

АВТОРЕФЕРАТЫ ДИССЕРТАЦИЙ

Selected abstracts of D.Sc. and Ph.D. theses submitted at Russian universities

Текст на английском языке, публикуется во второй части данного выпуска.

The text in English is published in the second part of the issue.

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-3-14>

Бересток Н. О. Повышение безопасности производственных процессов предприятий железнодорожного транспорта на основе снижения влияния человеческого фактора / Автореф. дис... канд. техн. наук. – М.: РУТ, 2021. – 24 с.

Движение поездов является технико-технологической основой производственных процессов транспортного предприятия. Повторение из года в год аварий, сходов с рельсов, столкновений поездов и предпосылок к ним практически по одним и тем же причинам связано с человеческим фактором. По данным статистики, 90 % всех инцидентов происходит в связи с нарушением норм и правил, регламентирующих действия работников. Это свидетельствует о том, что сложившаяся система профилактики нарушений безопасности движения поездов при организации перевозочного процесса недостаточно эффективна.

Повышение уровня безопасности производственных транспортных процессов традиционными методами за счёт значительных объёмов капитальных вложений в ближайшей перспективе является маловероятным вариантом. Поэтому исследование вопроса повышения безопасности за счёт снижения негативного влияния человеческого фактора представляется актуальным.

Целью диссертационной работы является разработка методики оценки уровня безопасности производственных процессов предприятий железнодорожного транспорта с учётом влияния человеческого фактора.

Для реализации поставленной цели в данном исследовании необходимо было решить следующие задачи:

- проанализировать существующие подходы к управлению безопасностью производственных транспортных процессов;
- структурировать нарушения безопасности производственных транспортных процессов;
- обосновать инструментарий получения экспертных данных о связи видов нарушений с признаками культуры безопасности;
- предложить подход к оценке влияния человеческого фактора на безопасность производственных транспортных процессов;
- обосновать технологию кластерного анализа нарушений правил безопасности движения поездов с учётом влияния человеческого фактора;
- разработать методику оценки уровня безопасности производственных процессов предприятий железнодорожного транспорта с учётом влияния человеческого фактора;
- провести апробацию разработанных методических решений и предложить рекомендации по минимизации негативного влияния человеческого фактора на обеспечение безопасности производственных транспортных процессов.

В результате проведённых исследований в диссертационной работе была решена научная задача по разработке методики оценки уровня безопасности производственных процессов предприятий железнодорожного транспорта с учётом влияния человеческого фактора. Полученные при этом основные научные и практические результаты состоят в следующем.

Выполнен анализ состояния безопасности производственных транспортных процессов, который показал, что существенное влияние на уровень безопасности оказывает человеческий фактор и требуется разработка методического инструментария оценки этого влияния.

Выдвинута гипотеза о связи реально совершаемых работниками нарушений с признаками культуры безопасности – новым инструментом деятельности железнодорожных предприятий при обеспечении безопасности движения поездов. Гипотеза подтверждена экспертными оценками, полученными при выполнении диссертационного исследования.

Выполнена видовая структуризация нарушений безопасности производственных транспортных процессов, которая позволила

свести многообразие единичных нарушений к конкретному числу их видов, обладающих устойчивым характером, позволяющая упорядочить их обработку и анализ в конкретных производственных ситуациях.

Разработана методика оценки уровня безопасности производственных транспортных процессов с учётом влияния человеческого фактора. Методика включает:

- определение комплексной средней оценки общего уровня безопасности по установленным видам нарушений;

- определение средней экспертной оценки степени связи нарушений с признаками культуры безопасности;

- способ количественной оценки уровня безопасности производственных транспортных процессов с учётом влияния человеческого фактора;

- кластерный анализ, используемый для получения структурированной информации, дополняющей обобщённые средние оценки.

Апробация методики на примере данных 2018 года позволила установить следующие значения средних оценок:

- средняя оценка связи нарушений с признаками культуры безопасности: 0,27;

- уровень безопасности производственных транспортных процессов без учёта влияния человеческого фактора: 0,35;

- с учётом его влияния: 0,31.

Предложена модифицированная автором шкала Харрингтона для качественной характеристики количественных оценок уровня безопасности производственных транспортных процессов. Её модифицированная версия отличается от исходной более жёсткими требованиями к интерпретации количественных оценок. Значение 0,31 по шкале Харрингтона и по шкале, предложенной в диссертации, оценки нарушения безопасности производственных транспортных процессов с учётом влияния человеческого фактора соответствует низкому уровню состояния безопасности.

Предложен инструментарий кластерного анализа, позволяющий получить информацию, дополняющую средние оценки, необходимую для принятия управленческих решений по повышению уровня безопасности производственных транспортных процессов и снижению негативного влияния человеческого фактора. Инструментарий включает метод экспертных оценок для установления

связи видов нарушений с признаками культуры безопасности, девять сформированных кластеров нарушений с их авторской группировкой по аспектам культуры безопасности, авторскую трактовку содержания каждого кластера.

