

Отзыв

официального оппонента, доктора технических наук, доцента Грачева

Владимира Васильевича по диссертационной работе

Струнгаря Святослава Алексеевича

«Разработка методов стабилизации цилиндрических мощностей дизеля на режиме холостого хода при электронной системе управления подачей топлива»,

представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 - «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация»

Актуальность работы. Применение и совершенствование систем электронного управления топлиподачей является одним из наиболее перспективных направлений развития транспортных дизелей вообще и тепловозных дизелей в частности. Применение системы электронного управления впрыском топлива ЭСУВТ.01, разработанной совместно учеными и специалистами АО ВНИИЖТ и ООО «ППП Дизельавтоматика» (г.Саратов), на тепловозных дизелях, в том числе прежних лет выпуска, позволяет существенно улучшить их экономические и экологические характеристики, обеспечивая снижение годового расхода топлива тепловозом в эксплуатации до 12 % в сравнении с тепловозами в штатной комплектации. Эффект достигается, главным образом, за счет оптимизации рабочего процесса дизеля на холостом ходу силовой установки (СУ) тепловоза, доля которого в бюджете времени тепловоза может достигать 90%, в том числе при уменьшенной на 20% частоте вращения холостого хода.

Практика эксплуатации тепловозных дизелей показывает, что, как расход топлива и экологические характеристики дизеля на холостом ходу СУ, так и показатели его надежности, а также условия работы локомотивной бригады во многом определяются равномерностью работы цилиндров в этом режиме. Ее нарушение может привести к резкому ухудшению качества сгорания топлива (вплоть до полного его прекращения с сохранением увеличенной подачи) в менее нагруженных цилиндрах при одновременной перегрузке оставшихся в работе цилиндров, увеличению неравномерности вращения коленчатого вала и амплитуды низкочастотных (2-5 Гц) колебаний фундаментной рамы дизеля, крайне отрицательно влияющих на организм человека.

Причинами нарушения равномерности работы цилиндров на холостом ходу СУ тепловоза могут быть как ухудшение технического состояния форсунок и цилиндро-поршневой группы дизеля, так и нарушение регулировок топливной аппаратуры (углов опережения и длительности подачи топлива) отдельных цилиндров.

Топливная аппаратура с механическим управлением топливоподачей исключает возможность отдельных регулировок в номинальном режиме и режимах, отличных от него, поэтому существующие правила ремонта и технического обслуживания тепловозов предполагают необходимость проверки и регулировки равномерности работы цилиндров только в номинальном режиме работы дизеля.

В то же время конструкция ЭСУВТ.01 предоставляет широкие возможности для отдельного регулирования работы цилиндров в разных режимах работы дизеля. Однако в настоящее время, несмотря на большое количество оборудованных этой системой дизелей, находящихся в эксплуатации (более 700), эти возможности практически не используются в практике сервисного обслуживания тепловозов.

Одной из основных причин такого положения является отсутствие научно обоснованных рекомендаций как для контроля технического состояния цилиндров дизеля в режиме холостого хода СУ тепловоза и малых нагрузок дизеля, так и для настройки и регулировки основных параметров топливоподачи (углов опережения и длительности подачи топлива) в этих режимах.

В связи с вышеизложенным актуальность диссертационной работы В.С.Струнгаря не может вызывать сомнений.

Целью работы является повышение экономичности работы дизеля 1-ПД4Д с ЭСУВТ.01 путем разработки методов технического диагностирования и балансировки цилиндрических мощностей на режиме холостого хода силовой установки тепловоза.

Основные задачи, решаемые в работе. Для достижения этой цели в работе были поставлены и решены следующие основные задачи:

- ✓ выполнен анализ работы цилиндров тепловозных дизельных двигателей 1-ПД4Д с ЭСУВТ.01 на холостом ходу СУ тепловоза;
- ✓ предложен способ определения индикаторной мощности цилиндра дизеля по результатам испытательного воздействия на цилиндр;
- ✓ разработаны и апробированы методы контроля работоспособности цилиндров дизельного двигателя 1-ПД4Д с ЭСУВТ.01 на режиме холостого хода СУ тепловоза;
- ✓ разработан метод расчетного определения требуемой продолжительности подачи топлива по цилиндрам для балансировки (выравнивания) их мощностей на холостом ходу;
- ✓ разработан метод балансировки цилиндрических мощностей на основе последовательного регулирования параметров подачи топлива в каждый цилиндр, определенных по результатам испытательного воздействия на цилиндр;
- ✓ разработаны и апробированы алгоритмы балансировки цилиндрических мощностей дизельного двигателя 1-ПД4Д на холостом ходу.

