

## О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу  
**«ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ  
ТЕПЛОВОЗА ПУТЕМ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ  
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОДИЗЕЛЯ»,**

представленную Авсиевичем Владимиром Викторовичем на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности  
2.9.3 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация»

Общая характеристика работы. Диссертационная работа Авсиевича В.В. «Повышение эффективности работы силовой установки тепловоза путем усовершенствования цифровой системы управления газодизеля», представлена на соискание ученой степени кандидата технических наук, выполнена в Самарском государственном университете путей сообщения и Самарском государственном техническом университете. Состоит из введения, пяти глав и заключения, изложена на 169 страницах текста, содержит 49 рисунков, 17 таблиц, 1 приложение и библиографический список из 169 наименований.

Актуальность темы диссертации связана с основными направлениями Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2014-2020 годы», а также рядом соглашений и НИР.

Диссертации Авсиевича В.В. исследует различные направления улучшения рабочего процесса газодизельного двигателя при использовании дробного пропорционального интегрального дифференциального регулятора (ПИД-регулятора) подачи газа и запальной порции дизтоплива.

В работе отдельно описана газодизельная установка, выполненная на базе двигателя Д-242, на которой проводились экспериментальные исследования. Сегодня проведение натурных испытаний является актуальным и перспективным с оценкой возможного реального положительного экономического эффекта.

Актуальность темы подтверждается ее соответствием требованиям «Долгосрочной программы развития ОАО «РЖД» до 2025 года» и на перспективу до 2030 года.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Диссертация Авсиевича В.В. базируется на применении современных методов научных исследований, отличающихся комплексным подходом применения теоретических и экспериментальных (стендовых) методов анализа и синтеза.

В обзорной части работы проведен достаточно глубокий анализ исследований предшественников и выполнена постановка задачи изысканий. Собраны и обработаны эксплуатационные показатели существующих систем управления газодизельным двигателем локомотивов.

Разработаны и в последующем проверены различные варианты и системы управления силовыми установками, работающими на смеси дизельного топлива и газа. Здесь представляет интерес описание элементов и устройств, в которых регулирование происходит по дифференциальным уравнениям дробного порядка с адаптированными частотными критериями устойчивости Михайлова и Найквиста. Получена возможность производить анализ устойчивости дробных систем управления без нахождения корней характеристических уравнений устойчивости этих систем.

Представленное в теоретической части диссертации моделирование систем автоматического управления с дробным пропорциональным интегральным дифференциальным алгоритмом управления газодизельным двигателем позволяют оценить косвенным путем с помощью частотных характеристик устойчивость замкнутых систем. Здесь доказательство частотных критериев основано на принципе аргумента для систем с целым и дробным порядком.

В целом математическое моделирование базируется на проверенных критериях устойчивости применительно в системам автоматического управления дробного порядка (критерии Найквиста и Михайлова).

Отдельно в работе дан анализ динамических характеристик с оценкой переходных режимов регулирования, являющихся составной частью проектирования новых автоматических систем управления. Причем, аналитические выкладки подтверждены проведенными экспериментами, в результате чего сделаны выводы, что полученные данные соответствуют нормальному распределению и проводить дополнительные, более углубленные исследования, нет необходимости.

Полученные теоретические результаты и предположения проверены и уточнены последующими экспериментальными исследованиями на стенде, что также подтверждает обоснованность полученных результатов и выводов.

Научная новизна полученных результатов диссертационной работы Авсиевича В.В. заключается в следующих наиболее важных пунктах:

1. Проведен критический анализ газодизельных двигателей силовых установок тепловозов, работающих на смеси дизельного топлива и природного газа, с обзором ПИД-законов управления и предложена их классификация по принципу формирования управляющего воздействия. Сформулирована задача сокращения расхода топлива путем совершенствования автоматической системы управления газодизельным двигателем тепловоза.

2. Описана система автоматического управления газодизельным двигателем тепловоза и предложена ее модернизация, позволяющая, в отличие от аналогов, реализовать новые алгоритмы цифрового управления. Предложено и обосновано математическое описание системы автоматического управления тепловозом на основе дробных дифференциальных уравнений и передаточных функций системы дробного порядка в виде композиции элементарных динамических звеньев. Вы-

полнено исследование временных и частотных характеристик элементарных динамических звеньев дробного порядка во временных и частотных областях.