Установлен факт тесной связи нарушений безопасности, допускаемых работниками предприятий организации движения ОАО «РЖД», с ошибками студентов транспортного вуза при их работе с авторским тестовым контентом. Дано объяснение существованию такой связи.

Предложены рекомендации по повышению уровня безопасности производственных транспортных процессов и снижению негативного влияния человеческого фактора, в том числе на вузовском этапе кадрового обеспечения транспортного производства.

Полученные результаты, выводы и предложения нашли применение в работе Департамента безопасности движения ОАО «РЖД», ООО «Проектные Технологии» и кафедры «Железнодорожные станции и транспортные узлы» РУТ (МИИТ).

По результатам проведённого анализа для каждого кластера нарушений разработаны технологические карты, направленные на повышение уровня безопасности производственных процессов за счёт минимизации влияния человеческого фактора.

Перспективой дальнейшей разработки темы является совершенствование показателей характеризующие системный подход к культуре производства на предприятии.

05.02.22 – Организация производства (транспорт).

Работа выполнена и защищена в Российском университете транспорта.

Грачев Н. В. Энергосберегающее управление силовыми установками газотурбинных локомотивов / Автореф. дис... канд. техн. наук. – СПб.: ПГУПС, 2022. – 16 с.

В настоящее время одной из целевых задач является повышение экономичности работы газотурбинных локомотивов, использующих в качестве моторного топлива природный газ.

Объектом исследования являлась силовая энергетическая установка газотурбинного



локомотива. Предметом исследования являлись основные физические процессы преобразования энергии газа в электрическую энергию в системе газовая турбина – генератор и управление ею с целью повышения экономичности работы газотурбинных локомотивов.

Целью диссертационного исследования являлось повышение энергетической эффективности газотурбинных локомотивов путём совершенствования способов и алгоритмов управления их силовыми установками.

В работе решены следующие задачи:

- проведён обзор и анализ существующих систем передачи энергии газовой турбины к колёсным парам автономного локомотива;
- исследованы основные физические процессы преобразования энергии газа в электромагнитную энергию в системе газовая турбина–генератор и управление ею;
- разработаны математические модели силовой энергетической установки газотурбовоза и регулятора выходной мощности системы турбина–генератор газотурбинного локомотива серии ГТ1h;
- исследованы электромагнитные процессы в тяговом электроприводе газотурбинных локомотивов серии ГТ1h в различных режимах его работы;
- исследована работа алгоритмов управления силовыми установками газотурбинных локомотивов;
- обоснован метод реализации управления газовой турбиной, нагруженной на тяговый генератор, который обеспечивает улучшение экономичности её работы на частичных нагрузках;
- в соответствии с предложенными подходами к управлению газовой турбиной и регулированию выходной мощности системы газовая турбина–генератор, предложен алгоритм управления мощностью системы турбина–генератор, обеспечивающий формирование рациональных траекторий нагружения газовой турбины по свободной мощности турбины во всём диапазоне её использования, позволяющий снизить удельный расход топлива, затрачиваемого газотурбовозом на тягу поездов;
- выполнена обработка экспериментальных данных, полученных в ходе эксплуатации газотурбовозов серии ГТ1h №№ 001, 002 на путях общего пользования инфраструктуры Свердловской железной дороги – фи-

лиала ОАО «РЖД» с использованием предложенного алгоритма управления силовыми установками газотурбинных локомотивов, обеспечивающего повышение их экономической эффективности.

В диссертационной работе решена актуальная научно-техническая задача, заключающаяся в повышении экономичности работы газотурбинных локомотивов за счёт совершенствования алгоритма управления силовыми установками. В процессе выполнения работы получены следующие основные результаты и выводы.

Анализ существующих систем газотурбинной тяги показал, что одной из приоритетных задач повышения экономичности работы газотурбинных локомотивов является снижение расхода топлива ГТД на холостом ходу и частичных нагрузках за счёт совершенствования алгоритмов управления силовыми установками газотурбовозов.

Разработана математическая модель силовой энергетической установки газотурбинного локомотива, включающая в себя модели газотурбинного двигателя, тягового электропривода и системы автоматического регулирования газотурбинного локомотива, позволяющие исследовать электромагнитные процессы в тяговом электроприводе.

По результатам исследования электромагнитных процессов в тяговом электроприводе газотурбинного локомотива с помощью разработанной математической модели получена область устойчивости ПИ-регулятора системы автоматического регулирования, и определён темп набора заданной мощности тягового генератора.

Обоснован метод реализации управления газовой турбиной, нагруженной на тяговый генератор, который обеспечивает улучшение экономичности её работы на частичных нагрузках.

Определены ограничения при работе объединённого регулятора мощности и частоты оборотов газотурбинного двигателя и регулятора мощности системы турбина–генератор. В ограничениях учитывалась изменяющаяся частота вращения вала силовой турбины и доступная мощность газотурбинного двигателя в различных диапазонах регулирования, частоты вращения вала силовой турбины.

