

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

УДК 629.424.3:621.436

С172

Самодум Юрий Геннадьевич

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ ТЕПЛОВОЗНЫХ
ДИЗЕЛЕЙ 10Д100М СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ
ХАРАКТЕРИСТИК ТОПЛИВОПОДАЧИ**

05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов
и электрификация

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Гомель 2003

Работа выполнена в Белорусском государственном университете транспорта

Научный руководитель: доктор технических наук **Гизатуллин Р.К.**
(Белорусский государственный университет транспорта, кафедра «Тепловозы и тепловые двигатели»)

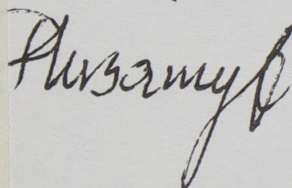
Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор **Колесник И.К.**
(Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, кафедра «Эксплуатация и ремонт подвижного состава»);

кандидат технических наук,
доцент **Рафаловский В. В.**
(Белорусский государственный университет транспорта, кафедра «Электрический подвижной состав»).

Белорусская железная дорога

в 14⁰⁰ на заседании совета по защите
в Белорусском государственном университете
3, г. Гомель, ул. Кирова, 34, ауд. 248

храниться в библиотеке Белорусского госу-

 Р.К. Гизатуллин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Один из важнейших вопросов хозяйственной деятельности – рациональное расходование топливно-энергетических ресурсов. Это отмечено в Указе Президента Республики Беларусь №161 от 29 марта 2002г. «О неотложных мерах по обеспечению сохранности и эффективности использования горюче-смазочных материалов» и ряде Постановлений Совета Министров Республики Беларусь.

Железнодорожный транспорт является одним из крупнейших потребителей дизельного топлива в Республике Беларусь. В связи с этим задача снижения расхода топлива на тягу поездов становится особенно актуальной.

В странах СНГ и на Белорусской железной дороге (с 1987 г.) эксплуатируются тепловозы 2ТЭ10У(М) с модернизированным дизелем 10Д100М, у которого по сравнению с базовым вариантом снижена минимальная частота вращения коленчатого вала на холостом ходу и первой позиции контроллера машиниста тепловоза до 270 об/мин, уменьшено передаточное число от вала к механическому нагнетателю 8,87 (вместо 10), применены двухрежимные форсунки, изменен закон подачи топлива (установлен кулачек привода топливного насоса с новым профилем). Изменения в конструкции топливной аппаратуры наряду с положительными моментами привели к увеличению неравномерности подачи топлива по цилиндрам в режиме холостого хода, загоранию выхлопных окон, увеличению дымности отработавших газов тепловозов. Анализ способов повышения экономичности дизелей показал, что изменение характеристик топливоподачи оказывает влияние на расход топлива дизелем на всех режимах работы. Поэтому проведение исследований работы топливоподающей аппаратуры дизелей 10Д100М с целью выявления возможностей совершенствования характеристик топливоподачи является актуальной научно – технической задачей.

Связь работы с крупными научными программами, темами. Работа выполнялась в соответствии с программой Министерства образования Республики Беларусь: «Разработка метода расчета рабочего процесса дизелей с учетом параметров топливоподачи» № ГР 19981450, 1998г., и планами НИОКР Белорусской железной дороги: «Совершенствование методики проведения реостатных испытаний с целью улучшения экономических и экологических характеристик тепловозов», 1998г., «Исследование изменения вредных выбросов в атмосферу при внедрении технических решений, повышающих топливную экономичность тепловозных дизелей, и разработка методики проведения экологической экспертизы этих решений» № ГР 20013311, 2002г.

Цель и задачи исследований. Целью работы является повышение экономичности дизелей 10Д100М совершенствованием характеристик топливоподачи. Для достижения поставленной цели сформулированы и решены следующие задачи:

- выбор методом математического моделирования способа совершенствования характеристик топливоподачи;
- теоретические исследования параметров подачи топливной аппаратуры с измененными характеристиками;
- теоретические исследования влияния изменения характеристик топливоподачи на параметры рабочего процесса дизеля;
- исследование работы топливной аппаратуры с измененными характеристиками топливоподачи по тепловозной характеристике и в режиме холостого хода на лабораторном стенде;
- испытание дизеля 10Д100М с измененными характеристиками топливоподачи на экономичность и токсичность на пункте реостатных испытаний тепловозов;
- исследование работы тепловозов 2ТЭ10У с измененными характеристиками топливоподачи в условиях эксплуатации.

Объект и предмет исследований. Объектом исследований является топливная аппаратура дизелей 10Д100М тепловозов серии 2ТЭ10У(М), предметом – характеристики топливоподачи.

Методология и методы проведенных исследований. Для теоретического исследования характеристик топливоподачи и их влияния на рабочий процесс дизеля использован метод математического моделирования на ЭВМ. Экспериментальные исследования выполнены на универсальном стенде для испытаний топливной аппаратуры тепловозных дизелей. Дизельные испытания проведены на пункте реостатных испытаний тепловозов. Эксплуатационные испытания выполнены на тепловозах серии 2ТЭ10У приписного парка локомотивного депо Гомель.

Научная новизна и значимость полученных результатов. Усовершенствована методика расчета показателей рабочего процесса дизеля 10Д100М, в которой предлагается учитывать изменение энергии активации для каждой элементарной доли топлива, подаваемой в цилиндр на каждом расчетном шаге в зависимости от диаметра капель топлива.

Усовершенствована математическая модель рабочего процесса дизеля 10Д100М: расчет параметров рабочего процесса выполнен с учетом закона подачи и тонкости распыла топлива, что повышает точность расчета.

Выбран рациональный способ повышения давления впрыска топлива и обосновано количество топливных насосов высокого давления, включаемых в работу на холостом ходу. Это позволяет стабилизировать процесс впрыска и снизить неравномерность подачи топлива по цилиндрам на холостом ходу, а также повысить экономичность дизеля и уменьшить содержание загрязняющих веществ в отработавших газах при работе дизеля по тепловозной характеристике и в режиме холостого хода.

Практическая ценность и реализация работы. Реализация результатов теоретических и экспериментальных исследований позволила снизить расход топлива тепловозами 2ТЭ10У на единицу перевозочной работы

(на 2,9%) и уменьшить токсичность отработавших газов на 30 – 55% (по содержанию оксидов азота и углерода, сажи). Предложенные технические решения по совершенствованию характеристик топливоподачи не снизили надежность работы форсунок. Результаты исследований реализованы в локомотивных депо Гомель и Жлобин Белорусской железной дороги, имеющих в составе приписного парка тепловозы серии 2ТЭ10У с дизелями 10Д100М.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- выбор рационального способа повышения давления впрыска топлива;
- усовершенствованная методика расчета показателей рабочего процесса дизеля 10Д100М, учитывающая изменение энергии активации для каждой элементарной доли топлива, подаваемой в цилиндр на каждом расчетном шаге в зависимости от диаметра капель топлива;
- усовершенствованная математическая модель рабочего процесса дизеля 10Д100М, учитывающая закон подачи и тонкость распыла топлива;
- обоснование количества топливных насосов высокого давления, включаемых в работу на холостом ходу.