3. Исследованы временные и частотные характеристики дробных И, ПИ, ПД, ПИД-законов управления. Обобщены частотные критерии устойчивости Михайлова и Найквиста для систем управления, описываемых дифференциальными уравнениями дробного порядка, в результате чего получена возможность определять устойчивость дробных систем автоматического управления без нахождения корней характеристических уравнений.

4. Разработаны имитационные модели САУ с классическим и дробным ПИД-регулированием. В ходе исследований с помощью имитационного моделирования выявлено, что преимущество имеет дробный ПИД-алгоритм регулирования в среднем по перерегулированию на 21 %, времени переходного процесса на 42 % интегральной оценке 13 %.

5. Результаты теоретических исследований подтверждены экспериментами на газодизельной установке Д-242. Получены передаточные функции объекта управления и проведена их проверка на устойчивость с помощью модифицированного критерия Найквиста. В результате стендовых испытаний выявлены очевидные преимущества модели с дробным ПИД-регулятором по времени переходного процесса на 33,3 % и интегральной оценки качества в среднем на 11,5 % по сравнению классическим ПИД-регулятором.

Достоверность полученных результатов подтверждается следующим:

- теоретические выкладки и расчеты проверены экспериментами. Сопоставлены результаты, полученные компьютерным моделированием газодизельной установки в пакете Simulink ПО Matlab, со стендовыми данными дизельных двигателей;

- для экспериментальных исследований использовались стендовые установки 6ЧН 31,8/33 и 4Ч 11/12,5 и стандартные методики обработки данных. Результаты показали относительное расхождение в пределах допуска;

Все основные результаты диссертации достаточно полно отражены в научных публикациях (8 научных публикаций, из них 3 публикации в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 2 публикации в издании Scopus, 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ., а также прошли апробацию на международных научных конференциях. Имеются акты внедрения).

Ценность для науки и практики заключается в получении экономического эффекта за счет создания новой системы управления газодвигателями, работающими на смеси дизельного топлива и природного газа.

Результаты диссертационного исследования используются в ООО «ППП Дизельавтоматика», а также в качестве лабораторной установки в учебном процессе двух ВУЗов.

Стоит обратить внимание, что материалы исследований активно обсуждались с автором диссертации на многочисленных конференциях и семинарах, в том числе с международным участием.

Согласно представленной в пятой главе диссертационной работы технико-экономической оценке, использование предложенного способа дробного пропорционального интегрального дифференциального управления обеспечивает экономию топлива в размере 7,02%, при этом отклонение частоты вращения коленчатого вала над целевым значением меньше почти на 60%, а важнейший параметр регулирования – время на переходные процессы снижается на 7%.

Полученные результаты подтверждены Свидетельством о государственной регистрации программ для ЭВМ под № 2008614227.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы диссертации и дана ее общая характеристика.

В первой главе рассмотрены основные направления повышения энергетической эффективности рабочих процессов газодвигателей и связанного с ними автоматического управления топливopодачей.

Автором также приведена классификация пропорционально интегрального дифференциального закона управления. Здесь достоинством работы можно считать представленную на рис. 1.1 схему разновидности ПИД-законов управления.

Авсиевич В.В. считает возможным решить задачу согласования и оптимизации управления локомотивом на качественно новом уровне с одной стороны при дробном пропорционально-интегрально-дифференциальном управлении газодизельным двигателем, а с другой – при контроле времени переходных процессов.

И здесь делается верный вывод о необходимости применения современных цифровых технологий управления газодизельным двигателем, что и позволит в конечном итоге не допустить увеличения выброса частоты вращения коленчатого вала над целевым значением при сокращении времени переходного процесса.

Выполненный скрупулезный анализ систем автоматического управления выявил, что наилучшее качество автоматического регулирования частоты обеспечивает микропроцессорная система, в которой в качестве алгоритма управления используется классический ПИД-регулятор.

Во второй главе диссертантом предложена модернизированная структура системы автоматизации управления газодизеля тепловоза.