Разработана математическая модель наблюдателя состояния газотурбинного двига-

теля, предназначенная для расчёта свободной мощности газотурбинного двигателя при его работе в энергосберегающем режиме.

По предложенному методу разработан алгоритм управления мощностью системы турбина-генератор, позволяющий формировать рациональные траектории нагружения газовой турбины во всём диапазоне её использования.

Показано, что учёт ограничений по свободной мощности газотурбинного двигателя при работе регуляторов выходной мощности системы турбина-генератор позволяет формировать рациональные траектории нагружения газотурбинного двигателя.

Снижен удельный расход топлива газотурбовозом при вождении: лёгких поездов массой 1500 тонн на 35,5 %, поездов массой 6000 тонн на 16,2 % и тяжеловесных поездов массой 9000 тонн на 9,57 %.

Ожидаемый интегральный экономический эффект при эксплуатации газотурбовоза на участке Сургут-Войновка с тяжеловесными поездами массой 9000 тонн составит 17478,18 тыс. руб. в год со сроком окупаемости 0,003 года за счёт низкой стоимости работ по смене программного обеспечения.

05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

Работа выполнена и защищена в Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I.

Осипова В. Э. Модель управления энергетическим комплексом железнодорожного предприятия для интеллектуальной поддержки процессов принятия решений / Автореф. дис... канд. техн. наук. – Иркутск: ИрГУПС, 2021. – 17 с.

Особенностью работы объектов железнодорожного транспорта является неравномерность нагрузки системы по времени, что затрудняет формирование полной исходной базы данных, характеризующих рассматриваемую систему.

Многообразие и неопределённостью факторов, описывающих состояние её отдельных элементов, не позволяет в полной мере использовать данные одной из имеющихся систем учёта железнодорожной отрасли (АСУТП), как следствие, затрудняет принятие решения с целью управления

технологическим процессом. Режимы работы специализированного оборудования таких объектов обычно отличаются наличием жёстких ограничений по времени и сложностью описания изменений, характеризующих состояния системы в определённый момент времени.

Всё это способствует разработке сложных математических моделей с целью принятия управленческих решений. Наиболее перспективным из которых является применение теории нечётких множеств. Таким образом, актуальность диссертационного исследования обусловлена необходимостью совершенствования методики формирования топливно-энергетического баланса системы энергоснабжения на основе теории нечётких множеств.

Целью диссертационной работы являлось совершенствование системы управления энергетическим комплексом железнодорожного предприятия путём эффективного формирования топливно-энергетического баланса на основе системного анализа, разработки математической модели и методики управления топливно-энергетическими ресурсами.

Для реализации поставленной цели в ходе диссертационного исследования потребовалось решить следующие задачи:

- провести системный анализ неопределённости исходных данных и изучить принципы и особенности работы системы управления расходом топливно-энергетических ресурсов энергетического комплекса железнодорожного предприятия (ТЭР ЭКЖП);
- определить критерии выборки, основные системные связи и закономерности функционирования ЭКЖП, для создания базы правил управления расходом топливно-энергетических ресурсов;
- разработать математическую модель управления расходом ТЭР ЭКЖП;
- провести оценку и анализ адекватности полученных результатов разработанных моделей управления, определить экономический эффект от внедрения предлагаемой модели;
- предложить методику управления расходом ТЭР ЭКЖП на основе теории нечётких множеств с использованием базы правил нечётких выводов и нечётких регуляторов.

Объектом исследования является система управления расходом топливно-энерге-



тических ресурсов энергетического комплекса железнодорожного предприятия. Предметом исследования – математические методы управления расходом топливно-энергетических ресурсов железнодорожного предприятия, методы нечёткого управления и нечётких выводов, и созданная на их основе методика формирования баланса ТЭР.

В результате проведённого диссертационного исследования получены новые научные результаты, направленные на повышение эффективности функционирования системы управления расходом топливно-энергетических ресурсов энергетического комплекса железнодорожного предприятия. Практическое применение результатов исследования позволит повысить эффективность управления техническими системами, а также снизить затраты на энергообеспечение.

Выполнен системный анализ неопределённости исходных данных и особенностей работы существующих моделей нечёткого управления применительно к ЭКЖП, определены критерии выборки и основные взаимозависимости между параметрами рассматриваемой системы.

Предложены уравнения для определения «центра тяжести» в процессе дефазификации на основе алгоритма Мамдани–Сугено, которые легли в основу математической модели управления расходом ТЭР ЭКЖП.

Разработан новый алгоритм формирования топливно-энергетического баланса ЭКЖП, обеспечивающий повышение эффективности принятия решений в условиях неопределённости, за счёт использования математического аппарата нечёткой логики.

Осуществлена программная реализация разработанной модели управления расходом ТЭР ЭКЖП. Экономический эффект от внедрения предлагаемой методики составляет сокращение эксплуатационных расходов на закупку ТЭР на 2–4 %.