Личный вклад соискателя. Изложенные в диссертации положения, выводы и рекомендации получены автором лично, на основании описанных в диссертации расчетных методов и экспериментов. Вклад соавторов в опубликованных работах заключается в научном руководстве, планировании и подготовке опытов, определении расчетных параметров, обсуждении результатов работы. Дизельные и эксплуатационные испытания выполнены автором совместно с сотрудниками кафедры «Тепловозы и тепловые двигатели» БелГУТа, исследования состава отработавших газов тепловозов – с сотрудниками научно-исследовательского центра экологической безопасности и энергосбережения на транспорте БелГУТа.

Апробация результатов исследований. Основные положения диссертации докладывались на международных научно-практических конференциях «Актуальные проблемы развития транспортных систем» (Гомель 1998г.), научно – практической конференции «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте» (МИИТ, Москва, 1999г.), «Проблемы безопасности на транспорте» (Гомель 2000 и 2002 г.г.), на заседании учебно-методической комиссии по специальности «Локомотивы» учебно-методического объединения по образованию в области железнодорожного транспорта и транспортного строительства Министерства путей сообщения Российской Федерации (Гомель, 2001г.), на заседании кафедры «Тепловозы и тепловые двигатели» БелГУТа (Гомель, 2003г.), на научном семинаре механического факультета БелГУТа (Гомель, 2003г.).

Опубликованность результатов. Основные результаты исследований опубликованы в 8 печатных работах, в том числе 4 статьях в научных изданиях и 4 тезисах докладов конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, 4 глав, основных выводов, заключения, списка использованных источников и приложений. Объем диссертации – 189 страниц. Работа содержит 48 рисунков, 8 таблиц, 5 приложений на 57 страницах. Список использованных источников включает 88 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность темы исследования и дано краткое изложение подхода, цели и результатов диссертационной работы.

Первая глава посвящена анализу влияния на экономичность тепловозов режимов работы дизеля по позициям контроллера машиниста, применяемых систем регулирования дизель-генератора, режимов работы агрегатов воздухообеспечения, технического состояния топливной аппаратуры. Дан обзор научно-технической литературы и проанализированы выполненные ранее исследования методов повышения топливной экономичности дизелей, описанные в работах известных ученых: Астахова И.В., Володина А.И., Гизатуллина Р.К., Гуревича А.Н., Каретникова А.Д., Карминского В.Д., Колесника И.К., Кузнецова Т.Ф., Кудряша А.П., Розенблита Г.Б., Свиридова Ю.Б., Тартаковского Э.Д., Третьякова А.И., Толстова В.Т., Файнлейба Б.Н., Федотова Ю.Б., Фурьянского Н.А., Хомича А.З., Ушакова С.С. и других. Анализ результатов исследований показывает, что топливная аппаратура обеспечивает наилучшие экономические показатели только на номинальном или близком к нему режиме, хотя значительную часть времени дизель работает на промежуточных нагрузочных режимах и холостом ходу. На этих режимах происходит дестабилизация процесса впрыска из-за снижения давления топлива в нагнетательном трубопроводе, что присуще и дизелям 10Д100М.

Одним из способов стабилизации процесса топливоподачи является повышение давления впрыска. Это подтверждают и тенденции современного двигателестроения: топливоподающие системы развиваются в направлении увеличения давления впрыска, что приводит к уменьшению расхода топлива и количества загрязняющих веществ в отработавших газах.

В литературе отмечается, что в процессе эксплуатации тепловозов серии ТЭ10 происходит снижение их надежности и экономичности. Учитывая, что эти тепловозы будут основными на железных дорогах еще длительное время, необходимо проводить их модернизацию с целью повышения эксплуатационных качеств.

По результатам выполненного анализа сформулированы задачи исследования и последовательность их решения.

Вторая глава посвящена моделированию работы топливной аппаратуры и рабочего процесса дизеля 10Д100М.

Известен ряд работ по исследованию и моделированию процесса впрыска топлива, выполненных в ЦНИДИ, ЦНИТА, ВНИИЖТе, на Харьковском заводе им. Малышева, а также работы Астахова И.В., Балакина В.И., Володина А.И., Горелика Г.Б., Джефера А., Дьяченко Н.Х., Пишингера А., Толстова А.И., Файнлейба Б.Н., Фомина Ю.Я., Хуторянского Н.М., Чаромского А.Д. и др. Учитывая опыт этих исследований и взяв за основу работы Астахова И.В., Фомина Ю.Я. и Володина А.И., усовершенствована программа гидродинамического расчета процесса впрыска топлива для дизелей типа 10Д100М. При расчете процесса впрыска рассматривается одномерное движение вязкой жидкости как функции перемещения плунжера топливного насоса высокого давления. По пути движения жидкости между полостью над плунжером и сопловыми отверстиями форсунки выделяются характерные участки: объемы над плунжером и нагнетательным клапаном, трубопровод между насосом и форсункой, объемы перед иглой и в сопловом наконечнике. Для каждого из этих объемов составлены системы обыкновенных дифференциальных уравнений, исходя из уравнений материального баланса и уравнений движения отдельных элементов системы, описывающих изменения граничных условий у насоса и форсунки. В процессе расчета определяется давление топлива в выбранных объемах и скорость движения жидкости на каждом участке от угла поворота кулачкового вала. Неустановившееся движение жидкости в нагнетательном трубопроводе описывается телеграфным уравнением.

Оценка достоверности математической модели определялась путем сравнения расчетных и экспериментальных значений. Экспериментальные значения давлений на выходе насоса и под иглой форсунки получены на стенде для испытаний топливной аппаратуры дизелей. Сходимость расчетных и экспериментальных кривых удовлетворительная: отклонение расчетных данных от экспериментальных составило 3 – 6%.

С использованием модели процесса впрыска проведены исследования способов повышения давления впрыска топлива. Рассмотрены варианты увеличения усилия затяжки иглы форсунки, диаметра и скорости плунжера топливного насоса. Расчеты выполнены для номинального режима работы дизеля 10Д100М ($n = 850$ об/мин, $q_{ц} = 0,47$ г/цикл). Получено, что при увеличении давления открытия иглы P_3 с 21 до 28 МПа максимальное давление топлива на выходе насоса увеличивается на 4 МПа, а при дальнейшем увеличении P_3 до 32 МПа – на 0,8 МПа. Под иглой форсунки максимальное давление топлива увеличивается на 4,8 МПа (11,7%) при увеличении давления открытия иглы форсунки с 21 до 28 МПа и на 0,7 МПа (1,5%) при увеличении P_3 с 28 до 32 МПа. Таким образом, можно сказать, что дальнейшее увеличение давления открытия иглы форсунки нецелесообразно как по давлению впрыска (не наблюдается значительного повышения), так и по надежности работы деталей форсунки. Исходя из этого, для исследований выбрана величина давления открытия иглы форсунки 28 МПа.

Увеличение диаметра плунжера с 13 до 14 мм ($P_3 = 21$ МПа) приводит к повышению максимального давления впрыска на 4,5 МПа (11%), а с 14 до 15 мм – еще на 8,5 МПа (19%). При давлении открытия иглы форсунки $P_3 = 28$ МПа увеличение диаметра плунжера с 13 до 14 мм приводит к повышению максимального давления впрыска на 3,2 МПа (7%), а с 14 до 15 мм – еще на 8 МПа (16 %). Таким образом, при увеличении диаметра плунжера на 2 мм, максимальное давление впрыска может вырасти от 25 до 33% (при различном давлении открытия иглы форсунки).

