



**РОСЖЕЛДОР**  
**Федеральное государственное бюджетное**  
**образовательное учреждение высшего образования**  
**«Ростовский государственный университет путей сообщения»**  
**(ФГБОУ ВО РГУПС)**

пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2, г. Ростов-на-Дону, 344038  
Тел. (863) 245-06-13, Факс (863) 255-32-83, 245-06-13, E-mail: up\_del@rgups.ru  
ОКПО 01116006, ОГРН 1026103709499, ИНН/КПП 6165009334/616501001

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО РГУПС

д.т.н., профессор

А.Н. Гуда

«29» мая 2024

**ОТЗЫВ**

ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» на диссертацию Анисимова Александра Сергеевича «Разработка научных основ повышения эксплуатационных показателей тепловозов посредством применения смесового углеводородного топлива и управления эффективной мощностью энергетической установки», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности

2.9.3. Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

**1. Актуальность темы диссертации**

Акционерная компания «Российские железные дороги» отвечает за эффективное обеспечение перевозочного процесса тяговыми ресурсами при безусловном соблюдении безопасности движения. Программа развития компании предусматривает постоянное повышение эффективности использования локомотивного парка. За последние годы износ локомотивного парка существенно сократился и с учетом обновления локомотивов к 2025 году составит около 60 %. Предполагается, что значительное количество локомотивов пройдут заводские ремонты, что приведет к снижению удельного расхода топлива тепловозами в грузовом и маневровом движениях на 7 %. Между тем, все еще отсутствуют решения, позволяющие объективно оценивать и сравнивать эффективность локомотивов и подтверждать заявленные производителем показатели использования локомотивов в эксплуатации.

Рост эффективности локомотивов может быть достигнут не только разработкой концептуальной платформы нового тягового подвижного состава, но и за счет новых

решений, позволяющих существенно изменить эксплуатационные характеристики находящихся в эксплуатации локомотивов.

Выполненные разными авторами исследования, позволили сказать, что интегральным показателем, определяющим эффективность локомотивов, является удельный эффективный расход топлива его энергетической установкой. Увеличение расхода топлива связано с большим количеством эксплуатационных факторов, например, с неисправностью топливной аппаратуры, агрегатов наддува, изменением параметров окружающей среды. Но основным фактором следует считать изменение качества протекающего рабочего цикла в цилиндрах дизеля, что приводит к снижению КПД тепловоза до 16 %, а расход топлива увеличивается до 20 %.

Требование к снижению потребления жидкого нефтяного топлива подвигает ОАО «РЖД» заместить в ближайшее время 25 – 30 % дизельного топлива природным газом, при этом такое замещение не должно вызывать изменение технического состояния тепловозов, снижение мощности их дизелей и ухудшение экологических характеристик транспортных установок. Применение газовых технологий для тяговых нужд заставляет рассматривать данное направление приоритетным как путь модернизации и развития автономной тяги.

Таким образом, актуальной задачей для локомотивного парка ОАО «РЖД» являются повышение КПД локомотивов за счет оптимизации характеристик энергетических установок на основе технологий замещения дизельного топлива газообразным и выработка технологических решений для управления мощностью дизелей тепловозов.

Все вышесказанное позволяет считать, что тема диссертационной работы Анисимова А. С., посвященной повышению эксплуатационных показателей тепловозов посредством применения смесового углеводородного топлива и управления эффективной мощностью энергетической установки, является актуальной.

## **2. Новые научные результаты, полученные в диссертации**

- разработан метод расчета индикаторной диаграммы действительного рабочего цикла энергетической установки тепловоза с использованием математических моделей однофазного и двухфазного тепловыделения, который позволяет определять влияние различных факторов (химического состава топлива, давления наддува и др.) на эксплуатационные показатели дизеля и вырабатывать решения по управлению его техническим состоянием и эффективной мощностью;

- предложен оригинальный обобщенный критерий эффективности использования тепловоза, учитывающий тягово-энергетические и технико-экономические характеристики энергетической установки и позволяющий проводить сравнительную

оценку эксплуатационных показателей тепловозов, работающих на различных видах углеводородного топлива;

- разработан алгоритм расчета качественного и количественного составов продуктов сгорания в отработавших газах дизеля тепловоза методом равновесного состава для различных режимов нагружения дизель-генераторной установки тепловоза в реальном масштабе времени;

