

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора
Юр Геннадия Сергеевича по диссертационной работе

Трунова Антона Игоревича

на тему: «Диагностирование и регулировка топливоподающей аппаратуры
тепловозного дизеля по критериям характеристик индикаторного
тепловыделения»,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.9.3 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и
электрификация

Актуальность темы диссертационной работы

Постоянный рост потребности в энергии наряду с ужесточением экологических стандартов требует от ОАО "РЖД" разработки и внедрения новых решений в области повышения энергетической эффективности.

Энергетической стратегией ОАО "РЖД", принятой на перспективу до 2030 г., перед компанией поставлена задача сокращения расхода топлива в тепловозной тяге на 11%.

Достижение результатов такого уровня возможно как за счет внедрения как новой, так и модернизации техники находящейся в эксплуатации, посредством совершенствования системы технической эксплуатации и технической диагностики.

Известно, что 33% секций топливной аппаратуры находящихся в эксплуатации требует регулировки угла опережения подачи топлива и 25% регулировки цикловой подачи.

Поэтому **актуальность** диссертационного исследования, целью которого является совершенствование методов технической диагностики и технического обслуживания в условиях эксплуатации, не вызывает сомнения.

Научная новизна исследований и полученных результатов

Основным научным результатом исследования можно считать систематизацию и получение новых теоретических положений, математических моделей и экспериментальных данных по диагностике и регулировке топливной аппаратуры по критериям характеристик тепловыделения.

В ходе выполнения теоретических, численных и экспериментальных исследований получены следующие новые научные результаты:

- разработана математическая модель газо- и термодинамических процессов в индикаторном канале, позволяющая определить давление, воспринимаемое мембранной датчика при известном (заданном) давлении в цилиндре;

- предложены новые диагностические критерии, определяемые по интегральной характеристике тепловыделения, с использованием которых может быть осуществлена тонкая регулировка топливной аппаратуры дизеля.

Степень обоснованности и достоверности и обоснованности научных результатов и выводов.

Все теоретические положения, приведённые в диссертации, основные выводы и рекомендации достаточно обоснованы.

Автором корректно использованы общепризнанные^{*} положения термодинамики, механики жидкости и газа, теории рабочего процесса и апробированные практикой расчётные методы определения характеристик тепловыделения.

Достоверность обеспечивается использованием современных поверенных регистрирующих приборов и средств измерений, а также удовлетворительной сходимостью результатов расчетов с результатами экспериментальных исследований.

Сформулированные выводы согласуются с полученными лично автором результатами численного моделирования и подтверждены результатами экспериментальных исследований.

При экспериментальной проверке взаимосвязи между диагностическими критериями и регулировочными параметрами получено хорошее качественное совпадение с данными расчетного исследования.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций

Диссертационная работа Трунова Антона Игоревича направлена на решение приоритетных задач изложенных «Стратегии научно-технологического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года и перспективу до 2030 года». Тематика выполненного исследования соответствует «Энергетической стратегии холдинга «РЖД» на период до 2015 года и перспективу до 2030 года» и Федеральному Закону «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности».

Разработанный автором метод регулировки топливной аппаратуры

тепловозного дизеля позволяет повысить точность и снизить трудоёмкость регулировочных работ.

Использование только двух датчиков давления для индицирования многоцилиндровых дизелей позволяет создать недорогие и компактные приборы диагностики, предназначенные для проведения регулировочных работ с учётом нестабильности нагрузочного и скоростного режимов двигателей.

Оценка содержания диссертации, её завершенность в целом, замечания по оформлению.

Диссертация содержит оглавление, введение, четыре главы, заключение, список использованной литературы и приложения.

Объём диссертации составляет 164 страницы машинописного текста, включая список литературы, состоящий из 189 наименований. В диссертации содержатся 7 таблиц и 56 рисунков.

Структура диссертации соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11–2011 “Диссертация и автореферат диссертации”.

В первой главе представлен обзор и анализ опубликованных работ, выполненных в области диагностирования и регулировки топливной аппаратуры. Обзор базируется на анализе более сотни научных статей, опубликованных за последние 10-20 лет, значительная часть из которых (около трети) представлена на английском языке.

Особое внимание уделено проблемам, связанным с экспериментальным получением индикаторных диаграмм и расчетом характеристик тепловыделения.

