

На правах рукописи

УСТИНОВ МИХАИЛ ЮРЬЕВИЧ

**МОДЕРНИЗАЦИЯ СТЕНДОВ
ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ТОПЛИВНЫХ НАСОСОВ
ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДИЗЕЛЕЙ**

Специальность: 05.20.03 – Технологии и средства технического
обслуживания в сельском хозяйстве

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 2013

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина»

- Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент
Корнеев Виктор Михайлович
- Официальные оппоненты: Казанцев Сергей Павлович
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина», факультет технического сервиса в АПК, декан
- Мылов Алексей Алексеевич
кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВПО «Московский государственный индустриальный университет», кафедра «Автомобили и двигатели», доцент
- Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный аграрный заочный университет»

Защита состоится 13 мая 2013 года в 15.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.044.01 при ФГБОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина» по адресу: 127550, Москва, ул. Лиственничная аллея, д. 16а, корпус 3, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина»

Автореферат разослан « » _____ 2013 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета

А. С. Дорохов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Энергетические, экономические и экологические показатели работы дизелей (мощность, расход топлива в расчете на единицу наработки, величина механических и тепловых нагрузок, надежность и токсичность) в основном зависят от технического состояния топливной аппаратуры. Важнейшим элементом системы топливоподачи в дизеле является топливный насос, обеспечивающий управление процессом топливоподачи, т. е. управление цикловой подачей топлива, углом начала нагнетания (впрыскивания) топлива насосом, законом подачи топлива.

Эксплуатационные значения технико-экономических и экологических показателей дизелей в зависимости от их наработки существенно ухудшаются. Это объясняется, в первую очередь, изменением технического состояния элементов топливных насосов. Таким образом, возникает проблема в своевременном и качественном корректировании параметров процесса топливоподачи с помощью ремонтно-обслуживающих воздействий.

В практике восстановление работоспособности топливной аппаратуры возможно при наличии на сервисных предприятиях соответствующей номенклатуры оборудования. Однако при этом необходимо отметить, что существующие на ремонтно-обслуживающих предприятиях технологии и средства испытания и контроля параметров топливоподачи не в полной мере учитывают тенденцию развития систем топливной аппаратуры дизелей и не отвечают требованиям научно-технического прогресса. Не в полной мере используются возможности получения объективной информации о контролируемых параметрах при стендовых испытаниях топливных насосов высокого давления с целью повышения качества регулирования и эффективности работы топливной аппаратуры. Все эти обстоятельства обуславливают поиски повышения качества технического сервиса топливной аппаратуры. Резервом совершенствования методов и средств контроля параметров топливоподачи при испытаниях топливных насосов является модернизация стендов для их испытания и регулирования.

Из выше изложенного следует, что обеспечение высокой точности и достоверности контролируемых параметров при испытании насосов высокого давления дизелей на сервисных предприятиях является актуальной ресурсосберегающей проблемой, имеющей научную и практическую значимость.

Цель исследования. Повысить метрологические характеристики испытательных стендов путем их модернизации в целях обеспечения качества контроля параметров топливоподачи.

Объект исследования. Качественные показатели, характеризующие процесс испытания топливных насосов на безмоторных стендах.

Предмет исследования. Методы и средства испытания топливных насосов высокого давления дизелей.

Методы исследования. Методологической основой исследования являются системный анализ, теории управления техническим состоянием машин и принятия решений, система технического обслуживания и ремонта машин, научные основы проектирования средств технологического оснащения. Экспери-

ментальные исследования проведены с применением теории планирования экспериментов, теории вероятности и математической статистики, с использованием современных приборов и оборудования.

Научная новизна исследования заключается в обосновании комплексного подхода в решении проблемы повышения технического уровня стендов для испытания топливных насосов высокого давления и эффективности контроля параметров топливоподачи, что подтверждается:

- установлением зависимостей влияния конструктивных элементов и систем испытательных стендов на точность измерения параметров топливоподачи;
- разработкой математической модели качественной оценки параметров топливоподачи при стендовых испытаниях насосов высокого давления;
- обоснованием технических решений измерительных систем и привода модернизированного стенда.