Повышение максимальной скорости плунжера также увеличивает давление впрыска. При возрастании максимальной скорости плунжера с 1,34 до 1,44 м/с максимальное давление впрыска увеличивается на 2,5 МПа (6,3%), с 1,44 до 1,54 м/с – еще на 3 МПа (7%). При давлении открытия иглы форсунки 28 МПа увеличение скорости плунжера с 1,34 до 1,44 м/с не приводит к росту давления впрыска, а наблюдается даже некоторое его снижение. Это можно объяснить уменьшением энергии волны подачи за счет энергии отраженной волны. Дальнейшее повышение скорости плунжера до 1,54 м/с позволяет поднять максимальное давление впрыска на 2,2 МПа (9%).

По результатам расчетов можно сделать вывод, что все вышерассмотренные способы позволяют увеличить давление впрыска топлива, а следовательно, повысить качество смесеобразования и улучшить процесс сгорания. Более интенсивный рост давления впрыска топлива происходит при увеличении диаметра плунжера топливного насоса высокого давления. Однако этот способ влечет изменение конструкции насоса. Повышение давления впрыска за счет роста скорости плунжера связано с увеличением инерционных нагрузок на детали топливной аппаратуры, что будет влиять на надежность работы. Наиболее приемлемым видится путь увеличения давления впрыска за счет изменения усилия затяжки пружины иглы форсунки, т.к. этот способ не требует значительных дополнительных материальных затрат.

Теоретические исследования влияния изменения давления открытия иглы форсунки на показатели рабочего процесса дизеля 10Д100М выполнены методом математического моделирования. При выборе способов расчета показателей рабочего цикла изучены работы Вибе И.И., Володина А.И., Гончара Б.М., Коссова Е.Е., Маца З.З., Разлейцева Л.Ф., Селезнева Ю.В. Сомова В.А. и других. Модели, разработанные на базе этих методов, достаточно компактны и дают возможность исследовать параметры рабочего процесса, однако они не учитывают закон подачи топлива.

Модель расчета процесса сгорания в дизеле 10Д100М, предлагаемая в работе, позволяет учитывать такие определяющие факторы, как закон подачи и тонкость распыла топлива. В основу расчета процесса сгорания положено предположение о дифференцированной подаче и выгорании частиц топлива в зависимости от времени их нахождения в цилиндре и условий

сгорания. Энергия активации для каждой элементарной доли топлива, подаваемой в цилиндр на каждом расчетном шаге, изменяется в зависимости от диаметра капле топлива. Исходными данными для расчета служат результаты, полученные при гидродинамическом расчете параметров топливоподачи. Предполагается, что воспламенение элементарной частицы топлива происходит, когда подведенная к этой частице энергия превышает значение условной энергии активации E . Скорость выгорания зависит от качества распыливания топлива и параметров рабочего тела в цилиндре двигателя.

Для определения энергии, подводимой к поданному в цилиндр топливу, использовано выражение для периода задержки самовоспламенения, полученное А.И.Толстовым:

$$\tau_i = B \left(\frac{T}{P} \right)^{0,5} \cdot e^{\frac{E^*}{RT}}, \quad (1)$$

где B - коэффициент, зависящий от частоты вращения коленчатого вала двигателя n ; $B = B_0 (1 - kn)$; для тепловозного двигателя $B_0 = 7,41 \cdot 10^{-6}$; $k = 34,8 \cdot 10^{-3}$;

P , T - соответственно давление и температура в цилиндре в момент подачи топлива, МПа, К;

R - универсальная газовая постоянная;

E^* - условная энергия активации топлива, $E^* = 18000 - 21000$ кал/моль.

Условие воспламенения элементарной частицы топлива, поданной в цилиндр за период времени $\tau_{j+1} - \tau_j$, получим после логарифмирования выражения (1)

$$E = \ln \left(\frac{\tau_{j+1} - \tau_j}{B \cdot \left(\frac{T_j}{P_j} \right)^{0,5}} \right) \cdot RT_j > E^*. \quad (2)$$

Для определения скорости выгорания частиц топлива использовано выражение, предложенное Б.М.Гончаром,

$$C_{i,j} = \frac{\varphi_i - \varphi_{r_{ij}}}{\varphi_c^2} \cdot e^{-\left(\frac{\varphi_i - \varphi_{r_{ij}}}{\varphi_c} \right)}, \quad (3)$$

где φ_i - текущее значение угла поворота вала дизеля от момента воспламенения соответствующей элементарной доли топлива, град ПКВ;

$\varphi_{r_{ij}}$ - угол начала горения j -той доли топлива, град ПКВ;

φ_c - параметр, определяемый конструкцией камеры сгорания и параметрами дизеля.

Общее количество теплоты ΔQ_i , выделившееся на шаге $\Delta \varphi_i$, определяется суммированием элементарных теплот, выделившихся на i шаге от всех долей топлива, участвующих в процессе горения (рис.1). Доля топлива q_i считается полностью выгоревшей, если выделится все тепло, обусловленное теплотворной способностью топлива.

Изменение параметров рабочего тела определяется методом объемного баланса, предложенного Н.М. Глаголевым.

$$dP = \frac{K \cdot P}{V} (\partial_Q V + \partial_M V - dV), \quad (4)$$

где K - показатель адиабаты;

$\partial_Q V$ - изменение объемного количества рабочего тела в цилиндре вследствие сообщения теплоты извне, m^3 ;

$\partial_M V$ - изменение объемного количества рабочего тела в цилиндре вследствие образования новых молекул при горении топлива, m^3 ;

dV - изменение объема вследствие движения поршня, m^3 .

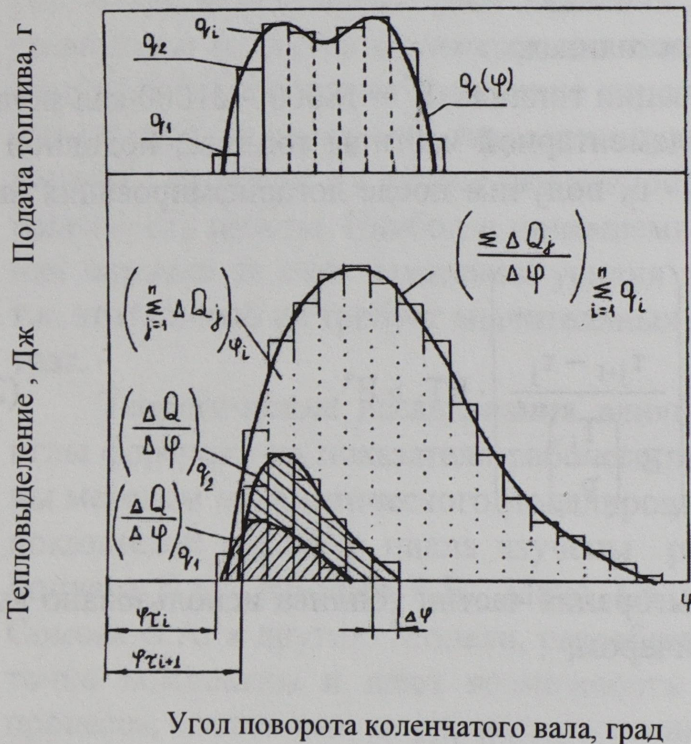


Рис. 1. Схема тепловыделения в цилиндре с учетом дифференцированной подачи и выгорания элементарных частиц топлива.

q_i - доля топлива, поданная в цилиндр на i -ом шаге;

$\frac{\Delta Q_i}{\Delta \varphi_i}$ - количество теплоты, выделившееся на i -ом шаге.