За основу взята перспективная разработка ООО «ППП Дизельавтоматика»: автоматическая система топливopодачи газодизеля СУДМ.03, представленная на рис.2.2.

Для оценки реальных показателей эффективности регулирования был применен известный регулятор, который ранее не использовался в силу сложности



применения, однако сегодня для современных цифровых микроконтроллеров данная проблема легко решается. По мнению автора, предложенная им модернизированная система автоматического управления газодизельным двигателем, позволяет, в отличие от аналогов, реализовать новые алгоритмы цифрового управления и обеспечить тем самым преимущество по технико-эксплуатационным показателям маневренности, надежности и экономичности.

Данная система выполнена на основе дробных дифференциальных уравнений и передаточных функций.

Автор представил передаточные функции системы дробного порядка в виде композиции элементарных динамических звеньев. Выполнено исследование временных и частотных характеристик элементарных динамических звеньев дробного порядка во временных и частотных областях.

Третья глава посвящена исследованиям алгоритма управления газодизельным двигателем в виде ряда последовательных шагов, обеспечивающих пропорционально-интегрально-дифференциальное регулирование процессов по рис.3.6.

Диссертант отмечает отличие от классических ПИД-регуляторов, заключающееся в сокращении переходных процессов при изменении скоростных и нагрузочных режимов.

В этой же главе представлены имитационные модели САУ с классическим и предлагаемым дробным ПИД-регулированием, в ходе которых выявлено преимущество именно дробного ПИД-алгоритма регулирования.

В четвертой главе предложено устройство диагностики закоксованности выпускных окон по косвенным признакам расхода топлива. На мой взгляд эта глава выделяется из общего логического ряда диссертации и не относится к проблемам регулирования параметров рабочего процесса газодизеля. Сгорание газа не может привести к глобальному закоксовыванию органов газообмена двигателя.

Автор делает вывод о том, что полученные в процессе проведения экспериментов данные соответствуют нормальному распределению, а статистические характеристики дисперсии, размаха выборки, среднеквадратичного отклонения с увеличением частоты – уменьшаются, что соответствует стабильной работе двигателя. С увеличением частоты вращения коленчатого вала средний расход топлива уменьшается на 16 % на номинальных частотах по сравнению с параметрами холостого хода. Также с повышением частоты вращения коленчатого вала на 63% уменьшается амплитуда колебания рейки топливного насоса высокого давления.

Пятая глава является логическим продолжением глав 2 и 3 и посвящена особенностям реализации систем управления двигателем тепловоза, работающим на смеси дизельного топлива и природного газа. Интерес представляют созданная стендовая установка с дизелем Д-242 и методика проведения испытаний. Сделаны

выводы, что экспериментальные данные имеют большие шумы, поэтому был применен алгоритм скользящего среднего и последующей проверкой передаточных характеристик на устойчивость с помощью модифицированного критерия Найквиста, который был рассмотрен автором в главе 3.

Сделан вывод, что полученные данные соответствуют нормальному распределению и проводить дополнительные исследования нет необходимости. В результате моделирования выявлено очевидное преимущество модели с дробным ПИД-регулятором по времени переходного процесса на 33,3 % и интегральной оценки качества в среднем на 11,5 % по сравнению с моделью классического ПИД-регулятора.

По результатам стендовых испытаний системы автоматического управления в диссертации отмечено преимущество по расходу топлива до 7,02 %. Интегральная оценка и значение перерегулирования при применении дробного ПИД-регулятора дает повышение качества регулирования по частоте вращения.

К достоинствам работы можно отнести использование компьютерных программных комплексов «Matlab Simulink» и собственные программные комплексы.

Соискатель лично участвовал в настройке стенда и проведении испытаний.

**В процессе изучения диссертационной работы Авсневича Владимира Викторовича и представленных документов возникли следующие вопросы, замечания и предложения:**

1. Непонятно, по какому признаку представлен в автореферате список авторов прошлых трудов? Из этого списка можно выделить некоторых ученых, которые вообще не были связаны непосредственно с дизельными двигателями. При этом нет упоминания об настоящих родоначальниках электронного управления ДВС Пинском Феликсе Ильиче, Васильеве Валерии Николаевиче. По моему мнению, надо обязательно было вспомнить Иоффе Александра Григорьевича, который много лет работал по газовому топливу и газодизелям ГДГ-50 тепловозов ТЭМ2У и ТЭМ2Г с Фофановым Глебом Александровичем.