Обоснованность и достоверность результатов исследования подтверждается результатами сравнительных испытаний на базовом и модернизированном стендах; конструкцией модернизированного стенда, прошедшего производственные испытания; патентом на полезную модель №109506 на устройство для определения параметров процесса топливоподачи дизельной топливной аппаратуры.

Практическую значимость результатов исследования составляют:

- информационно-измерительный комплекс для контроля параметров топливоподачи при стендовых испытаниях топливных насосов высокого давления;
- усовершенствованная конструкция модернизированного испытательного стенда, обеспечивающего повышение точности измерения контролируемых параметров.

Реализация результатов исследования. Опытный образец модернизированного стенда внедрен в производство в ЗАО ПО «Стендовое оборудование» (г. Москва). Результаты диссертации реализованы в разработке совместно с инженерно-техническим центром ЗАО ПО «Стендовое оборудование» технического задания на проектирование автоматизированной системы измерения цикловой подачи топлива. Материалы исследований используются в учебном процессе ФГБОУ ВПО МГАУ при подготовке кадров по специальности 110304 «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК».

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на научно-практических конференциях: «Агротехинновации в АПК» (г. Москва, 24-26 октября 2006 г.), «Перспективы организации и технологии ремонта техники в АПК» (г. Балашиха, 2-4 апреля 2007 г.), «Инновации в области земледельческой механики» (г. Москва, 12-13 февраля 2008 г.), «Научные проблемы развития автомобильного транспорта» (г. Москва, 2-4 апреля 2008 г.), «Научные проблемы развития ремонта, технического обслуживания машин, восстановления и упрочнения деталей» (г. Москва, 7-8 октября 2008 г.), «Инновации в образовании и науке» (г. Москва, 29-30 января 2009 г.), «Интеграция науки, образования и производства в области агроинженерии» (г. Москва, 7-8 октября 2010 г.), «Научные проблемы эффективного использования тягово-транспортных средств в сель-

ском хозяйстве» (г. Москва, 12-13 мая 2011 г.), «Инновационные проекты в области агроинженерии» (г. Москва, 6-7 октября 2011 г.).

Публикации. Основные научные результаты, изложенные в диссертации, опубликованы в 6 работах, в том числе: 3 публикациях в изданиях, рекомендованных ВАК.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- классификация факторов, влияющих на точность измерения параметров топливоподачи при стендовых испытаниях насосов высокого давления дизелей;
- методы и средства контроля показателей топливоподачи;
- конструкция модернизированного стенда для испытания и регулирования топливных насосов высокого давления.

Структура и объем диссертации. Диссертация включает введение, пять глав, общие выводы, список использованных источников из 97 наименований и приложения на 10 страницах. Изложена на 132 страницах машинописного текста, поясняется 34 рисунками и 22 таблицами.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность и дана общая характеристика проблемы. Показаны научная новизна, практическая значимость результатов исследований и сформулированы основные положения диссертации, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ изменения регулировочных параметров топливных насосов высокого давления при эксплуатации и их влияния на показатели работы дизелей. Установлено, что в процессе эксплуатации сельскохозяйственной техники ухудшение параметров топливных насосов, влияющих на мощностные, экономические и экологические показатели работы дизелей, происходит вследствие износа прецизионных деталей (плунжерные пары, нагнетательные клапаны) и износа подвижных деталей в механизме управления регулятором и элементах насоса, приводящих к отклонению регулировочных параметров от значений, регламентированных нормативной документацией.

Значительный вклад в развитие теоретических и практических исследований в области ремонта и технического обслуживания дизельной топливной аппаратуры внесли ученые С. С. Черепанов, В. И. Черноиванов, М. Н. Ерохин, А. И. Селиванов, С. П. Казанцев, Н. Ф. Тельнов, К. А. Ачкасов, Б. Н. Фанлейб, П. М. Кривенко, Д. И. Петровский, И. М. Федосов, Б. М. Загородских, А. А. Мылов и другие. На основе их трудов в системе технического сервиса агропромышленного комплекса созданы и развиваются научно-методические основы обеспечения работоспособности дизельной топливной аппаратуры.