Сравнение результатов математического моделирования с опытными данными, полученными во ВНИИЖТе, позволяет сделать вывод о достоверном отражении математической моделью качественных и количественных показателей рабочего процесса тепловозного дизеля 10Д100. Таким

образом, предлагаемая методика позволит учесть характеристики впрыска топлива и тем самым повысить точность расчета рабочего процесса.

Взяв в качестве исходных данных результаты расчета процесса топливоподачи дизеля 10Д100М, с использованием математической модели выполнены исследования параметров рабочего процесса при серийном давлении открытия иглы форсунки $P_3 = 21$ МПа и увеличенном до 28 МПа. Для выбранных точек тепловозной характеристики (5, 7, 10 и 15 позиции контроллера машиниста тепловоза) рассчитаны изменения индикаторного КПД η_i , среднего индикаторного давления p_i , максимальных давления p_z и температуры T_z газов в цилиндре, коэффициента интенсивного тепловыделения в цилиндре $\Delta x_i/\Delta \phi_i$. В расчетах учитывались изменения таких параметров, как продолжительность впрыска топлива, температура воздушного заряда, угол опережения впрыска топлива.

В результате расчетов получено, что при увеличении давления открытия иглы форсунки на 7 МПа происходит повышение индикаторного КПД (рис. 2): на 7 позиции контроллера машиниста тепловоза индикаторный КПД увеличивается с 0,415 до 0,419 (1%), на 10 позиции – с 0,436 до 0,445 (2%), на 15 позиции – с 0,446 до 0,456 (2,2%).



Рис. 2. Изменение удельного эффективного расхода топлива и индикаторного КПД дизеля 10Д100М от позиции контроллера машиниста по тепловозной характеристике: 1,2 — удельный эффективный расход топлива; 3,4 — индикаторный КПД; 1,3 — $P_3 = 21$ МПа; 2,4 — $P_3 = 28$ МПа.

Максимальное давление сгорания P_z увеличивается на 5 позиции — с 3,75 до 4,43 МПа (18%), на 7 позиции — с 5,25 до 6,2 МПа (18,8%), на 10 позиции — с 7 до 8,3 МПа (18,6%), на 15 позиции — с 9,7 до 10,75 МПа (10,8%). Среднее индикаторное давление p_i увеличивается с 0,49 до 0,498 МПа

(1,6%) на 7 позиции и достигает максимального значения на 15 позиции – 2,0% (с 1,078 до 1,1 МПа). Максимальная температура газов в цилиндре при увеличении давления открытия иглы форсунки также возрастает по всем точкам тепловозной характеристики на 1,1 – 1,2%. При этом максимальное увеличение температуры (с 1605 до 1625 К) наблюдается при работе дизеля на 13 позиции.

При давлении открытия иглы форсунки $P_3 = 28$ МПа интенсивное тепловыделение начинается и достигает максимального значения раньше, чем при $P_3 = 21$ МПа. Давление и температура газов в цилиндре максимального значения также достигают раньше при $P_3 = 28$ МПа, т.е. происходит опережение протекания процессов тепловыделения. Это объясняется тем, что за индикаторный период задержки воспламенения в цилиндр подается больше топлива, а увеличение скорости выгорания топлива приводит к интенсификации удельного тепловыделения.

В третьей главе приведены результаты исследования влияния давления открытия иглы форсунки на характеристики топливоподачи дизеля 10Д100М.

Исследования работы топливной аппаратуры дизеля 10Д100М проведены на универсальном стенде для испытаний топливной аппаратуры тепловозных дизелей в тепловозной лаборатории БелГУТа.

Для исследований параметров подачи топливной аппаратуры дизеля 10Д100М на стенд был установлен фрагмент кулачкового вала топливного насоса высокого давления этого дизеля. Измерение давления топлива на выходе насоса P_n и под запорным конусом иглы форсунки P_f проводилось тензодатчиками ($L=10$ мм, $R=100$ Ом) при помощи универсальной тензометрической станции УТС-1-ВТ-12 и аналого-цифрового преобразователя (АЦП – ADC 100К/12-8), подключенных к персональному компьютеру IBM PC.

Несущая частота тензостанции – 35кГц, а также конструкция датчиков, имеющих высокую частоту собственных колебаний, позволяют получать неискаженные характеристики измеряемых величин. Тарировка датчиков выполнена по образцовому манометру с ценой деления 0,3 МПа на стенде А 106 для регулировки форсунок.

Аналого-цифровой преобразователь конструктивно выполнен в виде платы расширения ISA – шины персонального компьютера типа IBM PC, имеющей 8 независимых каналов вывода. Время преобразования сигнала 10 мкс, входной диапазон по напряжению ± 5 В. Частота вращения маховика определялась по штатному тахометру ТКМС – 1000 с ценой деления 10 об/мин. Диапазон измерения тахометра от 50 до 1000 об/мин. Отметка внутренней мертвой точки фиксировалась при помощи индукционного торцового датчика, подключенного непосредственно к АЦП. Подача топливного

насоса определялась весовым методом. Погрешность измерения составила 0,4 – 2%.

В процессе исследования параметров подачи топливной аппаратуры дизеля 10Д100М на универсальном стенде при давлении открытия иглы форсунки 21 и 28 МПа получены данные для построения нагрузочных характеристик насоса, зависимости изменения давления топлива на выходе топливного насоса высокого давления и под запорным конусом иглы форсунки от угла поворота кулачкового вала. Изучено влияние изменения давления открытия иглы форсунки на продолжительность впрыска топлива и угол опережения впрыска топлива.

Сравнение нагрузочных характеристик топливных насосов дизелей 10Д100 и 10Д100М показало, что нагрузочные характеристики топливного насоса дизеля 10Д100М имеют более прямолинейный вид, чем насоса дизеля 10Д100. Это объясняется тем, что динамический напор топлива насоса 10Д100М больше, чем у серийного и при отсечке меньше топлива перетекает из системы высокого давления в систему низкого давления, так как давление топлива в системе ниже, чем у серийного дизеля.

Анализ значений максимального давления топлива по насосу и форсунке показал, что максимальное давление топлива на выходе топливного насоса высокого давления у дизеля 10Д100М ($n = 280$ об/мин) по сравнению с дизелем 10Д100 ($n = 400$ об/мин) в диапазоне цикловых подач 0,05 – 0,1 г/цикл практически не меняется; в диапазоне 0,1 – 0,26 г/цикл наблюдается увеличение давления топлива на 0,5 – 1,5 МПа с последующим выравниванием при подаче 0,26 – 0,36 г/цикл; в диапазоне 0,36 – 0,5 г/цикл максимальное давление топлива уменьшается на 1 – 2 МПа. При $n = 850$ об/мин максимальное давление топлива на выходе насоса (10Д100М) в диапазоне 0,05 – 0,39 г/цикл выше, чем у серийного на 1 – 3,5 МПа, а в диапазоне 0,39 – 0,5 г/цикл начинает снижаться. При цикловой подаче 0,5 г/цикл давление топлива достигает максимальной величины снижения – 12 МПа.

