тяговыми аккумуляторными батареями это означает не только увеличение пробега без подзарядки, но и повышение общей надежности и безопасности перевозочного процесса.

Библиографический список

1. Арефьев, Е. М. Влияние условий эксплуатации шахтных монорельсовых локомотивов на долговечность полимерных ободьев приводных колес / Е. М. Арефьев, К. А. Рябко // Горные науки и технологии. – 2023. – Т. 8, № 1. – С. 59-67. – DOI 10.17073/2500-0632-2022-11-34. – EDN XBVYLS.
2. Гутаревич, В. О. Исследование условий работы аккумуляторных батарей локомотивов / В. О. Гутаревич, К. А. Рябко, В. А. Захаров // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2020. – № 56. – С. 95-102. – EDN MYHGMT.
3. Рябко, К. А. Исследование теплового состояния аккумуляторных батарей шахтных локомотивов в процессе зарядки / К. А. Рябко // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – № 1. – С. 343-353. – EDN GOYXMA.
4. Рябко, К. А. Оценка надежностных характеристик электрооборудования электровозов ВЛ80С / К. А. Рябко // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2024") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 216-221. – EDN SGWDSZ.
5. Рябко, К. А. Оценка прочностных характеристик аккумуляторных батарей шахтных электровозов / К. А. Рябко, Е. М. Арефьев // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2023. – № 2(18). – С. 31-43. – DOI 10.46573/2658-5030-2023-2-31-43. – EDN TROAVV.
6. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
7. Смирнов, В. А. Внедрение оперативной экспресс-диагностики топливной аппаратуры в депо / В. А. Смирнов // Организация производства, экономика и менеджмент : Труды VI студенческой научно-практической конференции, Воронеж, 10 июня 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 68-71. – EDN QSIYRH.
8. Стоянова, Н. В. Основные функции и задачи дирекции по ремонту тягового подвижного состава / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 286-290. – EDN EXQUOL.
9. Стоянова, Н. В. Проведение приемосдаточных испытаний тягового электродвигателя тягового подвижного состава после ремонта / Н. В. Стоянова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк-2023") : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 17 ноября 2023 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 189-192. – EDN QTJEKI.
10. Стоянова, Н. В. Развитие скоростного подвижного состава в современных условиях / Н. В. Стоянова, Е. Г. Спиридонов // Актуальные проблемы и перспективы развития

транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2024) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 290-292. – EDN RREVCK.
11. Стоянова, Н. В. Сравнительный анализ систем безопасности, используемых в локомотивном депо / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2025") : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 197-200. – EDN IDJGIC.

УДК 62-523.8

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДОЗАТОРОМ ЖИДКИХ КОМПОНЕНТОВ

Чуприна Д.А.
Луганский государственный университет им. В. Даля, г. Луганск

Работа посвящена разработке автоматизированной системы управления дозатором жидких компонентов. Выбран способ объемного порционного дозирования. Приведена формула расчета производительности объемного порционного дозатора жидких компонентов.

Ключевые слова: дозирование, автоматизация, производительность.

This paper focuses on the development of an automated control system for a liquid component dispenser. A volumetric batch dosing method is selected. A formula for calculating the throughput of a volumetric batch dosing system for liquid components is presented.

Keywords: dosing, automation, throughput.

Актуальность. Точность, с которой осуществляется дозирование жидких ингредиентов, играет определяющую роль в самых разных производственных и промышленных процессах. От того, насколько строго выдерживаются заданные объёмы или массы подаваемых компонентов, напрямую зависят такие ключевые параметры, как итоговое качество готовой продукции, эффективность протекания технологических операций и уровень безопасности при эксплуатации оборудования. Особенно это актуально в отраслях, где требуется соблюдение строгих рецептур или поддержание стабильности физико-химических свойств смесей. Эффективность внедрения сложных технических систем на производстве напрямую зависит не только от их аппаратной реализации, но и от качества подготовки персонала, работающего с ними. В работе [1] справедливо отмечается важность адаптационного периода при освоении новых технологий и организации образовательного процесса.

Под точностью дозирования понимается степень близости фактически поданного количества жидкости к установленному номинальному значению. Этот показатель формируется под влиянием целого ряда факторов: конструктивных особенностей применяемого дозатора, физико-химических свойств дозируемой среды (таких как вязкость, температура, склонность к пенообразованию), а также условий, в которых эксплуатируется и обслуживается оборудование – включая стабильность давления, износ узлов и соблюдение периодичности калибровок [2].