Повышение качества технического сервиса топливной аппаратуры непосредственно связано с совершенствованием методов и средств контроля параметров топливоподачи при стендовых испытаниях. Решению этих вопросов посвящены труды ученых В. М. Михлина, А. В. Николаенко, Н. С. Ждановского, Р. М. Баширова, И. И. Габитова, А. В. Неговоры, Б. П. Загородских, С. Н. Девянина, В. А. Маркова, В. А. Чечета, В. М. Корнеева и ряда других.

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что на сервисных предприятиях используется большое количество морально и физически изношенных испытательных стендов, технические возможности которых не учитывают тенденцию развития систем топливоподачи дизелей и не обеспечивают объективную оценку контролируемых параметров топливных насосов при их стендовых испытаниях.

Одним из эффективных способов повышения метрологических показателей стендов, находящихся в эксплуатации, является их модернизация на базе достижений научно-технического прогресса.

Для решения обозначенной цели сформулированы задачи исследования:

- установить закономерность влияния конструктивных элементов безмоторных стендов на точность измерения параметров топливоподачи при испытании насосов высокого давления;
- исследовать влияние методов и средств контроля параметров топливоподачи на погрешность их измерения при стендовых испытаниях;
- модернизировать стенд для испытания и регулирования топливных насосов дизелей и экспериментально оценить его технико-эксплуатационные показатели;
- определить экономическую эффективность внедрения модернизированного контрольно-регулирующего стенда в ремонтно-обслуживающее производство.

Во второй главе изложены теоретические основы повышения метрологических характеристик стендов для испытания и регулирования топливных насосов высокого давления при их модернизации.

Методологией модернизации испытательных стендов являются результаты исследования влияния их конструктивных и эксплуатационных факторов на точность измерения контролируемых параметров насосов. Установлено, что при испытании топливных насосов на безмоторных стендах на точность измерения контролируемых параметров оказывают влияние погрешности, вносимые несовершенством конструкции измерительной аппаратуры, характер и условия эксплуатации стендов и квалификация оператора.

В находящихся в эксплуатации отечественных испытательных стендах измерение цикловой подачи топлива у испытуемых ТНВД производится с помощью мензурок с градуированной шкалой. При мензурочном способе измерения цикловой подачи топлива производится налив топлива одновременно от всех секций в измерительные мензурки в течение заданного количества циклов при срабатывании электромагнитного клапана, а затем визуальным считыванием уровня по шкале мензурки определяется цикловая подача.

Средняя цикловая подача топлива ($q_{ц}$) при объемном методе измерения рассчитывается по формуле:

$$q_{ц} = \frac{\sum V}{Z \cdot i} 10^3, (\text{мм}^3/\text{цикл}) \quad (1)$$

где $\sum V$ - суммарный объем топлива, поступающего в мерные емкости за i -ое число циклов, см^3 ; Z - число линий высокого давления; i - число циклов, за

которое осуществлена подача топлива в j -ю мерную емкость; 10^3 – коэффициент перевода см^3 в мм^3 .

При испытании и регулировании ТНВД на испытательных стендах цикловую подачу топлива для одной секции можно определить по формуле:

$$q_{ци} = \frac{V_j}{i}, \quad (2)$$

где V_j - объем топлива, поступающего в j -ю мерную емкость, при измерении, см^3 .

Если учесть степень наполнения мерной емкости, то формула (2) примет следующий вид:

$$q_{ци} = \eta \frac{V}{i}, \quad (3)$$

где V - номинальная вместимость мерной емкости, мл; η - коэффициент наполнения мерной емкости.