Предложена методика формирования топливно-энергетического баланса, ориентированная на повышение эффективности принятия решения с использованием современных методов обработки информации, в условиях неопределённости исходных данных.

2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации.

Работа выполнена и защищена в Иркутском государственном университете путей сообщения (ИрГУПС).

Семёнов А. П. Модель управления жизненным циклом локомотивов с использованием современных методов технического диагностирования / Автореф. дис... док. техн. наук. – М.: РУТ, 2021. – 39 с.

В мировой и отечественной практике технического обслуживания и ремонта (ТОиР) тягового подвижного состава имеется тенденция к переходу от планово-предупредительной системы к ремонту с учётом фактического технического состояния. Одновременно происходит переход на управление ТОиР комплексно на всём жизненном цикле локомотива, для чего с производителем заключается контракт жизненного цикла на сервисное ТОиР. Эти тенденции обусловлены развитием автоматизированных систем управления (АСУ) производством, микропроцессорных систем управления локомотивами (МСУ), автоматизированных систем технического диагностирования (АСТД) – встроенных в оборудование, бортовых на базе МСУ, деповских переносных и стационарных АСТД.

Массовое внедрение киберфизических производственных систем позволяет говорить о «четвёртой промышленной революции», методы которой следует осмыслить и применить, в том числе в локомотиворемонтном комплексе. Требуется научно-практическая проработка новой технологии АСУ ТОиР. Разработка модели управления жизненным циклом локомотивов с использованием современных методов технического диагностирования и принципов построения АСУ является актуальной.

В диссертации развиваются научные основы управления надёжностью локомотивов через разработку модели управления жизненным циклом локомотивов с использованием современных методов технического диагностирования.

Объектом исследования является тяговый подвижной состав железных дорог, система управления жизненным циклом локомотивов, система технического обслуживания и ремонта локомотивов с использованием автоматизированных систем технического

диагностирования оборудования локомотивов.

Целью диссертационной работы является повышение надёжности и эффективности эксплуатации ТПС через совершенствование системы ТОиР за счёт перехода на модель управления жизненным циклом локомотивов с комплексным использованием современных систем диагностирования (далее – модель).

В диссертационной работе обоснованы технические и технологические апробированные решения в области управления жизненным циклом локомотивов (ЖЦЛ), внедрение которых вносит значительный вклад в развитие локомотиворемонтного комплекса железнодорожного транспорта России.

Разработана технологическая модель автоматизированной системы управления жизненным циклом локомотивов (АСУ ЖЦЛ), представляющая собой киберфизическую производственную систему, объединяющую в себе по принципу внутренней интероперабельности автоматизированные системы технического диагностирования оборудования локомотивов (АСТД), включая бортовые и встроенные, технологическое оборудование с микропроцессорным управлением и АСУ техническим обслуживанием и ремонтом (ТОиР) локомотивов (с использованием методов «Индустрии 4.0»), систем менеджмента качества, бережливого производства, сервисного обслуживания и др.), а также объединяющую в себе по принципу внешней интероперабельности все АСУ, участвующие в жизненном цикле локомотива: системы автоматического проектирования оборудования локомотивов (САПР), АСУ локомотивостроительных и локомотиворемонтных заводов, АСУ эксплуатирующих организаций (включая АСУЖТ ОАО «РЖД»), АСУ ТОиР сервисных компаний с функциями поддержки принятия решений. В основе Модели предлагается создать систему управления базами данных (СУБД) «Жизненный цикл локомотива» (ЖЦЛ), для которой описан порядок её формирования и обновления.

Выполнен анализ мирового и отечественного опыта управления жизненным циклом локомотивов с использованием литературных источников и собственного опыта. Анализ показал, что, наряду с остающейся в основе планово-предупредительной системой сервисного ТОиР, есть тенденция

использования данных бортовых АСТД на базе микропроцессорных систем управления локомотивов (МСУ), которые поступают в АСУ ТОиР по радиоканалу в режиме реального времени (online) для дополнительного индивидуального планирования объёма ТОиР. Опыт использования данных бортовых и встроенных АСТД при организации сервисного ТОиР локомотивов есть как у зарубежных лидеров локомотивостроения, так и у отечественных компаний. При этом важно объединить технологические процессы мониторинга и диагностирования с технологическими процессами планирования в АСУ ТОиР. В разработанной модели использован мировой и отечественный опыт.