Максимальное давление топлива под запорным конусом иглы форсунки у топливной аппаратуры дизеля 10Д100М ($n = 280$ об/мин) по сравнению с серийной аппаратурой ($n = 400$ об/мин) в диапазоне цикловых подач от 0,05 до 0,5 г/цикл ниже на 2 – 2,5 МПа; при $n = 850$ об/мин в диапазоне 0,05 – 0,15 г/цикл примерно одинаковое, 0,15 – 0,23 г/цикл выше на 1 – 1,5 МПа. В диапазоне 0,23 – 0,5 г/цикл давление топлива уменьшается, достигая максимальной величины снижения 9,5 МПа при цикловой подаче 0,5 г/цикл.

Увеличение давления открытия иглы форсунки с 21 до 28 МПа привело к снижению подачи топлива через форсунку на всех режимах работы топливной аппаратуры дизеля 10Д100М. При выходе рейки от 0 до 2 мм (область малых подач) подача топлива уменьшилась на 18 – 20% при частоте вращения кулачкового вала 280 об/мин и на 20 – 23% – при частоте вращения вала 850 об/мин. При выходе рейки от 2 до 16 мм снижение подачи в среднем составило 2%. Одновременно с этим в области малых подач топли-

ва ($q_{ц} = 0,05 - 0,1$ г/цикл) у нагрузочных характеристик топливного насоса дизеля 10Д100М уменьшился угол наклона к оси абсцисс. Это снижает неравномерность подачи топлива по цилиндрам в режиме холостого хода, так как при регулировке дизеля на равномерность распределения нагрузки по цилиндрам изменение цикловой подачи на номинальном режиме влечет меньшее изменение цикловой подачи на холостом ходу.

При работе дизеля на холостом ходу и первой позиции контроллера машиниста ($n = 280$ об/мин, $q_{ц} = 0,05 - 0,09$ г/цикл) повышение давления открытия иглы форсунки P_3 на 7 МПа привело к увеличению максимального давления топлива на выходе насоса на 47–50%. При работе дизеля на номинальном режиме ($n = 850$ об/мин, $q_{ц} = 0,47$ г/цикл) максимальное давление на выходе насоса возросло на 12,2%. В свою очередь это привело к увеличению максимального давления впрыска $P_{г\max}$. Так в области малых подач топлива ($n = 280$ об/мин, $q_{ц} = 0,05 - 0,09$ г/цикл), где наиболее ярко проявляется неравномерность подачи топлива по цилиндрам из-за низкого давления в режиме холостого хода, давление впрыска увеличилось на 40–50%. При работе дизеля на номинальном режиме ($n = 850$ об/мин, $q_{ц} = 0,47$ г/цикл) давление впрыска увеличилось на 10,8%.

Исследование работы топливной аппаратуры при работе дизеля по тепловозной характеристике показало, что увеличение давления открытия иглы форсунки на 7 МПа привело к росту среднего давления впрыска. Так в диапазоне цикловых подач от 0,18 до 0,33 г/цикл среднее давление впрыска увеличилось на 26–54%, в диапазоне от 0,33 до 0,47 г/цикл – на 14–26% (рис. 3).

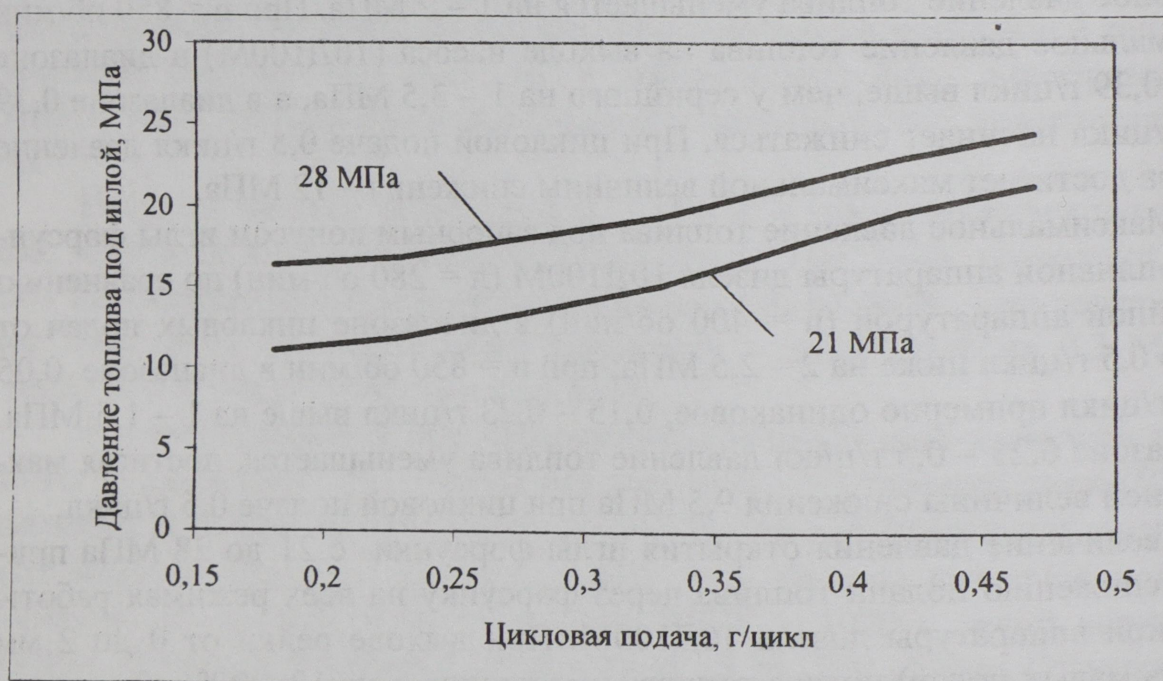


Рис. 3. Изменение среднего давления топлива под запорным конусом иглы форсунки от цикловой подачи по тепловозной характеристике при давлении открытия иглы 21 и 28 МПа

Повышение давления открытия иглы форсунки с 21 до 28 МПа ($n = 850$ об/мин, $q_{ц} = 0,47$ г/цикл) привело к тому, что угол запаздывания впрыска (УЗВ) увеличился на 0,6 градуса поворота вала, а продолжительность впрыска уменьшилась на 3 градуса поворота вала (12%).

В четвертой главе представлены результаты испытаний дизеля 10Д100М с измененными характеристиками топливоподачи при работе по тепловозной характеристике на экономичность и токсичность.

Представлены также результаты исследования влияния количества работающих топливных насосов высокого давления (5,10,20 шт.) на экономичность и токсичность дизеля 10Д100М в режиме холостого хода при давлении открытия иглы форсунки $P_3 = 21$ и 28 МПа. Приведены результаты эксплуатационных испытаний серийных и опытных тепловозов 2ТЭ10У.