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

- ✓ предложен способ определения индикаторной мощности цилиндра дизеля с ЭСУВТ.01 на режиме холостого хода СУ. В основу нового способа положена величина приращения средней продолжительности подачи топлива электроуправляемыми топливными насосами ЭСУВТ.01 при отключении подачи топлива в цилиндр;
- ✓ разработан метод расчетного определения требуемой продолжительности подачи топлива по цилиндрам для балансировки их мощностей на холостом ходу (расчетный метод балансировки цилиндрических мощностей);
- ✓ разработан метод балансировки мощности на основе последовательного регулирования параметров подачи топлива в каждый цилиндр, определенных по результатам испытательного воздействия на цилиндр (экспериментальный метод балансировки цилиндрических мощностей);

✓ разработаны алгоритмы контроля работоспособности и балансировки мощностей по цилиндрам дизельного двигателя 1-ПД4Д на режиме холостого хода СУ тепловоза.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке новых методов и алгоритмов контроля работоспособности и балансировки мощностей цилиндров тепловозного дизеля в режиме холостого хода СУ тепловоза.

Практическая ценность работы заключается в том, что предложенные автором методы и алгоритмы контроля работоспособности цилиндров дизеля и балансировки их мощностей в режиме холостого хода СУ тепловоза позволяют обеспечить непрерывный оперативный автоматический контроль работоспособности цилиндров дизеля и автоматическую балансировку их мощностей в процессе эксплуатации тепловоза без внесения изменений в конструкцию аппаратной части системы электронного управления топливоподачей.

Реализация результатов работы. Результаты работы могут быть использованы при дальнейшем совершенствовании систем электронного управления подачей топлива тепловозных дизелей.

Достоверность научных положений и результатов диссертационной работы подтверждена обоснованностью исходных математических положений и преобразований, согласованностью результатов теоретических и экспериментальных исследований, выполненных автором как на стенде дизельной лаборатории ОГК ОАО «Пензадизельмаш», так и на тепловозах ТЭМ18ДМ в процессе их реостатных испытаний. Как следует из их результатов, применение предложенных автором методов балансировки мощностей цилиндров позволяет уменьшить неравномерность нагрузок цилиндров в режиме холостого хода СУ тепловоза в 1,5..3 раза (с 2,5...3 кВт до 1,0...1,8 кВт).

Содержание диссертации изложено в шести научных работах, среди них две статьи в периодических изданиях из перечня рецензируемых изданий ВАК при Минобрнауки России. Получен патент на изобретение.

Основные результаты исследования докладывались на научно-технических советах отделения «Тяговый подвижной состав» АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта», трех международных и всероссийской научно-практических конференциях.

Диссертационное исследование выполнено в соответствии с паспортом специальности 05.22.07 - «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация», соответствует формуле специальности, а также пунктам раздела «Области исследования» паспорта специальности:

- эксплуатационные характеристики и параметры подвижного состава, повышение их эксплуатационной надежности и работоспособности. Системы электроснабжения железных дорог и метрополитенов. Методы и средства снижения потерь электроэнергии;

- системы технического обслуживания, эксплуатации и технологии ремонта устройств электроснабжения и подвижного состава, развитие парков локомотивов и вагонов;

- техническая диагностика подвижного состава и систем электроснабжения. Критерии оценки состояния подвижного состава и систем электроснабжения железных дорог и метрополитенов. Системы автоматизации процессов технической диагностики этих объектов.

Методический уровень исследований, изложенных в диссертационной работе. Поставленные в диссертационной работе задачи решены с использованием методов теории тепловых двигателей, теплотехники и термодинамики, системотехники и программирования. Основные результаты теоретического исследования проверялись в ходе натурных экспериментов на стендовой дизель-генераторной установке и дизель-генераторных установках тепловозов ТЭМ18ДМ в процессе реостатных испытаний. Для обработки экспериментальных данных использовались пакет MS Excel и встроенный язык программирования Visual Basic for Applications.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, семи разделов, заключения, списка цитируемых источников, состоящего из 65 наименований, включая ссылки на четыре работы автора с соавторами, и семи приложений. Общий объем диссертации составляет 126 страниц машинописного текста, включая 21 рисунок и 13 таблиц.

