

Отзыв
официального оппонента по диссертации
Курмановой Лейлы Салимовны
«Повышение эффективности работы дизелей тепловозов путем
применения газомоторного топлива»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности 05.04.02 – «Тепловые двигатели»

Актуальность выбранной темы

Актуальность выбранной темы диссертации не вызывает сомнений. С одной стороны расширение области применения природного газа в качестве газомоторного топлива диктуется соотношением природных ресурсов по запасам нефти и природного газа, с другой стороны преимуществами применения природного газа по техническим, экологическим и ценовым показателям. В представленной диссертации рассмотрены и решены технические вопросы подачи газа в цилиндры дизеля, смесеобразования и эффективности работы при осуществлении газодизельного цикла, применение которого особенно актуально для железнодорожного транспорта.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Основные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы имеют научно-практический характер. Обоснование полученных результатов подтверждается экспериментальными данными и результатами испытаний, полученных специалистами в области поршневых двигателей внутреннего сгорания. Полученные результаты основаны на достоверных данных по характеристикам и свойствам компонентов газотопливной смеси и не противоречат общепринятым представлениям.

Достоверность и новизна полученных результатов

Достоверность полученных результатов подтверждена сравнением результатов численного моделирования с результатами экспериментальных исследований. Новизна научных положений заключена в широком диапазоне исследований теплофизических характеристик газотопливной смеси и их влиянии на эффективные и экологические показатели работы газодизеля.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Теоретическая значимость работы заключается в разработке методики расчета теплофизических характеристик смесового топлива с учетом компонентного состава природного газа в широком диапазоне количественного соотношения смеси дизельного топлива и газа.

Практическая ценность исследований состоит из разработки конструкции и экспериментального подтверждения работоспособности системы топливоподачи газотопливной смеси в цилиндр дизеля путем диспергирования природного газа в газообразном состоянии с топливом. Такой способ смесеобразования может иметь значение при применении в качестве присадки не только природного газа, но и других видов топлива.

Оценка содержания диссертации и ее завершенность

Первая глава диссертации (с. 11-37) содержит обоснования целесообразности перевода дизелей на природный газ, оценку перспектив перевода дизелей тепловозов на природный газ, дана оценка современного состояния в мировой практике решения проблемы применения альтернативных топлив на тепловозах, обзор способов организации рабочего цикла в дизелях тепловозов.

Приведенный анализ показывает высокую эрудицию автора, способность делать выводы из проанализированного материала. Можно согласиться с выводом автора о предпочтительности применения на тепловозах газодизельного цикла.

Вторая глава (с. 38-88) «Математическое моделирование рабочего цикла и токсичности дизелей тепловозов, работающих на смеси дизельного топлива и природного газа» состоит из постановки задачи и семи разделов. Первый раздел (с. 38-49) посвящен анализу методов расчета рабочего процесса дизелей и величин вредных выбросов в отработанных газах.

Второй раздел (с. 50-67) «Модель расчета рабочего цикла дизелей тепловозов на смесевом топливе» содержит параграфы: расчет теплофизических свойств смесевоего топлива, расчет газообмена, процесса сжатия, процесса сгорания и тепловыделения и процесса расширения.

Особенностью первого раздела является то, что теплофизические показатели определены в широком диапазоне отношений количества топлива и газа от чистого топлива до содержания газа 90% от количества топлива, что безусловно представляет интерес для специалистов.

Второй параграф (процесс газообмена) посвящен вопросу определения стехиометрического коэффициента для смесевоего топлива в зависимости от отношения количеств топлива и газа. Использoваны известные соотношения без ссылок на источники, поэтому выяснить личный вклад автора в этой части параграфа не удастся. Автором предпринята попытка определения понятия «теплоты сгорания смесевоего топлива» (с. 57-58) как зависимости количества выделенной теплоты от коэффициента избытка воздуха. На мой взгляд этот подход не обоснован и в диссертации мог бы не приводиться, тем более, что в дальнейших исследованиях это понятие не упоминается.