Для того чтобы выяснить, как влияет увеличение давления открытия иглы форсунки P_3 с 21 до 28 МПа и применение однорежимных форсунок на экономичность дизеля при работе по тепловозной характеристике в локомотивном депо Гомель на пункте реостатных испытаний тепловозов проведены измерения удельного расхода топлива g_e (г/кВт·ч) дизелем 10Д100М для двух вариантов регулировки и комплектации топливной аппаратуры. В первом варианте измерялся расход топлива для серийного варианта с двухрежимными форсунками ($P_3 = 21$ МПа). Во втором варианте измерялся расход топлива дизелем, на котором увеличили давление открытия иглы форсунки на 7 МПа и заменили двухрежимные форсунки левого ряда на однорежимные с вытеснителями объема. Расход топлива определялся весовым методом на 1, 3, 5, 7, 10, 13 и 15 позициях контроллера машиниста. Относительная погрешность измерения расхода топлива составила 1,1 – 1,5% на 1, 3, 5 позициях и 0,65 – 0,85% на 7, 10, 13 и 15 позициях (изменение относительной погрешности измерений обусловлено тем, что в ходе испытаний на разных позициях контроллера машиниста сжигалось различное количество топлива). В ходе проведения эксперимента фиксировались частота вращения коленчатого вала дизеля, напряжение и ток генератора (по стационарным приборам пункта реостатных испытаний), а также температура охлаждающей воды и масла. В результате во втором варианте испытаний снижение g_e составило: на 1 позиции – 2,1%, на 3 – 0,34%, на 5 – 0,45%, на 7 – 1,11%, на 10 – 1,95%, на 13 – 1,68%, на 15 – 1,88% (см. рис. 2).

На пункте реостатных испытаний также проведены исследования зависимости экономичности работы дизеля 10Д100М на холостом ходу от количества включенных топливных насосов при давлении открытия иглы форсунки $P_3 = 21$ и 28 МПа. Измерение расхода топлива дизелем выполнено для двух вариантов комплектации дизеля форсунками. В первом варианте дизель оборудован двухрежимными форсунками, во втором – однорежимными (сопловые наконечники с вытеснителями объема). Расход топлива определялся весовым методом (измерялось время расходования дизелем 1 кг топлива). Частота вращения коленчатого вала $n = 280$ об/мин. Температура

охлаждающей жидкости поддерживалась в пределах 69 – 70 °С, моторного масла – 65 – 68 °С. Погрешность при определении часового расхода топлива составила 1,1%. Измерения проводились при неработающем компрессоре. Предварительно была выполнена регулировка равномерности распределения топлива по цилиндрам.

Результаты измерений и расчетов показали, что как в первом, так и во втором варианте, наименьший расход топлива наблюдается при работе дизеля на 10 насосах. Снижение часового расхода топлива при работе на 10 насосах во втором варианте по сравнению с первым составляет 1,27 кг/ч.

При исследовании неравномерности подачи топлива на холостом ходу по цилиндрам выяснено, что на отдельных дизелях может прекращаться подача топлива в цилиндр форсунками (от 4 до 6 форсунок), т.е. неравномерность подачи топлива может достигать 200%. Это происходит при 20 включенных насосах высокого давления. К тому же у неработающих двухрежимных форсунок перегревается пружина пластинчатого клапана и снижается ее жесткость, что ведет к нарушению работоспособности форсунки на холостом ходу. В связи с этим предложено заменить двухрежимные форсунки левого ряда однорежимными с вытеснителями объема, а на режиме холостого хода предлагается включать в работу только десять насосов правого ряда.

В ходе выполнения работы проведены исследования токсичности отработавших газов тепловоза 2ТЭ10У-195Б при серийном давлении открытия иглы форсунки 21 МПа и с увеличенным давлением на 7 МПа. Исследования проводились на пункте реостатных испытаний. Во время экспериментов на 0 позиции и 4, 8, 10, 15 позициях контроллера машиниста по тепловозной характеристике измерялась концентрация следующих компонентов отработавших газов: оксида азота (с последующим пересчетом на диоксид азота), оксида углерода, сажи - веществ, вносящих наибольший вклад в загрязнение атмосферы. На каждом из выбранных режимов фиксировались значения мощности тягового генератора, частоты вращения коленчатого вала дизеля, температуры охлаждающей воды и масла, давления наддува. Измерение концентрации оксида азота и оксида углерода проводились прибором «Testo-350». Сажа отбиралась на фильтры типа АФА.

В результате обработки опытных данных получено, что при увеличении давления открытия иглы форсунки и работе дизеля на 10 топливных насосах правого ряда в режиме холостого хода содержание диоксида азота, оксида углерода и сажи в отработавших газах дизеля 10Д100М уменьшается (NO_x на 30%, СО на 34%, С на 19%). При работе по тепловозной характеристике наибольшее снижение содержания диоксида азота в отработавших газах (на 50-55%) наблюдается в диапазоне от 10 до 15 позиции контроллера машиниста тепловоза, оксида углерода (до 45%) – на режимах работы близких к номинальному, сажи (до 30%) – на режимах средних нагрузок. Снижение концентраций диоксида азота и оксида углерода указывает на бо-

лее равномерное распределение топлива по камере сгорания. Уменьшаются зоны локального переобогащения смеси, что приводит к улучшению качества сгорания и снижению эмиссии продуктов неполного сгорания топлива.

Для определения влияния предложенных технических решений на экономичность работы тепловозов 2ТЭ10У в локомотивном депо Гомель на протяжении 12 месяцев (июнь 1996г. – май 1997г.) проводились эксплуатационные испытания. По мере постановки этих тепловозов на ремонт модернизировалась топливная система серийных дизелей 10Д100М: левый ряд двухрежимных форсунок заменялся на однорежимные с вытеснителями объема; давление открытия иглы форсунки увеличивалось до 28 МПа; подсоединялся вентиль, отключающий в режиме холостого хода 10 топливных насосов левого ряда. На пункте реостатных испытаний тепловозов выполнялась дополнительная регулировка на равномерность распределения топлива по цилиндрам в режиме холостого хода. За время испытаний опытные тепловозы выполнили 13% объема работ серийных тепловозов 2ТЭ10У. При этом расход дизельного топлива на единицу выполненной перевозочной работы у опытных тепловозов по сравнению с серийными уменьшился на 2,9%.

Проведенные эксплуатационные испытания показали, что повышение давления открытия иглы форсунок не снижает надежность их работы. Среднее падение давления открытия иглы форсунки между ГО-3 для выборки 160 штук составило 0,47 МПа при разбросе 0 – 1,5 МПа. В ходе испытаний было отмечено уменьшение загорания выпускных окон цилиндров, что явилось следствием улучшения процесса сгорания топлива, особенно на режимах холостого хода и малых нагрузок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выполненные в диссертации теоретические и экспериментальные исследования позволили обосновать возможность повышения экономичности дизелей 10Д100М путем совершенствования характеристик топливоподачи. Доказано, что у топливной аппаратуры с измененным профилем кулачка топливного насоса, обеспечивающим постоянную скорость плунжера, максимальное давление топлива под запорным конусом иглы форсунки на номинальном режиме ($n = 850$ об/мин, $q_u = 0,47$ г/цикл) снизилось по сравнению с серийным вариантом на 18%. Работа дизеля в режиме холостого хода на 20 топливных насосах и двухрежимных форсунках приводит к увеличению неравномерности подачи топлива по циклам и цилиндрам, преждевременному выходу форсунок из строя, неполному сгоранию и увеличению расхода топлива [1,2,7].