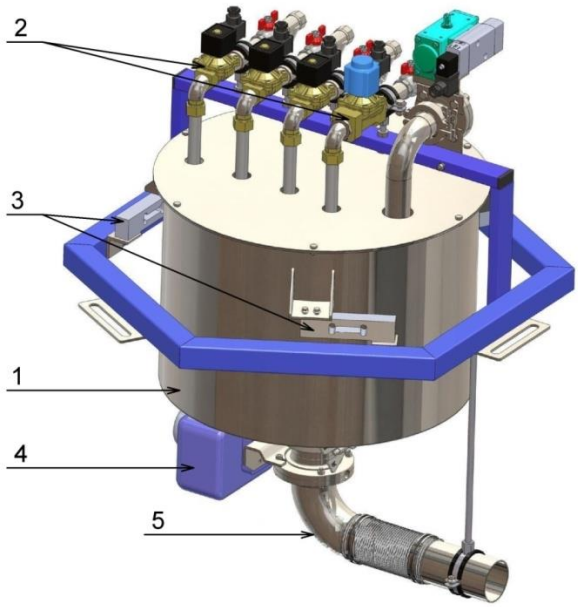
Достижение стабильно высоких показателей точности требует не только обоснованного выбора типа дозатора, но и тщательного учёта специфики дозируемого компонента на этапе проектирования технологической линии, а также неукоснительного соблюдения регламентов эксплуатации и своевременного технического обслуживания.

Изложение основного материала. Вне зависимости от конструктивного исполнения, основным требованием, предъявляемым к дозирующим устройствам в пищевой и смежных

отраслях, является обеспечение заданной точности при сохранении стабильности работы в течение всего срока службы. На современных хлебопекарных производствах для дозирования воды и жидких компонентов - к которым относятся растворы соли и сахара, жидкие дрожжи, растопленные жиры, а также различные улучшители - используется обширная номенклатура дозаторов [3]. Всё многообразие этих устройств может быть разделено на две основные категории: дозаторы порционного (периодического) действия, обеспечивающие отмеривание отдельных порций, и дозаторы непрерывного действия, предназначенные для подачи компонентов в потоке.

По принципу, положенному в основу измерения, устройства обеих категорий подразделяются на реализующие объёмный и весовой принципы дозирования (рис. 1). Выбор между этими подходами определяется требуемой точностью, свойствами среды и условиями производства [4].

В свою очередь, дозаторы объёмного типа классифицируются по конструктивным признакам на несколько разновидностей: визуальные (позволяющие оператору контролировать уровень), поплавковые, мерные (с фиксированным объёмом камеры), кондуктометрические (использующие электропроводность среды), поршневые и стаканчиковые [5]. Каждая из этих конструкций имеет свою область применения и особенности эксплуатации [6].



1 – реактор; 2 – управляемые вентили подачи; 3 – тензометрические датчики;
4 – управляемый вентиль слива; 5 – сливной патрубок
Рис. 1. – Весовой дозатор жидких компонентов

Важно отметить, что для получения однородной высококачественной смеси процесс дозирования должен сопровождаться не только отмериванием строго определённого количества жидких ингредиентов, но и их подогревом до необходимой температуры (что особенно актуально для жиров и вязких сред), а также тщательным перемешиванием, обеспечивающим равномерное распределение компонентов по всему объёму, которое может быть оценено с помощью компьютерных программ [7].

Производительность дозаторов периодического действия Q (в л/с) определяется по формуле:

$$Q = \frac{V}{\tau_з + \tau_п + \tau_і},$$

где Q - объем дозируемой жидкости, л;

$\tau_з$ - продолжительность отмеривания заданной порции, с;

$\tau_п$ - продолжительность подготовки смеси (подогрев, перемешивание), с;

$\tau_с$ - продолжительность слива отдозированной порции, с.

Производительность стаканчиковых и поршневых дозаторов Q (л/с) вычисляется по формуле:

$$Q = V_1 \cdot Z,$$

где V_1 - объем полости стаканчика или цилиндра, заполненной жидкостью, л.;

Z - число качаний, оборотов стакана или движения поршня в секунду.

Производительность дозаторов Q ($м^3/с$) по свободному истечению жидкости непрерывным потоком рассчитывается по формуле:

$$Q = \mu S\sqrt{2gH},$$

где μ - коэффициент расхода жидкости, для воды = 0,65…0,7;

S - площадь поперечного сечения отверстия истечения, $м^2$;

g - ускорение свободного истечения жидкости, = 9,81 $м/с^2$

H – высота столба жидкости над отверстием истечения, м.