Коэффициент наполнения мерной емкости определяется из выражения:

$$\eta = \frac{V_j}{V}. \quad (4)$$

При $\eta = 1$ максимальный и минимальный объемы топлива в мерных емкостях определяются по формулам:

$$V_{\max} = V + \Delta V \quad (5)$$

$$V_{\min} = V - \Delta V, \quad (6)$$

где $\pm \Delta V$ - изменение объема топлива в мерных емкостях, связанное с погрешностями измерения.

Изменение объема, в основном, вызвано относительной погрешностью (δ), представляющей в виде суммы систематической и случайной составляющих:

$$\delta = \Delta_{\text{сис.}} + \Delta_{\text{случ.}}, \quad (7)$$

где $\Delta_{\text{сис.}}$ - систематическая температурная погрешность; $\Delta_{\text{случ.}}$ - случайная погрешность.

Суммарная случайная погрешность мензурочной измерительной системы:

$$\sum \Delta_{\text{случ.}} = \delta_{\text{сл}}^2 + \delta_{\text{ос}}^2 + \delta_{\text{шк}}^2 + \delta_{\text{гр}}^2 + \delta_{\text{ц}}^2 + \delta_0^2, \quad (8)$$

где $\delta_{\text{сл}}, \delta_{\text{ос}}, \delta_{\text{шк}}, \delta_{\text{гр}}, \delta_{\text{ц}}, \delta_0$ - соответственно погрешности слива топлива, осаждения топлива, шкальная (погрешность визуального считывания уровня топлива), градуировки мерных емкостей, счетчика циклов, другого характера.

Погрешность, вносимая температурными изменениями геометрических размеров измерительной мензурки (ΔV_T), определяется по формуле:

$$\Delta V_{\delta} = V_{\text{изм}} \times \beta \times \Delta t, \quad (9)$$

где $V_{\text{изм}}$ - объем топлива, поступающего в измерительную мензурку при испытаниях насосов; β - коэффициент объемного расширения материала мензурки ($\beta = 3\alpha$, где α - коэффициент линейного расширения стекла $\alpha = 1 \times 10^{-5}$ град $^{-1}$); Δt - разность температур при тарировке измерительной мензурки в режиме измерения.

Учитывая, что температура измерительной мензурки равна температуре топлива, сливаемого из нее и, что температура топлива на сливе из мензурок превышает температуру на входе в насос на 15-20°C принимаем значение $\Delta t=30^\circ\text{C}$. В этом случае выражение 9 примет следующий вид:

$$\Delta V_{\delta} = 30 \times 3 \times 10^{-5} \times V_{\text{эци}} = 9 \times 10^{-4} \times V_{\text{эци}} . \quad (10)$$

Погрешность тарировки измерительных мензурок в первом приближении принимаем равной одному делению шкалы, то есть $\Delta T_{\text{тар}} = 1,0 \text{ см}^3$.

Остаток топлива на стенках измерительных мензурок удовлетворительно описывается эмпирической зависимостью следующего вида:

$$\Delta V_{\text{ст}} = 3/T_{\text{ст}} , \quad (11)$$

где $T_{\text{ст}}$ – время слива топлива из измерительных мензурок, с.

Относительная погрешность (δ) равна абсолютной (Δ), отнесенной к измеряемой величине, а измеряемая величина ($V_{\text{изм}}$) в нашем случае одна и та же, равная:

$$V_{\text{эци}} = g_{\text{н}} \times z_{\delta} \times 10^{-3} , \quad (12)$$

где $g_{\text{ном}}$ – номинальная цикловая подача испытываемого насоса, $\text{мм}^3/\text{цикл}$.

Таким образом, с учетом выражения 12 формула для определения погрешности измерения цикловой подачи топлива представляется в следующем виде:

$$\delta_v = \frac{\sqrt{\Delta V_{\text{н}}^2 + \Delta V_{\text{i}}^2 + \Delta V_{\delta}^2 + \Delta V_{\text{сб}}^2 + \Delta V_{\text{дад}}^2}}{g_{\text{н}} \times Z_p \times 10^3} . \quad (13)$$

Важным конструктивным элементом испытательных стендов является привод. Привод стенда должен обеспечивать плавное (бесступенчатое) изменение частоты вращения приводного вала в диапазоне 50-3000 (4000) мин^{-1} и поддержание заданной частоты вращения приводного вала на различных нагрузочных режимах. Оптимальным приводом для контрольно-регулируемого стенда является электрический асинхронный двигатель.