2. Предложена усовершенствованная модель гидродинамического расчета процесса топливоподачи дизеля 10Д100М, которая позволяет с достаточно высокой точностью воспроизводить процессы, происходящие при

движении топлива от топливного насоса высокого давления до соплового наконечника форсунки. С использованием этой модели выбран рациональный способ повышения давления впрыска топлива и обосновано увеличение давления открытия иглы форсунки P_3 с 21 до 28 МПа [4,6].

3. Предложены усовершенствованная методика и модель рабочего процесса дизеля 10Д100М, преимуществом которой является возможность учитывать такие определяющие факторы, как закон подачи и тонкость распыла топлива. С использованием этой модели выполнены расчеты, показывающие, что увеличение давления открытия иглы форсунки с 21 до 28 МПа, приводит к росту основных показателей рабочего процесса дизеля 10Д100М: среднего индикаторного давления p_i , максимальной температуры газов в цилиндре T_z , максимального давления сгорания P_z , индикаторного КПД η_i , которые оказывают влияние на экономичность дизеля. В диапазоне от 7 до 15 позиции контроллера машиниста при работе по тепловозной характеристике η_i увеличивается на 1 – 2,2%, p_i – на 1,6 – 2%, P_z – на 18 – 18,8%, T_z – на 1,1 – 1,2%. При этом происходит некоторое опережение протекания процессов тепловыделения. Догорание топлива в этом случае проходит при меньшем объеме цилиндра, что снижает потери тепла на нагрев стенок цилиндра [3].

4. Исследование работы топливной аппаратуры дизеля 10Д100М на испытательном стенде показало, что при увеличении давления открытия иглы форсунки до 28 МПа на всех режимах работы наблюдается снижение подачи топлива через форсунку. При выходе рейки от 0 до 2 мм (область малых подач) снижение составляет 18 – 20% при частоте вращения кулачкового вала 280 об/мин и 20 – 23% при частоте вращения вала 850 об/мин. При выходе рейки от 2 до 16 мм снижение подачи в среднем составляет 2%.

Увеличение давления открытия иглы форсунки на 7 МПа при работе по тепловозной характеристике приводит к росту среднего давления впрыска и уменьшению продолжительности подачи топлива. В диапазоне цикловых подач от 0,18 до 0,33 г/цикл среднее давление впрыска увеличивается на 26 – 54%, в диапазоне от 0,33 до 0,47 г/цикл – на 14 – 26%. При $n = 850$ об/мин и $q_{ц} = 0,47$ г/цикл, что соответствует номинальному режиму работы дизеля 10Д100М, уменьшение продолжительности впрыска составляет 3 градуса поворота вала (12%) [8].

5. Экспериментально доказано, что при работе по тепловозной характеристике увеличение давления открытия иглы форсунки на 7 МПа приводит к повышению экономичности дизеля 10Д100М. Снижение удельного эффективного расхода топлива g_e по позициям контроллера машиниста составляет: 1 позиция – 2,1%, 3 – 0,34%, 5 – 0,45%, 7 – 1,11%, 10 – 1,95%, 13 – 1,68%, 15 – 1,88%.

В режиме холостого хода наименьший расход топлива дизелем 10Д100М наблюдается при 10 работающих топливных насосах высокого давления правого ряда (левый ряд насосов отключен).

Научное издание

САМОДУМ Юрий Геннадьевич

**Повышение экономичности тепловозных дизелей 10Д100М
совершенствованием характеристик топливоподачи**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Подписано в печать 3.06.2003 г. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага офсетная № 1.
Усл. печ. л. 1,39. Тираж 100 экз. Зак. № 1130.

Типография БелГУТа, 246022 г. Гомель, ул. Кирова, 34.
Лицензия ЛП № 360 от 26.07.1999 г.

Измерения состава отработавших газов тепловозов 2ТЭ10У с дизелем 10Д100М показали, что увеличение давления открытия иглы форсунки на 7 МПа, отключение в режиме холостого хода десяти топливных насосов левого ряда, замена двухрежимных форсунок левого ряда однорежимными с вытеснителями объема приводит к снижению содержания в отработавших газах вредных веществ. Снижение содержания диоксида азота, оксида углерода и сажи при работе по тепловозной характеристике составляет от 30 до 55%, а на холостом ходу – от 20 до 30% [1,2,5].

6. Проведенные в локомотивном депо Гомель эксплуатационные испытания опытных тепловозов 2ТЭ10У на протяжении 12 месяцев (июнь 1996г. – май 1997г.) показали, что модернизация топливной системы серийных дизелей 10Д100М и дополнительная регулировка на равномерность распределения топлива по цилиндрам в режиме холостого хода приводит к снижению расхода топлива. За время испытаний опытные тепловозы выполнили 13% объема работ серийных тепловозов 2ТЭ10У. При этом расход дизельного топлива на единицу выполненной перевозочной работы у опытных тепловозов по сравнению с серийными уменьшился на 2,9%.

Эксплуатационные испытания также показали, что повышение давления открытия иглы форсунок на 7 МПа не снизило надежность их работы. Среднее падение давления открытия иглы форсунки между ТО-3 для выборки 160 штук составило 0,47 МПа при разбросе 0 – 1,5 МПа. В ходе испытаний было отмечено уменьшение загорания выпускных окон цилиндров, что явилось следствием улучшения процесса сгорания топлива, особенно на режимах холостого хода и малых нагрузок [1,2,6].

Экономический эффект от внедрения предложенных мероприятий составил 13 917 000 руб. (6 780 у.е.) в год на один тепловоз 2ТЭ10У.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

+ 1. Самодум Ю.Г. Влияние изменения параметров топливоподачи дизеля 10Д100М на его экономичность и токсичность // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт / Научно-производственный журнал. – Гомель: БелГУТ, 2002. - № 1 (4). – С. 44 – 47.

+ 2. Гизатуллин Р.К., Сухопаров С.И., Самодум Ю.Г. Повышение экономичности дизеля 10Д100М // Локомотив/ Научно-производственный журнал. – М., 2002. - № 9. – С. 33 – 34.

+ 3. Сухопаров С.И., Дробышевский В.Н., Самодум Ю.Г. Моделирование рабочего процесса дизеля // Совершенствование конструкции, ремонта и обслуживания подвижного состава железных дорог: Сб. науч. ст. / Под ред. В.И. Сенько. – Гомель: БелГУТ, 1998. – С. 80 – 84.

✓ 4. Гизатуллин Р.К., Сухопаров С.И., Самодум Ю.Г. Повышение эксплуатационной экономичности дизелей 10Д100М // Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте: Тр. второй науч.-практ. конф.: В 2 кн. / МИИТ. – М., 1999. – Кн. 1. - С. IV – 2.

+ 5. Гизатуллин Р.К., Сухопаров С.И., Самодум Ю.Г. Моделирование процесса впрыска топлива в дизелях 10Д100 // Актуальные проблемы развития транспортных систем: Тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. / БелГУТ. – Гомель, 1998. – С. 136.

+ 6. Гизатуллин Р.К., Сухопаров С.И., Самодум Ю.Г. Влияние давления распыла топлива на экономичность дизелей 10Д100 // Актуальные проблемы развития транспортных систем: Тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. / БелГУТ. – Гомель, 1998. – С. 135 – 136.