В первом разделе автором выполнен анализ современного состояния проблемы повышения качества работы тепловозных дизелей в режимах холостого хода и малых нагрузок. Установлено, что работа в режимах холостого хода (ХХ) и малых нагрузок (МН) характеризуется низким качеством рабочего процесса в цилиндрах дизеля и, в большинстве случаев, неравномерными нагрузками (индикаторными мощностями) цилиндров. Одной из основных причин ухудшения качества рабочего процесса в цилиндре дизеля, работающего в режиме ХХ и МН, наряду с избыточным количеством холодного воздуха, является увеличенный угол опережения подачи топлива (ОПТ), соответствующий оптимальной организации рабочего процесса в номинальном режиме работы дизеля. Основными причинами неравномерной работы цилиндров в этих режимах являются отличие углов ОПТ и неравномерность подачи топлива топливными насосами высокого давления (ТНВД), обусловленная как разным техническим состоянием ТНВД и форсунок, так и отличием их регулировочных характеристик, связанным с наличием технологических допусков на размеры основных деталей и достигающем в режимах ХХ и МН для ТНВД дизелей типа Д50 60% и более.

Показано, что кардинальным способом улучшения качества работы дизеля в режимах ХХ и МН является применение систем электронного управления топливоподачей. Рассмотрены основные схемы таких систем, их достоинства и недостатки. Существенным преимуществом таких систем является возможность индивидуального регулирования параметров топливоподачи (угла ОПТ и длительности подачи) как по отдельным цилиндрам, так и по режимам работы дизеля, что позволяет эффективно решать задачу выравнивания нагрузок цилиндров не только в номинальном режиме работы, но и в режимах ХХ и МН.

По результатам выполненного обзора сформулированы цель и основные задачи исследования.

Второй раздел работы посвящена анализу результатов экспериментального исследования работы дизельных двигателей с системой ЭСУВТ.01 в режимах холостого хода СУ тепловоза (малых нагрузок дизелей). Цель испытаний заключалась в оценке разницы индикаторных мощностей цилиндров дизелей в режимах ХХ и МН, а также в установлении соответствия между увеличением средней продолжительности подачи топлива при отключении цилиндра и индикаторной мощностью отключенного цилиндра. Перед проведением испытаний каждого дизеля выполнялось обнуление поправок к средним значениям углов опережения и длительности подачи топлива отдельных цилиндров.

Результаты испытаний показали, что у дизелей с ЭСУВТ.01 наблюдаются различие индикаторных мощностей по отдельным цилиндрам от 3,8% до 11,5%, обусловленное различием количества подаваемого топлива в цилиндры дизеля и индикаторного КПД рабочих циклов.

Выполненный анализ существующей технологии регулировки цилиндрических мощностей дизеля показал, что результат регулировки зависит как от исправности и точности используемых при этом измерительных приборов (максиметра и термокомплекта), так и от технического состояния и текущих настроек топливной аппаратуры.

В заключительной части раздела предложен метод определения индикаторной мощности цилиндра дизеля по величине приращения средней длительности топливоподачи при его отключении.

В третьем разделе работы автором предложены алгоритмы проверки работоспособности цилиндров дизеля при работе его в режиме ХХ и МН. В результате выполненного обзора известных методов контроля технического состояния и диагностирования Отличие предлагаемого автором подхода к диагностированию кратковременным поочередным изменением подачи топлива в цилиндры от известных (в частности, применяемого на дизельных двигателях серии 3500 фирмы Caterpillar), заключается в том, что предлагается не только кратковременное прекращение подачи топлива в проверяемый цилиндр, но и последующее кратковременное ее увеличение с контролем изменения частоты вращения коленчатого вала. Вывод о работоспособности цилиндра делается на основании анализа результатов двух указанных проверок.

Четвертый раздел можно считать основной в теоретической части работы. Она посвящена разработке методов балансировки («стабилизации» в терминологии автора) цилиндрических мощностей дизельного двигателя 1-ПД4Д, оборудованного системой ЭСУВТ.01.

В работе предлагаются два метода балансировки цилиндрических мощностей:

✓ расчетный метод, суть которого состоит в последовательном отключении подачи топлива в отдельные цилиндры дизеля и измерении приращений средней длительности топливоподачи, значения которых используются для расчета поправок к количеству поданного топлива по цилиндрам для стабилизации цилиндрических мощностей;

✓ экспериментальный метод, при котором также производится последовательное отключение подачи топлива в цилиндры дизеля и измерение приращений средней длительности топливоподачи с последующим увеличением топливоподачи в цилиндры с минимальным приращением и уменьшением в цилиндры с минимальным приращением средней топливоподачи.