2. Почему для реализации цели, а именно «снижение расхода топлива газодизелем силовой установки тепловоза .....» и «разработка алгоритма диагностики закоксованности выпускных окон» за основу взят ретродвигатель типа Д100 с ПДП и прямоточной продувкой!? Проблемами закоксованности окон цилиндрических втулок занимались ученые ХПИ и ХИИТа в 60-х годах прошлого века! Сегодня ожидаем уровень ЕВРО-7, который вообще не допускает даже мысли о каких-либо нагарах, не то, что их диагностике!

3. По схеме рис.2 автореферата у меня с Фофановым Г.А. в конце 90-х годов возникли вопросы по расчету оптимальной по нагрузочному и скоростному режимам доле запального топлива (блок 11 по схеме). Именно расчет запальной порции дизельного топлива – решение многих проблем газодизельного цикла! И здесь должны сказать свое веское слово специалисты по автоматическому регу-

лированию. К сожалению, эти вопросы не отражены в данной диссертационной работе.

5. Считаю некорректным оценивать годовую экономию в почти 260 млн. руб. на весь парк локомотивов, многие из которых по конструкционным ограничениям не могут быть переведены на смесевое топливо. В диссертации приведены только результаты ТЭО, но отсутствует сам расчет и исходные данные, необходимые для расчета. Приведены данные по режимам работы маневровых тепловозов неустановленной серии ТЭ, а для пассажирских и грузовых тепловозов аналогичные данные не представлены.

6. Неверно считать, что «В ходе работы тепловоза постоянно вырабатывается электроэнергия для питания тягового электродвигателя», т.к. значительная до 70% доля работы тепловоза приходится на холостой ход дизельного двигателя с отключением силового электропривода. Здесь же выражение: «Вырабатывание электроэнергии происходит с помощью главного тягового генератора, работающего за счет двигателя внутреннего сгорания. Тяговые электродвигатели преобразуют электроэнергию в механическую энергию и тем самым приводят в движение колесные пары локомотива» звучит не профессионально, т.к. подобные базовые постулаты не соответствуют диссертационному уровню... Также не желательны в научных трудах писать фразы типа «...не давать двигателю развивать максимальную мощность, чтобы не произошёл перегрев выпускных окон и не произошло самовозгорания двигателя»!!

7. На стр. 38 (раздел 2.2) присутствует выражение: «... /и зависит от изменения положения педали подачи топлива». На тепловозах отсутствует педаль подачи топлива.

8. В списке литературы указана следующая книга Брук, М. А. Работа дизеля в нестандартных условиях [Текст] / М. А. Брук, А. С. Виксман, Г. Х. Левин. – Л.: Машиностроение, 1981. – 208 с. Указанной книги не существует. Есть книга Брук, М. А. Работа дизеля в нестационарных условиях [Текст] / М. А. Брук, А. С. Виксман, Г. Х. Левин. – Л.: Машиностроение, 1981. – 208 с.

9. Большое количество опечаток по всему тексту диссертации.

### Заключение

Диссертационная работа **Авсиевича Владимира Викторовича** является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной задачи – снижение расхода топлива газодизелем тепловоза при сокращении времени переходного процесса, достигаемое путем совершенствования цифровой системы автоматизации управления и реализации дробного ПИД-управления частотой вращения коленчатого вала.

В целом по актуальности темы, научной новизне и практической значимости в области систем управления работа отвечает критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям.



циям, и соответствует паспорту специальности 2.9.3 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация».

В диссертации разработаны теоретические и практические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научно-обоснованные технологические решения, направленные на повышение эффективности эксплуатации силовых установок локомотивов, снижение затрат материальных и трудовых ресурсов, внедрение которых вносит значительный вклад в ускорение научно-технического прогресса в локомотивном хозяйстве железнодорожного транспорта. Сделанные замечания и отдельные недостатки не влияют на целостность и важность работы, а также на общую положительную оценку диссертации.