Разработан метод оценки эффективности использования тягового подвижного состава (ТПС) через коэффициент полезной работы ($K_{АП}$: отношение времени нахождения локомотива в состоянии «тяга в голове поезда» согласно классификатору АСОУП ОАО «РЖД» к общему времени эксплуатации (в долях единицы или процентах). Разработано соответствующее программное обеспечение на алгоритмическом языке Visual BASIC for Applications (VBA) в среде MS Excel, с помощью которого выполнен анализ эксплуатации отечественного локомотивного парка: по данным АСОУП (АСУЖТ ОАО «РЖД») случайно отобранных локомотивов из 12 самых массовых серий (8 серий электровозов и 4 серии тепловозов) за 400–500 дней их эксплуатации (с учётом проведения ТОиР – это год эксплуатации). Размер репрезентативной выборки гарантирует достоверность полученных результатов. Доказано, что в среднем у локомотивов $K_{АП} = 48\%$ при одновременном несоблюдении требований контрактов на сервисное обслуживание по надёжности. При этом есть отдельные локомотивы, у которых по итогам работы за год $K_{АП} \geq 75\%$. Потери в эксплуатации $\Delta K_{АП} = 25\%$, в ожидании ТОиР $\Delta K_{АП} = 14,4\%$, при выполнении ТОиР $\Delta K_{АП} = 5\%$. При этом ТОиР занимает около 10% у электровозов и 20% у тепловозов общего бюджета времени. Таким образом, оптимальная модель жизненного цикла локомотивов является важным резервом повышения эффективности их эксплуатации как за счёт повышения эффективности использования локомотивов, так и за счёт повышения эффективности сервисного ТОиР, в т.ч. за счёт сокращения



времени простоя на ТОиР до уровня нормативного и выше.

Выполненный анализ принятых в контрактах жизненного цикла локомотивов (КЖЦ) между ОАО «РЖД» и поставщиками локомотивов показателей надёжности по категориям отказов согласно классификатору системы учёта отказов «КАС АНТ» ОАО «РЖД» показал, что категории отказов в большей степени зависят от условий эксплуатации локомотивов, а не от производителей оборудования. Разработан вероятностно-статистический метод установления взаимосвязи между показателями надёжности, предусмотренными стандартом, и показателями, принятыми в КЖЦ.

Разработан метод оценки информационной эффективности систем технического диагностирования с позиций теории познания (гносеологии), теорий информации, автоматического управления и цифровизации. Взятая за основу формула Шеннона дополнена статистической вероятностью наступления отказа и стоимостью устранения отказа в удельных единицах. Введён коэффициент информационной эффективности АСТД, как отношение её информативности по предложенной формуле к общей информационной энтропии объекта диагностирования. По предложенному методу выполнен анализ информационной эффективности наиболее распространённых автоматизированных систем технического диагностирования (АСТД). Доказано, что бортовые АСТД обладают ограниченной информативностью даже при расширении их функциональности, поэтому исключить из системы ТОиР деповские стационарные и переносные АСТД нельзя.

Разработан метод технико-экономической оценки эффективности внедрения АСТД имитационным моделированием в среде MS Excel с использованием специально разработанной на VBA программы месячного расчёта чистой приведённой стоимости проекта (NPV). Доказано, что применение всех видов существующих АСТД оборудования локомотивов экономически нецелесообразно. Доказана эффективность применения бортовых АСТД, автоматизированных систем реостатных испытаний дизель-генераторных установок, виброиспытаний колёсно-моторных блоков и ряда других АСТД.

Разработан метод оперативной экспертной оценки продолжительности проведения ТОиР при его организации с индивидуальным для каждой секции планированием объёма ремонта с учётом диагностических данных совокупности всех АСТД. В основу метода положено вероятностно-статистическое моделирование продолжительности отдельных ремонтных операций с целью вероятностной оценки ожидаемого времени ТОиР каждой конкретной секции локомотива. Для проверки метода разработано соответствующее программное обеспечение в среде MS Excel на VBA.

Выполнена практическая реализация системы ТОиР по предложенной модели жизненного цикла локомотивов (ЖЦЛ) в сервисном локомотивном депо «Братское» на станции Вихоревка (Восточно-Сибирская железная дорога) группы компаний «ЛокоТех» применительно к электровозам переменного тока с выпрямительно-инверторными преобразователями производства НЭВЗ. Внедрение модели позволило существенно повысить эффективность работы депо (простой на ТОиР сокращён в три раза, коэффициент готовности к эксплуатации приведён в норму, логистические потери сокращены на 30 % и др.), тем самым доказав эффективность предложенных технических и технологических решений по результатам теоретических исследований. Запланировано тиражирование технологии во всех сервисных локомотивных депо Восточного полигона ОАО «РЖД», обслуживающих аналогичные электровозы.

Перспективой дальнейшей разработки темы является:

- адаптация разработанной модели и технологии ТОиР для других серий локомотивов;
- инкапсуляция в АСУ ТОиР всех предложенных математических методов управления с целью повышения эффективности системы ТОиР по предложенной модели управления жизненным циклом;
- расширение функциональности бортовых АСТД за счёт установки дополнительных датчиков, развития встроенных в само оборудование АСТД, разработки дополнительных методов прогнозирования остаточного ресурса оборудования и локомотива в целом;

• дальнейшая интеграция всех видов АСТД в АСУ ТОИР, в информационные системы «Цифровое депо» и «Цифровая железная дорога» (ИСУЖТ).