Расчетный метод основан на двух основных предположениях:

✓ предположение о равенстве суммарной эффективной мощности всех работающих цилиндров при подаче топлива во все шесть цилиндров и при отключении одного из них;

✓ предположение об одинаковой линейной зависимости изменения эффективного КПД каждого работающего цилиндра от изменения средней продолжительности топливоподачи в него при отключении другого цилиндра.

Требуемые поправки к средней длительности топливоподачи в каждый цилиндр определяются в результате решения квадратного уравнения, связывающего исходную среднюю длительность топливоподачи и среднюю длительность топливоподачи после отключения этого цилиндра.

Экспериментальный метод балансировки цилиндров сводится к последовательному пошаговому увеличению топливоподачи в цилиндры, которым соответствует наименьшее увеличение средней топливоподачи при отключении, и уменьшению ее в цилиндры, которым соответствует наибольшее увеличение топливоподачи при их отключении.

В пятом разделе работы разработаны алгоритмы балансировки мощностей с использованием методов, предложенных в предыдущем (четвертом) разделе.

В шестом разделе работы приведены результаты экспериментальной проверки алгоритмов балансировки цилиндрических мощностей, разработанных в четвертом и пятом разделах. Проверка алгоритмов балансировки цилиндрических мощностей расчетным методом выполнялась на стенде дизельной лаборатории ОГК ОАО «Пензадизельмаш», проверка алгоритмов балансировки цилиндрических мощностей экспериментальным методом выполнялась на тепловозах ТЭМ18ДМ.

По результатам экспериментальной проверки сделан вывод об эффективности предложенного экспериментального метода балансировки мощностей цилиндров и необходимости уточнения параметров расчетного метода.

В седьмом разделе работы выполнена оценка экономической эффективности применения результатов работы, при этом экономический эффект достигается за счет увеличения доли времени работы дизеля на пониженной частоте вращения холостого хода при регулярном (после каждого ремонта в объеме ТОЗ и выше) выполнении балансировки цилиндрических мощностей.

В приложении приведены основные технические характеристики отечественных и зарубежных дизельных двигателей с электронной системой впрыска топлива, эксплуатируемых на тепловозах парка ОАО «РЖД», титульные листы программы-методики проверки балансировки нагрузок цилиндров при стендовых испытаниях, акты и протоколы испытаний.

Содержание основных публикаций, как и содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

Вопросы и замечания по диссертационной работе

1. Не всегда удачен выбор терминов, используемых автором для описания исследуемых физических процессов.

Понятие «*холостой ход*» двигателя подразумевает работу его с нулевой эффективной мощностью. Тепловозный дизель, как и двигатель любого автономного транспортного средства с однодвигательной силовой установкой никогда не работает на холостом ходу вследствие наличия неотключаемых бортовых потребителей энергии. Как следует из акта стендовых испытаний дизель-генератора 1ПДГ4Д с электронной системой управления подачей топлива (Приложение Д, стр.110 работы), проводившихся с целью экспериментальной

проверки предложенных автором алгоритмов, «испытания проводились ... при нагрузке тягового генератора 15 кВт±2 кВт». Считаю более уместным для идентификации таких режимов вместо термина «холостой ход» использовать термин «режимы малых нагрузок».

Понятие «стабилизация» означает «приведение чего-либо. в устойчивое состояние; состояние устойчивости, постоянства». Как в исходном состоянии (до реализации предлагаемых автором алгоритмов), так и после коррекции длительности подачи топлива в цилиндры значения индикаторной мощности цилиндров и их разность по цилиндрам остается стабильной, т.е. неизменной во времени, поэтому использовать для описания изменения состояния дизеля термин «стабилизация» в данном случае считаю не вполне корректным. В названии разработанной автором программы и методики (Приложение Г, стр.107 работы) используется термин «балансировка нагрузок цилиндров дизеля», полностью отражающий суть выполняемой операции. Совершенно непонятно, почему автор не использует этот термин в работе, в том числе, в ее названии.

Согласно ГОСТ 20911-89 «Техническая диагностика. Термины и определения», «Термин "Техническое диагностирование" применяют в наименованиях и определениях понятий, когда ... основной задачей является поиск места и определение причин отказа (неисправности).»