По научному уровню диссертационная работа «Повышение эффективности работы силовой установки тепловоза путем усовершенствования цифровой системы управления газодизеля» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор – **Авсневич Владимир Викторович**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

#### **Официальный оппонент**

Доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Электропоезда и локомотивы» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Российский университет транспорта"

Балабин

Валентин Николаевич

06.12.2022

Почтовый адрес: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Российский университет транспорта. 127994, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр.9  
Тел.: 8-495-684-23-47 E-mail: tu@miit.ru

подпись  
ЗАВЕРЯЮ  
НАЧАЛЬНИК ОЦЕНОК  
И.В. ФЕДЯКИН

Балабина В.К.



## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу  
Авсиевича Владимира Викторовича на тему «Повышение эффективности работы силовой установки газодизеля», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.3 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация» (технические науки)

### 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

#### **Актуальность темы диссертации.**

Современные тенденции развития и совершенствования автономного тягового подвижного состава являются одной из приоритетных задач транспортного машиностроения. К перспективным направлениям можно отнести использование газодизельных двигателей локомотивов, что, несомненно, является актуальной и важной задачей глубокой модернизации подвижного состава железных дорог.

Энергетическая стратегия ОАО «РЖД», действующая с 2008 года, декларирует до 25% замещения дизельного топлива природным газом к 2030-му году. Ожидается, что при переводе парка на сжиженный природный газ, снизится стоимость жизненного цикла локомотивов на 8,5% и в 6 раз уменьшится количество выбросов вредных веществ в атмосферу. По данным открытых источников, ОАО «РЖД» уже делает первые шаги в этом направлении, в частности существует программа закупки локомотивов, работающих на газе.

Перевод двигателя локомотива на топливо «дизель-газ» требует переработки системы автоматизированного управления. Реализация инновационных схем управления подачей газа и задания запальной дозы топлива позволяет добиться высокого процента замещения и повысить эффективность работы газодизеля. Вместе с тем, необходимо большое внимание уделять и диагностированию газодизельной системы тепловоза в процессе эксплуатации.

В связи с отмеченным выше, тема диссертационной работы Авсиевича Владимира Викторовича, посвященная решению задачи повышения экономичности силовой установки тепловоза путем совершенствования системы управления газодизеля, является актуальной.

**Научная новизна диссертации** сформулирована автором во введении и автореферате, а также имеет отражение в положениях, выносимых на защиту. Весомым фактом является то, что научная новизна подкреплена авторским решением проблемы применения дробного ПИД регулятора в составе цифровой системы автоматизации управления газодизелем за счет адаптации частотных критериев устойчивости, реализации рекуррентного регулирования частоты вращения коленчатого вала и подбора параметров алгоритма в результате имитационного моделирования переходных процессов.

Также внимания заслуживает предложение автора по учету отдельных параметров работы газодизельной установки, определяемых по косвенным признакам расхода топлива, воздуха и температуры выхлопных газов.

В целом оппонент согласен с мнением и формулировками автора диссертации. Считаю, что работа Авсиевича В.В. обладает научной новизной и отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.9.3 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация» (технические науки).

**Цели и задачи** исследований сформулированы автором в автореферате и во введении. Поставленные цели логически выдержано рассматриваются в последующих главах диссертации, их решение и достижение обосновано в представляемых выводах по разделам работы.

Результаты, полученные в выполненной работе, соответствуют содержанию диссертации и поставленным целям и задачам, содержат научную новизну.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций** обусловлены корректным применением современных методов исследования, таких как теория автоматического управления, математического и физического моделирования, численных методов решения интегральных и дифференциальных уравнений.

Научные исследования проводились на математической модели в среде MatLab/«Simulink response optimization» с применением методологии схемотехники, с градиентным методом оптимизации и функции нахождения интегральной оценки процесса управления.

Исследования на физической модели, проведенные в лаборатории на газодизельной установке на базе двигателя Д-242, дополнительно показывают достоверность полученных результатов.