05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

Работа выполнена и защищена в Российском университете транспорта.

Хоанг Нгок Ань. Математическое и алгоритмическое обеспечение вычисления показателей эффективности обслуживания и ремонта сложного оборудования / Автореф. дис... канд. техн. наук. – Иркутск: ИрГУПС, 2021. – 18 с.

Развитие техники и технологий привело к созданию и совершенствованию методов и средств обеспечения надёжного функционирования оборудования различного назначения. К этим средствам относят методы надёжности, а также средства мониторинга и диагностики сложного оборудования.

Надёжное функционирование оборудования во многом определяется используемой системой его технического обслуживания и ремонта. В связи с этим, в нашей стране и за рубежом развиваются и совершенствуются различные технологии его обслуживания и ремонта. Обслуживание и ремонт оборудования происходит в условиях ограниченных финансовых ресурсов, поэтому в организацию ремонтных работ широко внедряются различные методы системного анализа, математического и имитационного моделирования.

Диссертационное исследование посвящено исследованию обслуживания и ремонта сложного оборудования в условиях неопределённости и ограниченных финансовых ресурсов. В диссертационной работе рекомендована процедура обслуживания и ремонта сложного оборудования, использующая страховой фонд, который выполняет две функции:

1) накапливает платежи с заданной периодичностью для выполнения различного вида ремонтных работ;

2) по мере необходимости оплачивает эти работы. Математическое описание состояния страхового фонда в момент времени t предлагается провести на основе

процесса риска специального вида, используемого в математической теории риска.

Для моделирования этого процесса риска предложено использовать имитационный подход, предполагающий создание моделирующей программы на основе событийного метода, которая создаёт выборочные значения моментов времени, когда финансовые ресурсы для выполнения ремонтных работ оборудования отсутствуют. Эти значения затем обрабатываются по предложенным алгоритмам с целью получения значений показателей эффективности обслуживания оборудования. Поиск моделей для оценки эффективности ремонтных работ сложного оборудования в процессе его эксплуатации является актуальной задачей, требующей своего решения. Всё вышесказанное обосновывает актуальность выбранной темы диссертационной работы и позволяет сформулировать её цель и задачи.

Целью диссертационной работы является повышение эффективности принятия управленческих решений за счёт разработки и применения математического, алгоритмического и программного обеспечения вычисления показателей, оценивающих обслуживание и ремонт сложного оборудования в процессе его эксплуатации.

Для реализации поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- создать математическое обеспечение, используя процесс риска, для моделирования обслуживания и ремонта оборудования с применением страхового фонда, выполняющего функции по накоплению платежей с различной периодичностью и по оплате этих работ по мере необходимости;

- выбрать вероятностные модели, используемые при описании компонент процесса риска и необходимые для моделирования интервалов времени между ремонтными работами и затрат на их выполнения;

- разработать алгоритмическое обеспечение вычисления показателей эффективности обслуживания и ремонта оборудования по данным имитационного моделирования;

- создать программный комплекс для моделирования и комплексного исследования обслуживания и ремонта сложного оборудования по предложенным показателям эффективности;



- провести апробацию созданного алгоритмического и программного обеспечения по влияющим факторам на основании вычислительных экспериментов с моделирующей программой по выбранным исходным данным.

Объектом исследования в диссертационной работе является обслуживание и ремонт сложного оборудования в процессе его эксплуатации. Предметом диссертационного исследования являются математическое и алгоритмическое обеспечение применительно к вычислению предложенных показателей риска и надёжности при обслуживании оборудования на основе результатов имитационного моделирования.

В результате диссертационного исследования достигнуты следующие основные результаты.

Выполнены формализация и постановка задачи системного подхода к обслуживанию и ремонту сложного оборудования с применением страхового фонда, выполняющего функции по накоплению платежей с различной периодичностью и по оплате этих работ. Для математического описания состояния этого фонда предложено использовать процесс риска специального вида.

Выбраны вероятностные модели, используемые для оценки компонент процесса риска. Эти модели описывают интервалы времени между ремонтными работами и затраты на их выполнения. В качестве этих моделей выбраны: распределение Парето с нулевой точкой, гамма-распределение, распределение Бирнбаума–Сандерса и др.

Создано специальное алгоритмическое обеспечение по обработке информации, содержащее вероятностные модели и алгоритмы получения результатов имитационного моделирования с использованием событийного подхода и календаря событий специального вида по трём основным влияющим факторам:

- а) способу обеспечения превышения доходной части над расходной;
- б) долям платежей по видам ремонтных работ;
- с) периодичности платежей.

Разработаны алгоритмы для вычисления показателей эффективности по резуль-

татам имитационного моделирования в виде точечных и интервальных оценок ресурсно-затратного и финансового рисков и показателей надёжности «Отказ в обслуживании» по финансовым причинам.