Алгоритмы на рисунках 3.1 и 3.2 предназначены для контроля работоспособности цилиндров (работает/не работает) без определения причины отказа, поэтому более корректным названием для них было бы «Алгоритмы контроля работоспособности цилиндров».

Алгоритмы 4 и 5 (рисунки 5.2 и 5.3) являются алгоритмами балансировки мощностей цилиндров посредством коррекции длительности топливоподачи в эти цилиндры, при этом о неисправности цилиндров речь не идет. Тем не менее, для описания процесса регулировки длительности подачи автор постоянно использует термин «техническое диагностирование цилиндров» (на стр. 69 «При выполнении указанного условия на любом этапе техническое диагностирование прекращается с сохранением сделанных поправок к продолжительности топливоподачи по цилиндрам»).

2. Серьезные сомнения вызывает достоверность оценки точности определения индикаторной мощности цилиндров (раздел 2.1, стр.39) путем сравнения средней измеренной мощности по пяти дизелям 1-ПД4Д с «эталонным» значением индикаторной мощности, рассчитанным с использованием усредненных параметров (индикаторного КПД на ХХ), полученных 69 лет назад на дизеле Д50.

Вообще определение абсолютного значения индикаторной мощности в цилиндре представляет проблему даже для серьезных диагностических комплексов. Поэтому диагностика в таких комплексах, как правило, строится на сопоставлении параметров диаграмм с диаграммой эталонного цилиндра без определения абсолютных значений давлений.

3. Из текста работы неясно, в чем заключается предлагаемый автором новый способ определения индикаторной мощности цилиндра. Основная идея способа не вызывает сомнений, поскольку связь величины $\Delta\varphi_{Ti}$ с P_i очевидна. Однако из раздела 2.3.2 совершенно неясно, как можно определить значение P_i (в кВт) по известному значению $\Delta\varphi_{Ti}$ (в град ПКВ) для конкретного дизеля, поскольку отношение $\frac{P_i}{\Delta\varphi}$, судя по данным таблиц 2.4 и 2.5, для разных дизелей может отличаться в полтора раза.

Кроме того, непонятно, каким образом такой метод будет соответствовать заявленному самим автором требованию к нему (стр.43):

«мощность каждого цилиндра должна определяться вне зависимости от технического состояния топливной аппаратуры и выполненных регулировок угла опережения подачи топлива $\varphi_{оп}$;».

Совершенно очевидно, что изменение φ_T ($\Delta\varphi_T$) при отключении цилиндра будет зависеть от качества рабочего процесса в оставшихся работающих цилиндрах, в том числе «от технического состояния топливной аппаратуры и выполненных регулировок угла опережения подачи топлива $\varphi_{оп}$ » – чем это качество выше, т.е. чем выше индикаторный КПД оставшихся в работе цилиндров, тем меньше будет величина $\Delta\varphi_T$ и наоборот – чем ниже индикаторный КПД оставшихся в работе цилиндров, тем больше $\Delta\varphi_{Ti}$ при одной и той же индикаторной мощности отключенного цилиндра.

4. Предлагаемый автором расчетный метода балансировки цилиндрических мощностей основан на предположении о равенстве суммы эффективных мощностей работающих цилиндров до отключения одного из них (т.е. всех шести цилиндров) и после отключения (т.е. оставшихся в работе пяти цилиндров), при этом величина этой суммы равна эффективной мощности дизеля, которая при неизменной частоте вращения коленчатого вала останется постоянной (выражение (15)).

Это предположение представляется не вполне корректным, поскольку суммарная эффективная (индикаторная за вычетом механических потерь) мощность оставшихся в работе цилиндров будет превосходить эффективную мощность дизеля, во-первых, на величину механических потерь, приходящихся на долю отключенного цилиндра, и, во-вторых, на величину дополнительных насосных потерь в нем на тактах сжатия расширения, которые, при снижении газоплотности цилиндра даже в допустимых пределах, могут быть весьма значительными.

5. Из текста раздела 4 не ясно, на чем основано предположение автора о наличии линейной связи эффективного КПД цилиндра с длительностью топливоподачи и каким образом определяется значение коэффициента α_n (19), характеризующего эту связь.

6. В тексте диссертации содержится ряд неточностей и опечаток. Так, в ряде случаев автор использует одинаковые переменные для обозначения различных физических величин (T_g для температуры отработавших газов на стр. 42 и T_g для крутящего момента на стр.44, $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ для коэффициентов связи размерностей на стр.60...61 и $\alpha_n, n=0...6$ для коэффициента связи эффективного КПД с изменением длительности топливоподачи на стр.62), в левой части выражения (10) записано P_e вместо $G_{\text{ч}}$ и др.