**Теоретическая и практическая значимость результатов исследования** сформулирована автором во введении диссертации, в автореферате и в заключении. Аргументировано обосновано применение дробного ПИД регулятора газодизельной генераторной установки тепловоза, позволяющее снизить расход топлива и повысить надежность за счет сокращения времени переходного процесса. Реализация цифровой системы автоматизированного управления газодизельной установкой тепловоза, а также устройства корректировки ее параметров на основе диагностики закоксованности выпускных окон позволяет перейти к усовершенствованию системы автоматического управления подачей смесового топлива газодизельных двигателей.

Наибольшую практическую значимость представляют оригинальные схемы системы цифрового управления газодизельной установки тепловоза и блока диагностики закоксованности выпускных окон, а также имитационная модель газодизельной установки, позволяющая производить экспериментальные исследования и настройку регуляторов в составе систем автоматизированного управления газодизелями.

Указанные результаты достаточно полно отражены в третьем и четвертом разделах диссертации и демонстрируют полезность применения ее положений на практике, не только в области локомотивостроения, но и в других производственных и промышленных отраслях, производящих и эксплуатирующих силовые теплоэнергетические установки.

#### **Апробация и публикации.**

Диссертация апробирована на международных, всероссийских, отраслевых и региональных симпозиумах, конференциях, докладывалась на научно-технических семинарах профильных кафедр вузов.

Результаты исследования в достаточной степени отражены в публикациях автора. По теме диссертации опубликовано 8 научных работ, из них: 3 публикации



в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 2 публикации в изданиях Scopus, 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Полученные результаты используются в ООО «ППП Дизельавтоматика», в научно-исследовательской межотраслевой лаборатории «Газомоторное и водородное топливо» кафедры «Локомотивы» Самарского государственного университета путей сообщения в виде действующей лабораторной установки, а также внедрены в учебный процесс Самарского государственного технического университета и Самарского государственного университета путей сообщения.

### **Объем и содержание диссертационной работы.**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 169 наименований, списка сокращений и условных обозначений и 1 приложения. Объем работы: 169 страниц основного текста, включающего 32 рисунка, 14 таблиц и 1 страницу приложения. Объем диссертации не превышает допустимый. Диссертационная работа хорошо структурирована и оформлена. Имеется строгость в нумерации разделов, рисунков и таблиц.

**По всем формальным признакам диссертация В.В. Авсиевича соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.**

## **2. АНАЛИЗ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

Диссертационная работа оппонентом оценивается положительно. Из всего текста, безусловно, видна личная работа автора над материалом. В этой части отзыва приведен анализ диссертационной работы и автореферата, оценена степень обоснованности научных положений, выводов и практических рекомендаций.

### **Оформление работы.**

В целом работа оформлена на высоком уровне. Нумерация глав и разделов, рисунков и таблиц строго выдержана. Рисунки продуманы, наглядны и информативны. Однако при общем хорошем впечатлении есть и замечания. Построение отдельных фраз неоправданно тяжелое, особенно в первой главе. Присутствуют по тексту отдельные замечания по пунктуации. Автореферат излишне переполнен ри-

сунками и сопроводительным текстом. Объем автореферата ограничивается для экономии времени ознакомления с материалом, но одновременно проверяется способность ученого кратко формулировать свои мысли.

**Во введении** изложены общие положения диссертационной работы, соответствующие тексту автореферата. На основе анализа системы регулирования подачи топлива в камеру сгорания дизеля, а также автоматических систем управления данным процессом, изложены и обоснованы суть и актуальность решаемой в диссертации проблемы повышения эффективности работы силовой установки тепловоза. Отмечены возможные пути решения данной проблемы. Перечислены ученые, достигшие наибольших достижений в рассматриваемой области.

На основании аргументированной совокупности задач и обосновании теоретических и экспериментальных решений во введении сформулирована научно-практическая реализация диссертационного исследования.

## **Глава 1**

На основе проведенного анализа работы газодизельных двигателей, автор определяет необходимые пути повышения энергоэффективности и работоспособности силовой установки тепловоза. Проведенный критический обзор пропорциональных, интегральных и дифференциальных законов управления позволил автору сформулировать задачи сокращения расхода топлива. В тексте данной главы описаны недостатки и достоинства газодизельных силовых установок, с которыми можно согласиться.