Разработан программный комплекс, основанный на моделирующей программе, использующей событийный подход, позволяющий проводить вычислительные эксперименты и реализующий разработанные методы и алгоритмы оценки показателей эффективности, характеризующих обслуживание и ремонт сложного оборудования. Программный комплекс реализован на языке программирования пакета MatLab. Имеются два свидетельства о государственной регистрации созданных программ.

Используя одну из программ, проведено тестирование модуля, необходимого для моделирующей программы. Тестирование показало, что математическое и программное обеспечение для оценки показателей надёжности обладает необходимой точностью и может быть рекомендовано для основной программы моделирования.

Сформулированы четыре задачи комплексного исследования эффективности ремонтных работ сложного оборудования. Первые три задачи в качестве показателей сравнения вариантов используют оценки ресурсно-затратного и финансового рисков, четвёртая задача – оценки показателей надёжности «Отказ в обслуживании». Это позволило впервые провести комплексное исследование на основании 30 вычислительных экспериментов с моделирующей программой и 120 вариантов оценок показателей эффективности и получить практически важные результаты: превышение доходной части над расходной необходимо делать за счёт начального годового значения страхового фонда; периодичность платежей должна зависеть от вида ремонтных работ и исходных данных; доли платежей должны быть различными.

2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации.

Работа выполнена в Иркутском государственном аграрном университете имени А. А. Ежовского, защищена в Иркутском государственном университете путей сообщения (ИрГУПС).

Чекалова Е. А. Научные и технологические основы формирования на поверхности режущего инструмента и деталей дискретных диффузионных оксидных слоёв для повышения их долговечности / Автореф. дис... док. техн. наук. – М.: МАИ, 2021. – 45 с.

Стратегия повышения надёжности и долговечности машин требует коренного улучшения качества деталей и узлов производимой продукции. Успешное решение этой проблемы практически невозможно без разработки и внедрения новых, более совершенных материалов и эффективных технологических процессов. Особое место в достижении необходимого качества деталей машин принадлежит поверхностному упрочнению инструментальных и конструкционных материалов.

Классически упрочнение инструментальных и конструкционных материалов достигается введением легирующих элементов и термической обработкой путём рационального управления химическим составом и структурой материалов.

В то же время для целого ряда наиболее массовых и ответственных деталей, таких как лопатки компрессора газотурбинных двигателей, работающих в условиях воздействия высоких знакопеременных нагрузок, коррозионно-эрозионного воздействия газовой среды, которые, как правило, оказывают определяющее значение на ресурс двигателей в целом весьма актуальной является проблема разработки новых более эффективных методов поверхностного упрочнения.

Особенно остро проблема упрочнения инструментальных и конструкционных материалов приобрела при разработке новых высоконагруженных энергоёмких машин, при решении проблем снижения трудоёмкости и себестоимости, существенного повышения их конкурентоспособности на мировом рынке.

Создание перспективных газотурбинных двигателей неизбежно сопровождается резким ужесточением условий их эксплуатации, повышением уровня термомеханических циклических нагрузок, необходимостью применения более совершенных инструментальных материалов, повышения качества обработки поверхностей. В связи с этим весьма актуальным направлением решения проблемы повышения надёжности и долговечно-

сти инструментов и изделий является создание новых высокоэффективных износостойких покрытий.

Другой важной задачей является разработка новых, более надёжных и экономичных промышленных технологий формирования упрочняющих покрытий, обеспечивающих высокую стабильность качества и воспроизводимость физико-механических свойств. Высокую актуальность приобретает установление функциональных связей между параметрами технологического процесса формирования покрытий и их эксплуатационными характеристиками.

Комплексный подход к решению поставленных задач предполагает, прежде всего, глубокое изучение механизмов разрушения покрытий в условиях воздействия нестационарных термомеханических нагрузок, научное обоснование целенаправленного легирования поверхностного слоя деталей и инструмента для получения заданных эксплуатационных свойств.

В работе предлагается принципиально новое решение проблемы долговечности деталей машин и инструмента, состоящее в разработке нового типа диффузионных покрытий с дискретной ячеистой структурой покрытий с дискретной ячеистой структурой нестехиометрического состава, обладающих повышенной износостойкостью.

Цель работы – повысить технологические и эксплуатационные свойства инструментов и деталей за счёт создания поверхностного диффузионного дискретного оксидного слоя при обработке током коронного разряда.

Исследование позволило достичь следующих результатов.

Разработана теоретическая модель долговечности образца с диффузионным дискретным оксидным слоем для сравнительной оценки влияния дискретного оксидного слоя и сплошного покрытия на физико-механические свойства поверхностного слоя материала.

Разработан новый метод получения током коронного разряда, при низких температурах (вплоть до комнатной), на поверхности режущего инструмента и деталей из инструментальных и конструкционных материалов диффузионных дискретных оксидных слоёв и определены рекомендуемые параметры технологического процесса, увеличивающие долговечность режущего инструмента и деталей в условиях эксплуатации.