В третьем параграфе второго раздела «Расчет процесса сжатия» рассмотрена методика определения показателей рабочего тела в конце сжатия. Не ясно, почему рассматривается дизель без наддува, почему не определен показатель политропы для различных концентраций газа в рабочем теле? На мой взгляд, этот раздел можно было бы опустить.

В четвертом и пятом параграфах второго раздела «Расчет процесса сгорания и тепловыделения» и «Расчет процесса расширения» рассматриваются аспекты корректировки стандартного процесса сгорания и расширения при изменении состава топлива и связанных с ним его теплофизических характеристик.

В третьем разделе (с. 68-72) рассматривается методика расчета тепловыделения при сгорании смесевоего топлива в зависимости от

компонентного состава природного газа. В связи с тем, что состав природного газа меняется в довольно широких пределах, в диссертации введен коэффициент компонентного состава, отражающий изменение теплоты сгорания в зависимости от содержания метана в природном газе. Так как за единицу принята теплотворная способность $35,8 \text{ МдДж/м}^3$, коэффициент компонентного состава может меняться в пределах от 0,92 до 1,08. Расчет этого коэффициента, безусловно, является научной новизной работы.

В четвертом разделе (с. 72-78) представлена методика расчета количества продуктов сгорания смесевого топлива. В диссертации предложено распространить основные положения методики Разлейцева Н.Ф. [70] на расчет состава продуктов сгорания при применении смесевого топлива. В разделе приведена методика такого расчета, к сожалению, без четкого разграничения вклада автора в ее реализацию. Однако расчет продуктов сгорания в широком диапазоне соотношения между количеством топлива и природного газа является заслугой автора и научной новизной.

В пятом разделе (с. 79) «Расчет индикаторных и эффективных показателей дизеля» приведена методика определения индикаторного КПД и эффективной мощности по стандартных формулам. Предлагается вычислять удельный эффективный расход отдельно для долей топлива и газа. С этим трудно согласиться, так как индикаторный КПД определен для общего процесса.

В шестом разделе (с. 80-87) «Выбор исходных параметров и расчет показателей работы дизеля 6ЧН 31/36 на смесевом топливе» приведены аргументы по выбору исходных параметров для расчета показателей работы дизеля. Текст раздела содержит орфографические ошибки и некоторые ошибочные утверждения. Например, на с. 81 утверждается, что «Величина степени сжатия зависит от числа оборотов и размеров цилиндра дизеля» или «коэффициент избытка воздуха зависит от степени сжатия и диаметра цилиндра». В расчете принят дизель 6ЧН 31/36 (6S310DR), который имеет

наддув и определенную степень сжатия. Поэтому давление в начале сжатия на номинальном режиме не может быть меньше атмосферного, а коэффициент избытка воздуха зависит от совместной работы поршневой части и агрегатов наддува на заданном режиме работы двигателя.

Из текста не ясно, как можно по результатам эксплуатации 67 тепловозов получить удельный расход топлива по позициям, в том числе на холостом ходу?

В седьмом разделе (с. 88) приведены выводы по второй главе. В целом выводы отражают полученные результаты. Можно согласиться с тем, что разработанная методика отражает изменение показателей работы дизеля при применении смесового топлива.

Третья глава диссертации (с. 89-109) «Разработка мероприятий для конвертации дизелей тепловозов при работе на смеси дизельного топлива и природного газа».

В первом разделе приведены требования к тепловозам, работающим на природном газе и к системам топливо- и газоподачи.

Второй раздел посвящен разработке системы подачи топлива и газа непосредственно путем впрыска в цилиндр. Предварительно топливо насыщается газом и в виде газотопливной эмульсии подается в цилиндр. Приведена схема системы топливоподачи и описание ее работы.