По мнению оппонента, работоспособность системы автоматического управления зависит не только от способа и аппаратной части, которая обеспечивает регулирование частоты подачи топлива, а зависит еще и от качества диагностики всей силовой установки и качества ее ремонта и эксплуатации. Автор, в данной главе, обращает внимание на возможность диагностирования состояния закоксованности выпускных окон с применением косвенных признаков получения данных и последующей их обработки с помощью современных моделей работы с информацией.

На основании проведенных аналитических изысканий ПИД законов регулирования, исследования возможностей цифрового управления процессами, автором

представлено направление исследований с применением дробного цифрового ПИД регулирования.

Выводы, приведенные в конце первой главы, соответствуют целям диссертационной работы и обосновывают дальнейшие исследования.

## **Глава 2**

В данной главе автор проводит исследование физики процессов протекающих при работе газодизеля с параллельным исследованием свойств передаточных функций, временных и частотных характеристик системы управления. Рассматривает свойства дробных ПИД, законов регулирования применительно к процессам автоматического управления газодизеля тепловоза.

Логически представлены исследуемые процессы автоматического управления подачи топлива с последующим обоснованием в виде математического описания и построения характеристик управляемых процессов.

Результаты второй главы являются своего рода обоснованием возможности работы системы автоматического управления топливоподачей в силовой установке тепловоза.

Вместе с тем следует отметить, что в выводах автор декларирует математическое описание системы управления тепловозом на основе дробных дифференциальных уравнений и передаточных функций, что, по мнению оппонента, не корректно, так как управление подачей топлива это одна из составляющих процесса управления режимами работы тепловоза.

**Глава 3** посвящена моделированию системы автоматического управления с дробным пропорциональным интегральным дифференциальным алгоритмом управления газодизельной установкой. Определена устойчивость дробных систем автоматического управления с использованием классических критериев устойчивости Михайлова и Найквиста, что подтверждает правильность выбранного автором направления исследования. По мнению оппонента, данная глава является одной из сильных частей работы.

Разработанные имитационные модели системы автоматического управления с классическими и дробными ПИД регуляторами позволили выявить преимущества предлагаемых соискателем решений. Улучшенные на 21% по условиям перерегу-

лирования, на 42 % по времени переходного процесса и на 13% по интегральной оценке характеристики, подтверждены расчетами и обоснованиями.

**Глава 4** посвящена вопросу определения состояния закоксованности выпускных окон газодизельной установки тепловоза.

Основным преимуществом предлагаемого способа является то, что устройство, которое производит определение закоксованности выпускных окон по косвенным параметрам, и заложенный в его схемотехнику последующий расчетный алгоритм, находятся непосредственно в составе системы автоматического управления.

Следовало произвести более детальное описание процесса обработки сигналов, их накопления, сравнения и обработки. Позиция диагностирования отражена слабо, не приведена методика работы с данными. Данный раздел исследований рассматриваемой диссертационной работы, может быть развит в дальнейших перспективных работах автора.

Вместе с тем, предложенный алгоритм корректировки параметров системы управления газодизельным двигателем тепловоза и технология лабораторных испытаний на физической установке, показывают возможность дальнейшего применения результатов в производственных условиях.

**Глава 5** содержит сравнительные результаты математического моделирования и реального исследования работы дробного пропорционального интегрального дифференциального алгоритма на газодизельной установке.

Полученные сравнительные характеристики и экспериментальные результаты подтверждают и дополнительно обосновывают выдвигаемые автором суждения.

Значительная часть исследовательской информации в данной главе представлена в виде диаграмм и таблиц с кратким пояснением представляемых процессов. Следует заметить, что представление полученных научных результатов подобным способом удачно отражает динамику исследований в простой и наглядной форме.

**Заключение** по диссертации изложено кратко, но корректно, в целом приведенные выводы соответствуют результатам, описанным в диссертации и аннотированным в автореферате.