- предложена математическая эталонная модель диагностирования дизель-генераторной установки тепловоза с использованием метода малых отклонений, позволяющая в условиях эксплуатации осуществлять оперативный контроль и оценку технического состояния элементов газоздушного тракта по выходным значениям параметров работы локомотива в совокупности с моделированием рабочего цикла энергетической установки тепловоза;

- разработан метод оценки эффективности работы тепловоза на основе определения эксплуатационного коэффициента полезного действия, реализуемый с использованием данных локомотивных бортовых систем и анализа состава отработавших газов, позволяющий выполнять функции контроля динамики изменения КПД дизеля как диагностического параметра для управления эффективной мощностью при работе как на смесевом углеводородном, так и на дизельном топливе.

### **3. Научная и практическая ценность диссертации**

Научная и практическая ценность диссертационного исследования заключается в разработке научно обоснованных решений по повышению эксплуатационных показателей и эффективности тепловозов за счет расширения использования смесевого углеводородного топлива и разработки технологий управления эффективной мощностью энергетической установки локомотива, позволяющих устанавливать требования к разрабатываемым техническим условиям, проводить оценку эффективности и доработку технических и технологических решений по использованию систем управления эффективной мощностью, получения и подачи смесевого топлива в цилиндры на этапах проектирования и модернизации энергетических установок тепловозов.

### **4. Степень достоверности результатов исследования**

Достоверность научных положений и результатов диссертационной работы определяется логическим построением выполненного исследования, обоснованностью применяемых математического аппарата, математического моделирования, методов планирования экспериментов, методов оптимизации, сравнением результатов моделирования и проведенных экспериментов с параметрами работы оборудования тепловозов, уста-

новленных нормативной документацией, и основана на использовании положений теории поршневых ДВС и локомотивной тяги. Степень согласования теоретических расчетов с экспериментальными данными и практическими результатами достаточно высокая, а расхождение между результатами не превышает 10 %.

### **5. Значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки**

Научная значимость полученных автором диссертации результатов состоит в разработанной методологии решения проблемы повышения эксплуатационных показателей и эффективности тепловозов на основе использования смесевых видов углеводородного топлива и управления эффективной мощностью, с целью развития энергетических установок локомотивов, для обеспечения железнодорожных перевозок.

Автором проведены исследования влияния состава смесевых топлив и режимных параметров работы энергетических установок на изменение динамической и тепловой напряженности рабочего цикла, что позволило определить наиболее оптимальное соотношение отдельных видов топлива в составе смесевых для получения наибольшей эффективности по критерию максимума среднего эффективного давления.

Представлен алгоритм расчета качественного и количественного состава продуктов сгорания в отработавших газах тепловозов для различных режимов нагружения дизель-генераторной установки в реальном масштабе времени. При работе с минимально необходимой запальной дозой дизельного топлива применение в смеси с дизельным топливом природного газа позволяет снизить удельное количество парниковых и токсичных компонентов в сравнении с дизельным топливом и его смеси с бутан-пропаном. На основе предложенного оригинального обобщенного критерия использования подтверждена эффективность работы тепловозов на смеси дизельного топлива и природного газа во всем возможном диапазоне нагрузок дизель-генераторной установки тепловоза.

Предложенная математическая эталонная модель диагностирования дизель-генераторной установки тепловоза позволяет в процессе эксплуатации контролировать техническое состояние газоздушного тракта энергетической установки на основе малых отклонений контролируемых параметров работы в совокупности с моделированием рабочего цикла дизеля тепловоза. Изменения геометрии проходного сечения проточной части газовой турбины турбокомпрессора в результате нагарообразования приводит к увеличению температуры отработавших газов, снижению давления наддува и перерасходу топлива.

Определение эксплуатационного коэффициента полезного действия тепловоза, основанного на контроле динамики изменения КПД дизеля как диагностического параметра, является действенным решением управления эффективной мощностью энергетической установки при работе на различных видах углеводородного топлива.

Применение полученных автором диссертации математических моделей, методов и алгоритмов позволяет определять научно обоснованные подходы к решению проблемы повышения эксплуатационных показателей тепловозов посредством применения альтернативных видов топлива и управления эффективной мощностью энергетической установки тепловозов.