В третьем и четвертом разделах приводится принцип работы смесителя топлива с газом и основные положения, принятые при конструировании смесителя. Анализ материалов раздела показывает, что диссертант может решать сложные технические задачи, требующие знаний механики и гидравлики. Приведенная методика выполнена на высоком научном уровне. К сожалению, из-за отсутствия ссылок на литературные источники из приведенного текста не ясно, что именно внесено автором в создание приведенной методики. Нет обоснований выбора принятых в расчете давлений топлива и газа. Из текста не ясно, какое отношение к разработанному

смесителю имеет растворимость газа в топливе. По данным автора смесь газа и топлива может содержать 5% и более газа, тогда как растворимость составляет только 0,1-0,14%. К сожалению, в тексте нет зависимости количества газа в топливе от величины или перепада давлений.

Четвертая глава диссертации (с. 110-143) состоит из введения, шести разделов и выводов.

Первый раздел (с. 111-114) посвящен методике экспериментальных исследований, которые проводились при реостатных испытаниях тепловозов. Показаны результаты испытаний при замещении топлива до 5%. Особенностью испытаний является измерение показателей токсичности. Достоверность результатов имеет практическую ценность и не вызывает сомнений.

Второй раздел (с. 115-120) посвящен анализу влияния смесового топлива на показатели работы дизеля 6ЧН31/36. Утверждается, что при работе на смесовом топливе повышается коэффициент избытка воздуха, повышается температура отработавших газов, давление сгорания и экономичность. Не ясно как определяется коэффициент избытка топлива и почему повысилась температура выпускных газов, если повысились давление сгорания и экономичность? Отмечается улучшение экологической эффективности.

Третий раздел (с. 121-123) посвящен методике теоретического определения расхода топлива и газа. Приведены гистограммы, показывающие часовой расход газа и топлива при 5% замещении. Не указано, как получены такие же гистограммы для 50 и 90% замещения газом дизельного топлива.

В четвертом разделе (с. 123-127) приведены результаты теоретической оценки влияния смесового топлива на энергетические характеристики дизеля 6ЧН31/36 с помощью программы ENGINE, при замещении дизельного топлива. Приведены результаты расчета эффективных и экологических показателей при замещении дизельного топлива от 1 до 90%. Убедительно показано, что замещение топлива газом приводит к существенному улучшению характеристик.

В пятом разделе (с. 128-133) рассмотрено влияние смесового топлива на индикаторные показатели и характеристики тепловыделения дизеля 6ЧН31/36. Приведены индикаторные диаграммы дизеля 6ЧН31/36 при работе на дизельном топливе и с добавлением природного газа. Утверждается, что при данном способе смесеобразования снижается максимальное давление и жесткость работы двигателя. Приведены кривые тепловыделения и температуры газов при работе дизеля на топливе и смеси топлива с природным газом. Из приведенных рисунков не ясно, почему тепловыделение закончилось до ВМТ а температура растет до 10 градусов после ВМТ. Приведено сравнение расчетных и экспериментальных данных концентраций No_x по скоростной характеристике дизеля 6ЧН31/36.

В шестом разделе (с. 134-145) рассмотрены взаимосвязи между показателями работы дизеля 6ЧН31/36 и составом смесового топлива на основе обработки экспериментальных данных с помощью разработанной методики моделирования рабочего процесса. Приведены трехмерные диаграммы зависимостей удельного эффективного расхода топлива, эффективной мощности, выбросов CO , No_x и дымности в зависимости от доли природного газа в топливе. В целом с приведенными данными можно согласиться. Приведены уравнения регрессии, описывающие эколого-экономические показатели в зависимости от доли природного газа.

В пятой главе (с. 146-151) приведен расчет ожидаемого экономического эффекта от применения смесового топлива.

Основные выводы по диссертации в целом отражают результаты работы. Содержание диссертации соответствует достижению цели, изложенные этапы обеспечивают решение поставленной задачи. Работа представляет собой завершенное научно-практическое решение поставленной задачи, выполненное на достаточно высоком научном уровне.

Недостатки в содержании и оформлении диссертации

1. При оформлении работы допущено много орфографических неточностей, а также нечетких выражений, затрудняющих восприятие текста (с. 38, 53, 57, 58). Например, второй абзац на с. 38 «в двухтопливном двигателе происходит сжатие смесевоего топлива и впрыскивание ее в цилиндры дизеля». При подаче газа на вход в ресивер в цилиндре происходит сжатие смеси воздуха и газа, а затем в цилиндр впрыскивается топливо. К чему относится «её» не ясно.