Одним из основных показателей электропривода, является диапазон регулирования.

Диапазон регулирования (D) равен отношению максимальной скорости к минимальной, которые определяются по среднему моменту из заданных минимального и максимального его значений:

$$M_{\text{ср}} = \frac{M_{\text{макс}} - M_{\text{мин}}}{2} ; \quad (14)$$

$$D = \frac{\omega_{\text{макс}}}{\omega_{\text{мин}}} = \frac{\omega_a}{\omega_0} . \quad (15)$$

Из сравнения выражений (14) и (15) следует:

$$\omega_{\text{макс}} = \omega_0 - \frac{M_{\text{макс}} + M_{\text{мин}}}{2\beta} ; \quad (16)$$

$$\omega_{\text{мин}} = \frac{M_{\text{макс}} - M_{\text{мин}}}{2\beta} . \quad (17)$$

Подставляя эти значения в уравнение (15), получим:

$$D = \frac{2\beta\omega_i - \dot{I}_{\text{iaen}} - \dot{I}_{\text{ier}}}{\dot{I}_{\text{iaen}} - \dot{I}_{\text{ier}}}. \quad (18)$$

Из выражения (18) следует, что диапазон регулирования зависит от жесткости механических характеристик привода: чем больше жесткость, тем больше диапазон регулирования.

Вторым важным показателем привода является точность регулирования скорости. Статическая ошибка $\Delta\omega_c$ характеризует реакцию электропривода на приложение (снятие) нагрузки:

$$\Delta\omega_c = M_c / \beta. \quad (19)$$

Относительная величина ошибки находится как отношение абсолютной ошибки к заданной скорости:

$$\Delta_c = \Delta\omega_c / \omega_{\text{зад}}. \quad (20)$$

Из уравнений (19) и (20) следует, что величина статической ошибки, связанной с возмущением по нагрузке, обратно пропорциональна жесткости механических характеристик: чем больше жесткость, тем меньше статическая ошибка.

Нижнее значение скорости $\omega_{\text{мин}}$ заданного диапазона регулирования скорости может ограничиваться также требуемой точностью регулирования. Поэтому условие выполнения заданной точности будет:

$$\Delta_c = \frac{\Delta\omega}{\omega_{\text{мин}}} \leq \Delta_{\text{доп}}. \quad (21)$$

Учитывая, что:

$$\Delta\omega = \frac{M_{\text{макс}} - M_{\text{мин}}}{2\beta}, \quad (22)$$

получим:

$$\omega_{\text{ier}} = \frac{\dot{I}_{\text{iaen}} - \dot{I}_{\text{ier}}}{2\beta \times \Delta_{\text{aи}}}. \quad (23)$$

Тогда диапазон регулирования скорости из условия обеспечения заданной точности будет:

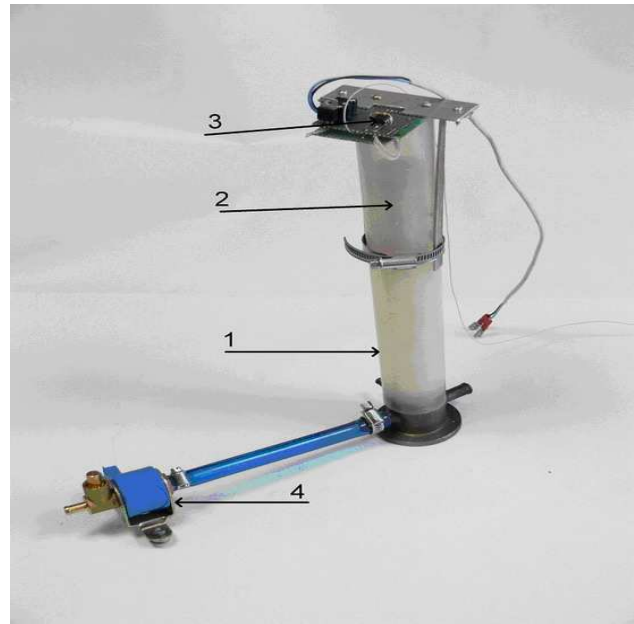
$$D = \frac{\omega_{\text{iaen}}}{\omega_{\text{ier}}} = \frac{\Delta_{\text{aи}} (2\beta\omega_i - \dot{I}_{\text{iaen}} - \dot{I}_{\text{ier}})}{\dot{I}_{\text{iaen}} - \dot{I}_{\text{ier}}}. \quad (24)$$