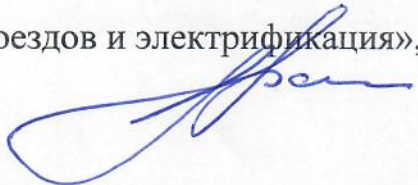
Отмеченные недостатки не оказывают существенного влияния на основные научные и прикладные результаты диссертационной работы и ее положительную оценку.

Заключение

Диссертационная работа по актуальности избранной темы, степени обоснованности научных положений, выводов, рекомендаций, их достоверности и новизне, а также по содержанию, научному уровню, является законченной научно-квалификационной работой, содержит новые научно обоснованные технологические решения, имеющие существенное значение для развития технической диагностики тепловозных дизелей и системы сервисного обслуживания тепловозов.

Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 № 842, а её автор, Струнгарь Святослав Алексеевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 - «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация».

Официальный оппонент, гражданин Российской Федерации,
доцент кафедры «Локомотивы и локомотивное хозяйство»
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Петербургский государственный университет путей
сообщения Императора Александра I»,
доктор технических наук по специальности 05.22.07 «Подвижной состав железных
дорог, тяга поездов и электрификация»,
доцент



Грачев Владимир Васильевич

190031, Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 9,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
тел. +7(812)4578140, email: v_grach@mail.ru

Подпись руки <i>Грачева В.В.</i>	
удостоверяю. Начальник Службы управления персоналом университета <i>Г.Е. Егоров</i>	
« 21 » <i>мая</i> 2021 г.	

О Т З Ы В

официального оппонента, кандидата технических наук
Редина Андрея Логиновича на диссертационную работу

Струнгаря Святослава Алексеевича

на тему: «Разработка методов стабилизации цилиндровых мощностей дизеля на режиме холостого хода при электронной системе управления подачей топлива», представленную к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

1. Актуальность темы диссертационной работы

Одним из приоритетных направлений развития науки, техники и технологий в холдинге «РЖД» на период до 2020 года и перспективу до 2025 года является повышение энергетической эффективности основной деятельности и снижение энергоёмкости перевозочного процесса. В холдинге «РЖД» основной расход топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) приходится на тягу поездов. Одним из мероприятий, обеспечивающих энергосбережение на тепловозах, является установка на двигатели электронной системы управления подачей топлива (ЭСУВТ) производства ООО «ППП «Дизельавтоматика», которая производится с 2011 г.

Система ЭСУВТ обеспечивает экономичную работу дизеля на режиме холостого хода за счет гибкого управления углом опережения подачи и увеличения давления впрыска топлива в цилиндр. В результате достигнуто снижение минимально устойчивых оборотов холостого хода на величину до 20% и часового расхода топлива на 8–12%.

Опыт эксплуатации маневровых тепловозов ТЭМ18ДМ с дизелями 1-ПД4Д с ЭСУВТ показал, что в процессе эксплуатации в результате ухудшения технического состояния топливной аппаратуры и цилиндропоршневой группы дизеля, наблюдается постепенное увеличение разницы индикаторных мощностей по цилиндрам на режиме холостого хода. При этом возрастают неравномерность работы дизеля, вибрация, возникает риск выключения отдельных цилиндров из работы.

Система ЭСУВТ в отличие от механической системы топливоподачи допускает отдельную регулировку угла опережения и количества поданного топлива по цилиндрам дизеля на режимах холостого хода и номинальном.

Поэтому при использовании системы ЭСУВТ появилась возможность регулировки мощностей цилиндров дизеля на режиме холостого хода с целью обеспечения равномерной его работы. Однако на сегодняшний день в связи с отсутствием необходимых алгоритмов указанные работы в локомотивных депо не производятся.

В связи с вышеизложенным, тема диссертационной работы Струнгаря С.А. является актуальной и своевременной.

2. Содержание и апробация работы

Диссертационная работа состоит из введения, семи разделов, заключения, списка литературы, состоящего 65 наименований. Общий объем диссертации составляет 126 страниц машинописного текста, содержит 7 приложений, 21 рисунок и 13 таблиц.

Во введении приводятся обоснование актуальности темы диссертации, цель и задачи исследования, объект и предмет исследования, указаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, положения, выносимые на защиту, обоснованность и достоверность полученных результатов, апробация работы, структура и объем диссертации.