Автор подробно изучил отечественные и зарубежные научные публикации, нормативно-правовую и методическую базу по исследуемой тематике, на основании чего корректно сформулировал задачи исследования.

Во второй главе рассматривается математическая модель процессов, протекающих в прямолинейном круглом канале постоянного сечения, который соединяет чувствительный элемент датчика давления с камерой сгорания дизеля.

Используемые автором теоретические модели базируются на корректном использовании фундаментальных законов, обобщении опубликованных в литературе данных, а также широко известной и хорошо апробированной модели тепловыделения проф. Разлейцева Н.К., дополненной и уточненной проф. Кулешовым А.С.

Система уравнений газодинамики с учетом принятых автором допущений сводится к неоднородному дифференциальному уравнению второго порядка, решение которого выполнено численным методом. Такой подход для моделирования термических и газодинамических процессов имеющих место в индикаторном канале дизеля реализован впервые.

В третьей главе представлены результаты расчетных исследований полученных с использованием разработанной автором математической модели.

Автором разработана методика регулировки топливоподающей аппаратуры по углу опережения и цикловой подачи топлива. Подробно изучено влияние всех возможных погрешностей измерения индикаторной диаграммы на определение предлагаемых диагностических критериев. Установлена взаимосвязь критериев с регулировочными параметрами топливной аппаратуры.

Особый практический интерес представляет предложенное автором решение попарной последовательной настройки секций топливной аппаратуры, позволяющей на практике обойтись только двумя датчиками давления вместо применения шестнадцати датчиков (по числу цилиндров дизеля).

Разработанная методика регулировки топливной аппаратуры позволяет учитывать в процессе измерений нестабильность нагрузочного и скоростного режима работы дизеля.

Четвертая глава посвящена экспериментальной проверке разработанных способов регулировки топливной аппаратуры. Исследования проводились на экспериментальном отсеке двигателя 1ЧН18/22 и полноразмерном шестицилиндровом дизеле 6ЧН16/22,5.

Представлены описания стендов, средств измерений и регистрации параметров рабочего процесса, методики предварительной обработки данных. Приведены результаты экспериментальных исследований взаимосвязи предложенных диагностических критериев с регулировочными параметрами топливоподающей аппаратуры. Отмечено хорошее качественное совпадение результатов экспериментального исследования с результатами численного исследования.

Разработанный метод обладает потенциальной возможностью обнаружения других неисправностей дизеля, которые могут привести к ухудшению процессов смесеобразования и сгорания дизеля.

Диссертация обладает внутренним единством. Основные выводы, как по отдельным главам, так и по содержанию всей диссертации полностью обоснованы.

Анализ результатов экспериментальных исследований показал, что предложенный автором метод регулировки топливной аппаратуры высокого давления выгодно отличается от методов, применяемых в настоящее время. Он обладает высокой чувствительностью, меньшей трудоемкостью, а также потенциальной возможностью выявлять неисправности топливной аппаратуры, ухудшающие качество распыливания топлива.

Представленная к защите диссертация содержит технические решения, направленные на устранение причин, снижающих энергоэффективность эксплуатации тепловозов, имеющие существенное значение для развития страны.

Подтверждение опубликованных результатов диссертации в научной печати

Содержание диссертации с достаточной полнотой отражено в 12 печатных работах, среди них 3 статьи в периодических изданиях из перечня ведущих рецензируемых журналов, рекомендованных ВАК при Минобрнауки, 2 статьи в изданиях, входящих в международную систему цитирования Scopus, 1 патент на полезную модель и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Вопросы, замечания и пожелания по диссертационной работе:

1 Все предложенные в работе диагностические критерии определяются исключительно по интегральной характеристике тепловыделения. Почему для диагностики автором не используются дифференциальные характеристики тепловыделения, отражающие особенности осуществления, и взаимосвязь процессов кинетического и диффузионного горения распыленного топлива?

2 В тексте диссертации, автор иногда использует различные обозначения для одной и той же величины. Например, объем камеры сгорания на стр. 24 обозначен V_{TDC} , в других случаях – V_c . Следует отметить, что второй вариант является общепринятым.

3 На стр. 30 судовой двигатель Sulzer 3AL 25/30 ошибочно назван высокооборотным.