Выводы. Работа посвящена разработке автоматизированной системы управления дозатором жидких компонентов. Выбран способ объемного порционного дозирования. Приведена формула расчета производительности объемного порционного дозатора жидких компонентов [8]. Если в шахтных локомотивах [9, 10] качество переходного процесса влияет на плавность хода и энергопотребление, то в системах дозирования жидкостей оно напрямую определяет точность отмера компонента и исключение гидроударов. Таким образом, методы математического моделирования, примененные для оценки эффективности тяги в работе [10], в дальнейших исследованиях могут быть адаптированы для синтеза регулятора в системе автоматизированного управления дозатором. При этом для отработки алгоритмов управления и обеспечения долговременной точности дозирования особое значение приобретают исследования трибологических характеристик прецизионных пар «плунжер-цилиндр», которые могут быть проведены с использованием специализированного стенда, защищенного патентом [11], что позволит экспериментально обосновать выбор материалов и конструктивных зазоров, гарантирующих стабильность объемных порций в условиях циклических нагрузок.

Библиографический список

1. Особенности организации образовательного процесса в адаптационный период / Е. В. Рябко, К. А. Рябко, Т. В. Кравцова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2025) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 19 ноября 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2025. – С. 91-94. – EDN LVLCQI.
2. Применение современных цифровых технологий в образовательном процессе / В. В. Малахова, О. В. Малахов, Я. О. Малахова // Инновации и информационные технологии в условиях цифровизации экономики : Сборник тезисов III международной научно-практической конференции, Алчевск, 24–25 апреля 2025 года. – Алчевск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донбасский государственный технический университет", 2025. – С. 633-635. – EDN LZGCJM.
3. Программно управляемая роботизированная платформа / В. В. Малахова, О. В. Малахов, Я. О. Малахова // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2024. – № 9(87). – С. 51-55. – EDN TLWXYK.

4. Математическая обработка телеметрической информации с использованием программной библиотеки Pandas / В. В. Малахова, В. В. Малый, Я. О. Малахова // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2024. – № 10(88). – С. 96-100. – EDN LIOCPQ.
5. Использование математического аппарата искусственного интеллекта для интерпретации и валидации результатов кластерного анализа / В. В. Малахова, О. В. Малахов // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2023. – № 12(78). – С. 162-165. – EDN OAVUXU.
6. Использование алгоритмов искусственного интеллекта для анализа неструктурированных статистических данных / В. В. Малахова, О. В. Малахов // Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками. – 2023. – № 8. – С. 88-93. – EDN AXIEXO.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023666264 Российская Федерация. «Программа определения углов поворота и прогибов однопролетной бесконсольной балки» : № 2023664939 : заявл. 14.07.2023 : опубл. 27.07.2023 / К. А. Рябко, Е. М. Арефьев, В. В. Малахова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения». – EDN GAWYKG.
8. Экспериментальные исследования влияния внешних вибрационных возмущений на рабочие элементы узла трения / О. В. Малахов, В. В. Малахова // Информационные системы и технологии в моделировании и управлении : Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции Отв. редактор К.А. Маковейчук, Ялта, 24–25 мая 2023 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 149-155. – EDN UCPRCE.
9. Рябко, К. А. Переходные процессы в приводе шахтных подвесных монорельсовых локомотивов на аккумуляторной тяге / К. А. Рябко // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 129-134. – EDN YDJFFG.
10. Рябко, К. А. Комплексный показатель оценки эффективности различных видов тяги шахтных подвесных монорельсовых локомотивов / К. А. Рябко // Горная энергомеханика и автоматика : Материалы XXI Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию ДонНТУ, Донецк, 27–29 октября 2021 года. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2021. – С. 37-42. – EDN ILBLXN.
11. Патент № 2818654 C1 Российская Федерация, МПК G01N 3/56. Машина для испытания материалов на трение и изнашивание : № 2023135657 : заявл. 28.12.2023 : опубл. 03.05.2024 / Н. В. Водолазская, О. В. Малахов, К. А. Рябко [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "МИРЭА - Российский технологический университет". – EDN LILBXQ.

85 студенческая научно-практическая конференция РГУПС
(Воронеж, 22-24 апреля 2026г.)

Сборник статей конференции

Отпечатано: филиал РГУПС в г. Воронеж
г. Воронеж, ул. Урицкого, 75а
тел. (473) 253-17-31

Подписано в печать 28.04.2026. Формат 21х30 ½
Печать цифровая. Усл.печ.л. – 15 п.л.
Тираж 20 экз.