В первом разделе диссертационной работы выполнен анализ режимов работы дизельных двигателей 1-ПД4Д маневровых тепловозов ТЭМ18ДМ в эксплуатации, выполнен анализ причин увеличения разницы цилиндровых мощностей дизельных двигателей на режиме холостого хода, сделан обзор конструктивных особенностей современных систем управления подачей топлива. Приведены технические характеристики современных отечественных и зарубежных дизельных двигателей, оснащенных электронными системами управления подачей топлива. Сформулированы цель и задачи исследования.

Во втором разделе приведены результаты экспериментальных исследований работы пяти дизелей 1-ПД4Д тепловозов ТЭМ18ДМ с ЭСУВТ.01 на режиме холостого хода, которые показали, что неравномерность распределения мощностей по цилиндрам составила 11,5 % от индикаторной мощности всех цилиндров дизеля и обусловлена различием количества подаваемого в цилиндры топлива и индикаторного КПД рабочих циклов.

Выполнен анализ существующих методов регулировки цилиндровых мощностей дизеля, общим недостатком которых является зависимость результата от технического состояния применяемых средств измерений.

Предложен новый способ определения мощности каждого цилиндра дизеля оценкой приращения средней продолжительности подачи топлива при его отключении, определение которой не требует дополнительных средств измерений.

В третьем разделе диссертационной работы выполнен анализ существующих методов технического диагностирования работы цилиндров, применяемых на современных дизелях. Автором предложен новый метод диагностирования, предусматривающий на первом этапе поочередное отключение подачи топлива, на втором этапе максимальное увеличение подачи топлива по цилиндрам дизеля. Данный метод позволяет уточнить причину отказа цилиндра. На основе разработанного метода составлены алгоритмы, которые представлены в виде блок-схем.

В четвертом разделе рассмотрены расчетный и экспериментальный методы стабилизации цилиндрических мощностей по цилиндрам дизеля 1-ПД4Д с ЭСУВТ.01.

Суть расчетного метода которого состоит в последовательном отключении подачи топлива по цилиндрам дизеля и измерении приращений топливоподачи, значения которых используются для расчета поправок к количеству поданного топлива по цилиндрам, необходимых для стабилизации цилиндрических мощностей. При этом с целью упрощения расчета принято, что частота вращения коленчатого вала и нагрузка на дизель при стабилизации цилиндрических мощностей постоянны, механический КПД дизеля постоянный, а изменение индикаторного КПД рабочего цикла зависит от изменения количества поданного в цилиндр топлива.

При использовании экспериментального метода требуемая равномерность работы цилиндров дизеля достигается путем последовательного регулирования подачи топлива до получения равенства приращений продолжительности подачи топлива при отключении каждого цилиндра.

В пятом разделе разработаны алгоритмы стабилизации цилиндрических мощностей дизеля 1-ПД4Д с ЭСУВТ.01, выполняемые в следующей последовательности:

- алгоритм сравнения величин приращений топливоподачи по цилиндрам дизеля.

- алгоритм стабилизации цилиндрических мощностей расчетным или экспериментальными методами.

Шестой раздел диссертации посвящен экспериментальной проверке алгоритмов стабилизации цилиндрических мощностей, выполненной на стендовом дизель-генераторе 1-ПДГ4Д в ОАО «Пензадизельмаш» и на дизеле 1-ПД4Д тепловоза ТЭМ18ДМ №1022 в сервисном локомотивном депо Тверь ООО «ЛокоТех-Сервис» филиала Северо-Западный.

В результате применения алгоритма стабилизации цилиндрических мощностей расчетным методом произошло перераспределение индикаторных мощностей по цилиндрам стендового дизель-генератора с сохранением разницы, равной 2,2 кВт.

В результате применения алгоритма стабилизации цилиндрических мощностей экспериментальным методом на стендовом дизель-генераторе и дизеле тепловоза ТЭМ18ДМ получено снижение разницы индикаторных мощностей по цилиндрам на 0,7 кВт и 2,0 кВт соответственно.

В седьмом разделе проведена оценка ожидаемого экономического эффекта от внедрения разработанных алгоритмов на двадцати тепловозах ТЭМ18ДМ. Расчетный срок окупаемости предложенных технических решений составил 0,65 года.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

В приложениях приведены дополнительные материалы по диссертационной работе: справочные таблицы, копия патента на изобретение, протоколы испытаний, акты проверки алгоритмов и т.д.