4 Известно, что в камере сгорания дизеля возбуждаются низкочастотные газодинамические колебания уровень звукового давления, значения которых могут достигать 200-210 дБ. Эти колебания в виде

радиальных и тангенциальных стоячих волн могут являться причиной возникновения пульсаций давления газа в индикаторном канале. Рекомендую при проведении дальнейших теоретических исследований учитывать этот фактор.

5 Рисунки 3.7, 3.10, 3.20 наглядно показывают явные преимущества использования среднего индикаторного давления в сравнении с предлагаемым автором критерием прироста индикаторного тепловыделения ΔQ_i . Почему, это обстоятельство не используется автором далее в качестве диагностического параметра для оценки цикловой подачи топлива?

6 Расчётные исследования, приведённые в главе 3 (рисунок 3.22) выполнены для дизеля 1А-5Д49 (16ЧН26/26) с индивидуальными топливными насосами высокого давления, а экспериментальная проверка адекватности расчетных методов проведена на судовых дизелях 6ЧНСП 18/22 и 6ЧНСП 16/22,5 с блочными ТНВД. В связи с этим, в дальнейшем, рекомендую провести дополнительные экспериментальные исследования на дизеле 16ЧН26/26, который широко используется на железнодорожном транспорте.

7 Показанная на рисунке 4.10 схема установки датчика давления в крышку цилиндра не в полной мере соответствует известным рекомендациям. Если приведённая схема выполнена в масштабе, то длина индикаторного канала явно превышает его диаметр, и в канале будут возбуждаться газодинамические колебания аналогичные колебаниям в канале индикаторного крана.

8 Стр. 122. Необходимо пояснить, почему, «под управлением регулятора частоты вращения», при использовании блочного насоса высокого давления на дизеле 6ЧНСП 16/22,5 «имеет место перераспределение мощности между цилиндрами», а при отключенном регуляторе этого явления нет? Не ясно, сохраняется этот эффект в равной степени для двигателей с отрегулированной и неотрегулированной топливной аппаратурой?

9 В тексте диссертации и автореферата иногда встречаются опечатки, а также мелкие орфографические, синтаксические и пунктуационные ошибки. Они не влияют на содержание диссертационной работы.

Отмеченные выше замечания не носят принципиального характера, не умаляют достоинств диссертационного исследования, не снижают его практической и научной ценности и имеют, скорее всего, дискуссионный характер.

В целом работа выполнена на высоком профессиональном уровне и хорошо оформлена.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Содержание диссертационной работы соответствует области исследования паспорта специальности 2.9.3 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

Заключение о соответствии диссертации требованиям Постановления Правительства Российской Федерации «О порядке присуждения учёных степеней» от 24 сентября 2013 г. № 842.

Анализ представленных соискателем материалов, содержания рукописи диссертации, автореферата и опубликованных трудов, с уверенностью позволяют сделать вывод о том, что диссертация Трунова Антона Игоревича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержит новые научные знания, является практически полезной и решает актуальные научные проблемы, имеющие существенное значение для повышения энергетической эффективности тепловозной тяги.

Диссертационная работа на тему: «Диагностирование и регулировка топливоподающей аппаратуры тепловозного дизеля по критериям характеристик индикаторного тепловыделения» соответствует требованиям пунктов 9–11 «Положения о присуждении ученых степеней» утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842.

Автор диссертации Трунов Антон Игоревич за разработку и исследование новых, научно обоснованных способов диагностирования и регулировки топливоподающей аппаратуры тепловозного дизеля заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.3 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

Официальный оппонент, гражданин Российской Федерации, профессор кафедры «Судовые энергетические установки» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет водного транспорта», доктор технических наук по специальности 05.08.05 «Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)», профессор по кафедре судовых двигателей внутреннего сгорания.

Юр Геннадий Сергеевич

17.08.2022

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет водного транспорта», Россия, 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, дом 33.

Приёмная ректора: тел. 8 (383) 2-22-64-68.

Кафедра СЭУ: тел., факс. 8(383) 2-21-02-74, e-mail: ksdws@nsawt.ru

Я, Юр Геннадий Сергеевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку

«17» 08 2022 г.  /Юр Г.С./

*Подпись Юр Г.С. заверяю, документ верен,
Сапрокина Ю.А. Ю.С.*