Установлены влияние химического состава газовой среды и параметров технологического процесса на структуру формируемого оксидного слоя обрабатываемых материалов инструмента и деталей и влияние структурных особенностей дискретных оксидных слоёв на физико-механические и режущие свойства инструментального материала и физико-механические свойства конструкционного материала.

Выявлен механизм торможения изнашивания режущего инструмента с дискретным оксидным слоем при точении и фрезеровании.

Разработана методика и критерий оценки долговечности материалов с дискретным оксидным слоем по величине молярной энергии активации $U_{\text{эф}}$.

Разработан способ повышения долговечности лопаток компрессора на второй ресурс

путём восстановления износостойкого покрытия на антивибрационных бандажных полках.

Разработаны оборудование и технология получения дискретных диффузионных оксидных слоёв на инструментальных и конструкционных материалах.

2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Работа выполнена в Московском политехническом университете (Московский политех) и в НИО-9 Московского авиационного института (Национальный исследовательский университет)», защищена в Московском авиационном институте (Национальный исследовательский университет)» (МАИ). ●

НОВЫЕ КНИГИ О ТРАНСПОРТЕ

Список на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.

The list of titles in English is published in the second part of the issue.

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-3-15>

Артемов Б. В., Артемов И. Б., Власов А. И. [и др.]. Трубопроводные системы: инженерный практикум: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2022. – 104 с. ISBN 978-5-7038-5807-3.

Бусурин В. И., Макаренкова Н. А., Шлеёнкин Л. А. Основы получения информации в измерительных и управляющих системах: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2022. – 102 с. ISBN 978-5-4316-0890-2.

Власова Е. П., Костоломов Е. М., Лосев Ф. А. [и др.]. Эксплуатация энергетического оборудования нефтеперекачивающих станций: Учеб. пособие. – Тюмень: ТИУ, 2022. – 130 с. ISBN 978-5-9961-2808-2.

Давдиев К. А., Омаров А. З. Ремонт автомобилей и двигателей: Учеб. пособие. – М.: Инфра-М, 2022. – 356 с. ISBN 978-5-16-014999-8.

Зуб И. В., Ежов Ю. Е., Стенин Н. Н. Использование подъёмно-транспортного оборудования и транспортных средств для обработки крупнотоннажных контейнеров: Монография. – СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова, 2022. – 250 с. ISBN 978-5-9509-0468-4.

Кобзев В. А., Алаев М. М. Инновационные технические средства обеспечения безопасности закрепления составов на станционных путях: Монография. – М.: РУТ (МИИТ), 2022. – 100 с. ISBN 978-5-907555-68-6.

Кравченко В. А., Паничкин А. В., Божанов А. А., Ломакин Д. О. Наземные транспортно-технологические машины: автомобили и тракторы: Учебник. – Орёл: ОГУ имени И. С. Тургенева, 2022. – 310 с. ISBN 978-5-9929-1197-8.

Кузнецов С. М. Автоматизированное проектирование устройств электрического транспорта: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022. – 102 с. ISBN 978-5-7782-4672-0.

Лубенцова Е. В., Лубенцов В. Ф. Теория автоматического управления. Теоретические основы синтеза и анализа линейных систем: Учеб. пособие. – Краснодар: КубГТУ, 2022. – 227 с. ISBN 978-5-8333-1104-2.

Модестова С. А., Воронов В. А., Шалыгин А. В. Транспорт и хранение сжиженных газов: Учеб. пособие. – СПб.: Лема, 2022. – 83 с. ISBN 978-5-00105-719-2.

Найгерт К. В., Рождественский Ю. В. Рабочие процессы и основы расчёта гидроприводов автомобиля: Учеб. пособие. – Челябинск: ЮУрГУ, 2022. – 76 с.

Песчанский А. И. Полумарковские модели профилактики ненадёжной одноканальной системы обслуживания с потерями: Монография. – М.: Инфра-М, 2022. – 266 с. ISBN 978-5-16-017734-2 (print).

Пименов А. Т., Барахтенкова Л. А., Дьякова К. С. Способы повышения устойчивости оснований автомобильных дорог: Учебное пособие / Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин): 2021. – 80 с. ISBN 978-5-7795-0936-7.

Рожицкий Д. Б. Нетяговая энергетика железнодорожного транспорта. Нормирование потребления топливно-энергетических и водных ресурсов: Монография. – М.: РАС, 2022. – 322 с. ISBN 978-5-6047616-3-2.

Степанов С. Н., Чёрных Л. Г., Хрусталёва И. Н. [и др.]. Проектирование и сборка автомобиля. Расчёт тяговых характеристик: Учеб. пособие. – СПб.: Политех-Пресс, 2022. – 94 с. ISBN 978-5-7422-7679-1.

Тюлькин В. А. Теория подобия в оценке параметров температурного режима двигателя автомобиля. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2022. – 58 с. ISBN 978-5-9961-2821-1.

Составила Н. ОЛЕЙНИК ●