+ 7. Гизатуллин Р.К., Самодум Ю.Г., Телегин С.В. Исследование параметров топливоподачи дизелей 10Д100М // Проблемы безопасности на транспорте/ Тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. / БелГУТ. – Гомель, 2000. – С. 61.

+ 8. Самодум Ю.Г. Влияние увеличения давления затяжки иглы форсунки дизеля 10Д100М на продолжительность подачи и угол опережения впрыска топлива // Проблемы безопасности на транспорте / Матер. Междунар. науч.-практ. конф. / БелГУТ. - Гомель, 2002. – С. 90.

РЕЗЮМЕ

Самодум Юрий Геннадьевич

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ ТЕПЛОВОЗНЫХ ДИЗЕЛЕЙ 10Д100М СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ ХАРАКТЕРИСТИК ТОПЛИВОПОДАЧИ

Ключевые слова: тепловоз, дизель, давление, топливная аппаратура, модель, методика, форсунка, топливный насос, испытание, игла форсунки, плунжер, холостой ход, характеристика, экономичность.

Объектом исследований является топливная аппаратура дизелей 10Д100М тепловозов серии 2ТЭ10У(М), предметом – характеристики топливоподачи.

Цель работы – повышение экономичности дизелей 10Д100М совершенствованием характеристик топливоподачи.

Для теоретического исследования характеристик топливоподачи и их влияния на рабочий процесс дизеля использован метод математического моделирования на ЭВМ. Экспериментальные исследования выполнены на универсальном стенде для испытаний топливной аппаратуры тепловозных дизелей. Дизельные испытания проведены на пункте реостатных испытаний тепловозов. Эксплуатационные испытания тепловозов серии 2ТЭ10У проведены в локомотивном депо Гомель.

Научная новизна работы состоит в том, что:

– усовершенствованы методика и математическая модель рабочего процесса дизеля 10Д100, что позволяет учитывать изменение энергии активации для каждой элементарной доли топлива, подаваемой в цилиндр на каждом расчетном шаге в зависимости от диаметра капель топлива и выполнять расчеты показателей рабочего процесса дизеля 10Д100М с учетом закона подачи и тонкости распыла топлива.

– выбран рациональный способ повышения давления впрыска топлива и обосновано количество топливных насосов высокого давления, включаемых в работу на холостом ходу. Это привело к стабилизации процесса впрыска и снижению неравномерности подачи топлива по цилиндрам на холостом ходу, а также повышению экономичности дизеля и уменьшению содержания загрязняющих веществ в отработавших газах дизеля на всех режимах работы

Результаты исследований реализованы в локомотивных депо Гомель и Жлобин Белорусской железной дороги, имеющих в составе приписного парка тепловозы серии 2ТЭ10У с дизелями 10Д100М.

РЭЗЮМЭ

Самадум Юрый Генадзьевіч

ПАВЫШЭННЕ ЭКАНАМІЧНАСЦІ ЦЕПЛАВОЗНЫХ ДЫЗЕЛЯЎ 10Д100М УДАСКАНАЛЬВАННЕМ ХАРАКТАРЫСТЫК ПАЛІВАПАДАЧЫ

Ключавыя словы: цеплавоз, дызель, ціск, паліўная апаратура, мадэль, методыка, фарсунка, паліўны насос, выпрабаванне, іголка фарсункі, плдунжэр, халасты ход, характарыстыка, эканамічнасць.

Аб'ётам даследавання з'яўляецца паліўная апаратура дызеляў 10Д100М цеплавозаў серыі 2ТЭ10У(М), прадметам – характарыстыкі палівападачы.

Мэта працы – павышэнне эканамічнасці дызеляў 10Д100М удасканальваннем характарыстык палівападачы.

Для тэарэтычнага даследавання характарыстык палівападачы і іх уплыву на рабочы працэс дызеля выкарыстаны метады матэматычнага мадэліравання на ЭВМ. Эксперыментальныя даследаванні выкананы на універсальным стэндзе для выпрабавання паліўнай апаратуры цеплавозных дызеляў. Дызельныя выпрабаванні праведзены на пункце рэастатных выпрабаванняў цеплавозаў. Эксплуатацыйныя выпрабаванні цеплавозаў серыі 2ТЭ10У праведзены ў лакаматыўным дэпо Гомель.

Навуковая навізна работы ў тым, што:

– удасканалены методыка і матэматычная мадэль рабочага працэсу дызеля 10Д100, што дазваляе ўлічваць змяненне энергіі актывацыі для кожнай элементарнай часткі паліва, якая падаецца ў цыліндр на кожным разліковым кроку ў залежнасці ад дыяметра кропель паліва і выконваць разлікі паказчыкаў рабочага працэсу дызеля 10Д100М з улікам закону падачы і тонкасці распылу паліва;

– выбраны рацыянальны спосаб павышэння ціску ўпрысківання паліва і абаснавана колькасць паліўных помпаў высокага ціску, уключаемых у работу на халастым хаду. Гэта прывяло да стабілізацыі працэсу ўпрысківання і зніжэння наяўнасці забруджваючых рэчываў у атработаных газах дызеля на ўсіх рэжымах работы.

Вынікі даследаванняў рэалізаваны ў лакаматыўных дэпо Гомель і Жлобін Беларускай чыгункі, маючых у складзе прыпіснага парка цеплавозы серыі 2ТЭ10У з дызелямі 10Д100М.

SUMMARY

Yuri Samodum

INCREASING THE ECONOMICAL OPERATION OF THE DIESEL LOCOMOTIVE DIESEL ENGINES 10D100M BY MEANS OF IMPROVING THE FUEL SUPPLY CHARACTERISTICS

Key words: diesel locomotive, pressure, fuel equipment, model, methods, injector (nozzle), fuel pump, test, injector needle, plunger, idle running, characteristic, economical operation.

The object of the investigation is the diesel fuel equipment 10Д100М of the diesel locomotives of 2ТЭ10У(М) type. The subject of the investigation is the fuel supply characteristics. The method of mathematical simulation (modeling) with the computer was used for the theoretical investigation of the fuel supply characteristics and their influence on the diesel-working stroke. Experimental investigations were made on the universal stand for fuel equipment tests of the diesel locomotive diesels. Diesel tests were carried out in the place of diesel locomotive rheostat tests. The operational tests of the diesel locomotive with 2ТЭ10У series were made in the Gomel locomotive depot.

The scientific newness of the work is as follows:

– the methods and the mathematical simulation of the diesel 10Д100 working process have been improved and it allows to take account of the energy activation change for each elementary fuel share, which is given to the cylinder in each calculation step depending on the diameter of the fuel drops and perform the calculations on the diesel working process values (indications) taking into account the law of the supply and the fineness of the fuel sprain;

– the rational (efficient) means of increasing the pressure of the fuel injection has been chosen, and the amount of the high pressure fuel pumps, included into operation while on idle running has been grounded. It led to the injection process stabilization and reducing the irregularity of fuel supply into the cylinders while idle running, and also increasing the economical operation of the diesel and decreasing the quantity of the contaminating substances in the diesel exhaust gas in all modes of operation.

The results of investigations are implemented in the locomotive depot of Gomel and Zhlobin, Belarussian Railways having diesel locomotives of 2ТЭ10У series with diesel 10Д100 М in their attached stock.