#### **6. Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы**

Предприятиям и организациям, осуществляющим проектирование и модернизацию локомотивов, предложен метод и алгоритм расчета индикаторной диаграммы с использованием моделей тепловыделения; метод оптимизации рабочего цикла энергетической установки по критерию максимума среднего эффективного давления; алгоритм расчета равновесного состава отработавших газов дизельных двигателей; математическую эталонную модель диагностирования дизель-генераторной установки тепловоза.

Предприятиям и организациям, осуществляющим эксплуатацию автономных локомотивов в границах железных дорог, предлагается оригинальный обобщенный критерий эффективности использования тепловозов; метод оценки эффективности работы тепловоза на основе определения эксплуатационного коэффициента полезного действия локомотива.

#### **7. Публикация, апробация и внедрение результатов работы**

По материалам диссертации опубликованы 40 печатных работ, в том числе 12 статей в рецензируемых научных изданиях, включенных в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук», три статьи в зарубежных изданиях, индексируемых в международной базе цитирования Scopus, четыре свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Опубликованные работы достаточно полно отражают содержание представленной диссертации. Имеются ссылки на авторов и источники заимствования

Основные результаты диссертационной работы докладывались, обсуждались и были одобрены на всероссийских и международных конференциях, тематика которых

соответствовала направлению диссертационного исследования, в том числе на X международном симпозиуме «Eltrans-2019» (Санкт-Петербург, 2019 г.); пяти международных научных и научно-практических конференциях (2008, 2010, 2015, 2021, 2023 гг.); девяти всероссийских научно-технических и научно-практической конференциях (2008, 2010, 2011, 2014, 2017-2019 гг.) и др.

## **8. Основные замечания по диссертации**

1. Приведенные в диссертации основные выводы по работе (стр. 266...268) не в полной мере соответствуют цели диссертации (стр. 9) и ее названию.

2. В работе для описания одинаковых процессов на равных используются термины «сгорание» и «тепловыделение». В действительности эти термины отличаются.

3. Термин «биодизель» некорректно применять к газообразным топливам БТ1 и БТ2.

4. Доля запальной порции дизельного топлива при организации газодизельного процесса определяется не экономическими и экологическими соображениями, а стабильностью работы топливной аппаратуры при работе на режимах малой подачи.

Приведенные вопросы и замечания не снижают теоретической и практической значимости диссертации в целом и её общей положительной оценки.

По результатам обсуждения диссертации «Разработка научных основ повышения эксплуатационных показателей тепловозов посредством применения смесового углеводородного топлива и управления эффективной мощностью энергетической установки» принято следующее заключение.

## **9. Заключение**

Диссертационная работа Анисимова Александра Сергеевича является завершённой научно-квалификационной работой, в которой разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение по решению проблемы, направленной на повышение эксплуатационных показателей дизельных локомотивов, имеющей важное народно-хозяйственное значение в области тягового обеспечения железнодорожных перевозок нашей страны.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

Автореферат диссертации соответствует содержанию и отражает ее ключевые положения.

По актуальности темы, научной новизне и практической значимости в области улучшения эксплуатационных показателей локомотивов, работа отвечает критериям,

установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Анисимов Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.9.3. Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

Заключение принято по результатам обсуждения диссертации на заседании кафедры «Тяговый подвижной состав» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения», протокол № 9 от 16 апреля 2024 г.

Заведующий кафедрой «Тяговый подвижной состав»  
федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Ростовский государственный  
университет путей сообщения»,  
кандидат технических наук, доцент

  
\_\_\_\_\_ А.Е. Богославский

Профессор кафедры «Тяговый подвижной состав»  
федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Ростовский государственный университет  
путей сообщения»,  
доктор технических наук  
профессор

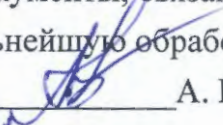
  
\_\_\_\_\_ А.А. Зарифьян

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО РГУПС).

Почтовый адрес: 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2.

Тел./Факс: (863) 255-32-83. E-mail: [up\\_del@rgups.ru](mailto:up_del@rgups.ru). URL: [www@rgups.ru](http://www@rgups.ru).

Я, Гуда Александр Николаевич, утвердивший отзыв ведущей организации, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Анисимова Александра Сергеевича, и их дальнейшую обработку.

  
\_\_\_\_\_ А. Н. Гуда