**Список литературы** содержит 169 источников. Ссылки источники корректно использованы по тексту диссертации. Литература приведена в алфавитном порядке, что потребовало от автора дополнительной работы, но значительно улучшило ее восприятие. Библиография включает и труды автора.

**Приложение** содержит копию официального документа, подтверждающего получение прав на зарегистрированную программу для ЭВМ, что дополнительно свидетельствует о новизне отдельных решений диссертации.

Таким образом, в диссертационной работе В.В. Авсиевича: обоснована актуальность исследования; сформулирована и обоснована научная новизна; определена цель и порядок исследования; проведен анализ публикаций способов и технических средств повышения энергетической эффективности силовой установки тепловоза; исследованы рабочие процессы газодизеля и системы автоматического управления; проведен анализ ПИД регулирования и дробных систем управления; проведено моделирование систем автоматического управления с дробным ПИД алгоритмом управления силовой установки тепловоза; предложено устройство определения закоксованности выпускных окон; проведены исследования на физической модели и получены сравнительные характеристики; оценена и рассчитана эффективность предлагаемых решений.

**С учетом всего выше изложенного, диссертация оценивается оппонентом как выполненная на высоком научном уровне.**

Автореферат соответствует содержанию диссертации и раскрывает ее суть. Замечания по автореферату аналогичны замечаниям по основному тексту диссертации.

### **3. ОСНОВНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИИ**

1. Из диссертации не ясно, почему для пропорционального интегрального дифференциального регулятора дизеля Д-242 выбраны коэффициенты таблицы 5.1?

2. Не приведён сравнительный анализ имитационной и физической модели на частоте вращения 880 об/мин. И соответственно не понятно, какая передаточная

функция из таблицы 5.6 должна использоваться для частоты вращения равной 880 об/мин?

3. Из результатов моделирования приведенных в таблице 3.4 возникает вопрос о необходимости дифференциальной составляющей?

4. Из описания по тексту диссертации не понятно, какое устройство выступало в качестве ПИД контроллера? Также в данном разрезе было бы уместно разместить в тексте пятой главы программный алгоритм работы устройства.

5. Почему не была использована искусственная нейронная сеть в качестве системы управления при ее очевидных плюсах, в том числе описанных автором в первой главе диссертации?

6. Предложенные автором решения, очевидно, могут быть распространены и на другие двигатели внутреннего сгорания. Не ясно, почему в качестве объекта внедрения дробных ПИД регуляторов выбрана именно газодизельная силовая установка тепловоза.

7. В конце пятой главы декларированы результаты ожидаемой экономии от предлагаемой модернизации системы управления силовой установкой тепловоза. Было бы уместным, данные заключения подтвердить расчетами в соответствии с методиками принятыми на железнодорожном транспорте.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Диссертационная работа АВСИЕВИЧА Владимира Викторовича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне на актуальную тему, в которой на основании выполненных автором анализа и исследований изложены новые, научно обоснованные и экспериментально подтвержденные решения по совершенствованию алгоритмов управления силовой установкой тепловоза с повышением эффективности ее работы, способствующие экономии топлива и ресурсосбережению на железнодорожном транспорте.

2. Диссертационная работа В.В. Авсиевича обладает научной новизной и практической ценностью. По объему и содержанию теоретических и эксперимен-

тальных исследований данная работа соответствует требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертационной работы Авсиевич Владимир Викторович 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,  
доцент кафедры «Транспорт железных дорог»  
Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Дальневосточный государственный университет  
путей сообщения»  
к. т. н. по специальности «Подвижной состав  
железных дорог, тяга поездов и электрификация»,  
доцент

Пляскин Артём Константинович

дата подписания:

29.11.2021

680021 г. Хабаровск, ул. Серышева, д.47,  
ФГБОУ ВО «ДВГУПС»  
Тел. +7 (914) 773-06-39,  
e-mail: ido@festu.khv.ru

Подпись \_\_\_\_\_  
подписи \_\_\_\_\_  
Зам. пр. \_\_\_\_\_  
Зам. начальника \_\_\_\_\_  
«29» \_\_\_\_\_ 2021 г.  
Пляскин А. К.  
П. П. Бессонова  
(расшифровка подписи)