Основное содержание диссертационной работы отражено в 6-ти публикациях, из них 2 публикации в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК и 1 патент РФ на изобретение. Опубликованные по результатам исследований работы с достаточной полнотой отражают основное содержание диссертации.

3. Научная новизна, обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Разработан способ определения индикаторной мощности цилиндра дизеля с ЭСУВТ.01 на режиме холостого хода, в основу которого положено измерение величины приращения средней продолжительности подачи топлива электроуправляемыми топливными насосами при отключении подачи топлива в цилиндр;

2. Разработаны расчетный и экспериментальный методы стабилизации цилиндрических мощностей дизеля на режиме холостого хода;

3. Разработаны алгоритмы технического диагностирования и стабилизации цилиндрических мощностей дизельного двигателя 1-ПД4Д на режиме холостого хода.

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в разработке новых методов и алгоритмов технического диагностирования и стабилизации цилиндрических мощностей дизеля.

Достоверность и обоснованность научных положений и результатов работы подтверждены согласованностью теоретических и экспериментальных данных.

Методический уровень исследований. Поставленные в диссертационной работе задачи решены с использованием аппарата теории алгоритмов, методов планирования эксперимента и статистической обработки данных с использованием пакета MS Excel и сервисной программы Inject Service системы ЭСУВТ.

4. Практическая значимость работы и рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Практическая значимость работы заключается в том, что разработанные методы позволяют в условиях эксплуатации осуществлять постоянный контроль работоспособности цилиндров дизеля, а также в случае необходимости выполнять стабилизацию их мощностей без использования дополнительного оборудования.

Реализация результатов исследования. Результаты исследований используются в сервисном локомотивном депо Тверь ООО «ЛокоТех-Сервис» – филиала Северо-Западный при выполнении диагностики работы и стабилизации цилиндрических мощностей дизелей тепловозов ТЭМ18ДМ с ЭСУВТ.

5. Вопросы по диссертации.

1. Каким образом автором были получены данные, представленные на рисунке 2.1 (стр. 43), об изменении температуры на выпуске из цилиндров дизеля тепловоза ТЭМ18ДМ №642 за период столь длительных испытаний?
2. Посредством какого оборудования измерялся часовой расход топлива при проведении испытаний стендового дизель-генератора 1-ПДГ4Д?
3. Каким образом вычислялись углы начала горения топлива и максимального давления сгорания топлива при испытании дизелей?
4. Посредством каких бортовых регистраторов и как именно оценивалось время работы дизеля тепловоза на режиме пониженной частоты вращения коленчатого вала, указанное в разделе технико-экономической оценки эффективности предлагаемых мероприятий на стр. 83?

Указанные недостатки не влияют на основные теоретические и практические результаты диссертации и её положительную оценку.

6. Заключение

Диссертация Струнгаря Святослава Алексеевича «Разработка методов стабилизации цилиндрических мощностей дизеля на режиме холостого хода при электронной системе управления подачей топлива» выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной и имеет практическую ценность. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

Диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические, технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие железнодорожного транспорта России.

Автореферат в полной мере отражает структуру, содержание и выводы, приведенные в диссертационной работе.

Диссертация выполнена в соответствии с паспортом специальности ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации 05.22.07 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация» и соответствует следующим пунктам раздела «Области исследования» паспорта специальности:

п.1. Эксплуатационные характеристики и параметры подвижного состава, повышение их эксплуатационной надежности и работоспособности.

п.2. Системы технического обслуживания, эксплуатации и технологии ремонта подвижного состава, развитие парков локомотивов.

п.3. Техническая диагностика подвижного состава. Критерии оценки состояния подвижного состава.

Диссертационная работа по своему содержанию, научному уровню и завершенности исследования соответствует критериям, установленным в пункте 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор, Струнгарь Святослав Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация».

Кандидат технических наук, шифр специальности:

05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация»

Заведующий отделом силовых установок АО «ВНИКТИ»

Редин А. Л.

Справочные данные:

Редин Андрей Логинович, Заведующий отделом силовых установок

Акционерного общества «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (АО «ВНИКТИ»),

140402, г. Коломна, Московская область, Тел.: +7(496) 618-82-48 доб.13-67, моб. +79162001417 e-mail: ovs@ptl-kolomna.ru

Аудит Редина А.Л. завершено.

Начальник ОУП
А.В. Козацкая

подпись



3.09.2021г