2. Введение понятия «сгорание топливовоздушной смеси» плохо обосновано и приводит к таким несуразностям, как утверждение на рис. 2.5 о том, что при увеличении коэффициента избытка воздуха увеличивается удельный подвод тепла! По-видимому, применение этого понятия привело к поразительным результатам, представленным в приложении Д. Утверждается, что дымность выпуска растет по мере увеличения коэффициента избытка воздуха и составляет при $\alpha=1$ - 0,06, а при $\alpha=4$ - 99%, а максимальная температура при сгорании практически от него не зависит.

3. Имеются отдельные неточности в документах, подтверждающих результаты испытаний тепловозов в депо. Например, в приложении в акте проведения испытаний рельсового автобуса указана мощность двигателя от 800 до 1800 кВт. В акте испытаний тепловоза 2ТЭ10В удельный расход топлива в табл. 1.1, 1.2 приведен неверно, указан удельный расход на холостом ходу - 210 г/кВтч. В акте испытаний тепловоза ЧМЭЗ №3024 величина удельного расхода по позициям практически постоянна, что неверно.

4. В работе не приведена методика выбора режимов работы, принятых для оценки показателей работы дизеля в зависимости от доли замещения топлива газом. Например, трудно представить себе работу дизеля на полной мощности при $\alpha=1$ и $\alpha=4$.

5. В качестве эталонного режима дизелей предлагается принять режим полной мощности при коэффициенте избытка воздуха $\alpha=1$. Такой режим для тепловозных дизелей может быть реализован только в теоретических расчетах, да и то с большими допущениями при выборе исходных параметров и

показателей рабочего процесса, таких как скорость тепловыделения, потери теплоты и т.п.

В целом, несмотря на высказанные замечания, диссертация выполнена на высоком научном уровне, а ее автор показал достаточно высокую квалификацию.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Автореферат отражает структуру диссертации и соответствует основному ее содержанию.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ

Диссертация и автореферат соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней»

Диссертация Курмановой Лейлы Салимовны на соискание ученой степени кандидата технических наук соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней»:

- по пункту 10 – диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствуют о личном вкладе автора диссертации в науку. Предложенные автором рекомендации достаточно аргументированы;

- по пункту 11 – основные научные результаты диссертации опубликованы в базе данных Scopus и Web of Science (одна статья), в журналах, рекомендованных ВАК (9 статей) и защищены двумя патентами;

- по пункту 14 – в диссертации соискатель надлежащим образом ссылается на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов. В диссертации соискатель использует результаты научных работ, выполненных им лично и в соавторстве.

Заключение о соответствии диссертации п.9 «Положения о присуждении ученых степеней»

Диссертация Курмановой Л.С. на соискание ученой степени кандидата технических наук является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи создания методики расчета показателей работы тепловозных дизелей на смеси дизельного топлива и природного газа в диапазоне от 5 до 90% содержания природного газа. В диссертации изложены новые научно-обоснованные технические решения по созданию и реализации системы подачи газотопливной эмульсии в цилиндры дизеля через штатную форсунку. Хорошее совпадение экспериментальных и расчетных данных показали правильность допущений, принятых в разработанной методике расчета технико-экономических и экологических характеристик двигателей, что позволило прогнозировать показатели работы дизелей в широком диапазоне состава газотопливной смеси. Диссертация соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, а ее автор, Курманова Лейла Салимовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.02 – «Тепловые двигатели»

Официальный оппонент, главный научный сотрудник отделения «Тяговый подвижной состав» акционерного общества «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО ВНИИЖТ), доктор технических наук по специальности 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация», профессор Коссов Евгений Евгеньевич
129626, г.Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10, тел. +7(495)6876473

Подпись Коссова Е.Е. заверено

О. Мещеряков
16.04.2019