В целях обеспечения стабильности поддержания частоты вращения необходимо непосредственно на приводном валу электродвигателя устанавливать маховик с инерцией 1 кгм^2 , который должен поглощать ударные нагрузки.

В третьей главе изложена программа и частные методики с описанием объектов исследования (рисунок 1 и 2) и аппаратуры для испытаний.



1 – электронная мензурка; 2 – электромагнитный клапан; 3 – роliko-лопастной расходомер
 Рисунок 1 – Устройство измерения цикловой подачи топлива



1 – мерная емкость; 2 – поплавок; 3 – прецизионный датчик усилия; 4 – электромагнитный клапан
 Рисунок 2 – Экспериментальный электронный модуль измерения цикловой подачи топлива

Программа исследований включала:

- лабораторные исследования (безмоторные испытания) влияния мензурочной измерительной системы и системы топливоподачи на погрешность измерения производительности секций топливных насосов высокого давления при их испытании на контрольных стендах; методов определения фазовых параметров впрыскивания топлива, применяемых на контрольных стендах; влияния динамических качеств привода стенда на точность измерения параметров топливоподачи;

- производственные испытания модернизированного стенда с целью проверки его эффективности, проведение сравнительных экспериментов на модернизированном и существующем стендах для испытания ТНВД.

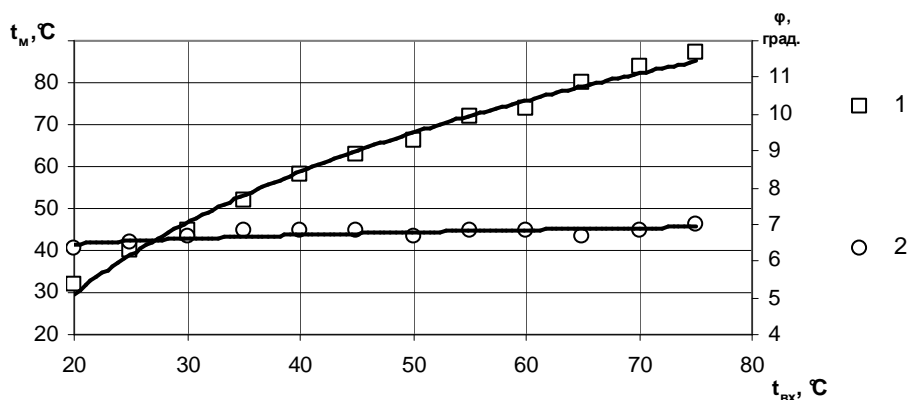
В четвертой главе описаны результаты исследований и проведен их анализ, представлены результаты сравнительных лабораторных и стендовых испытаний.

Исследования влияния температуры топлива, подаваемого в головку испытуемого ТНВД на его основные параметры – цикловую подачу топлива, неравномерность подачи топлива по насосным секциям, угол начала впрыскивания топлива (рисунок 3 и 4) показали, что повышение температуры топлива в мерных мензурках измерительной системы испытательного стенда на каждые 10°C изменяет объем цикловой подачи топлива на 1%.

Возрастание температуры с 18°C до 77°C увеличило неравномерность подачи топлива примерно на 2,5%.

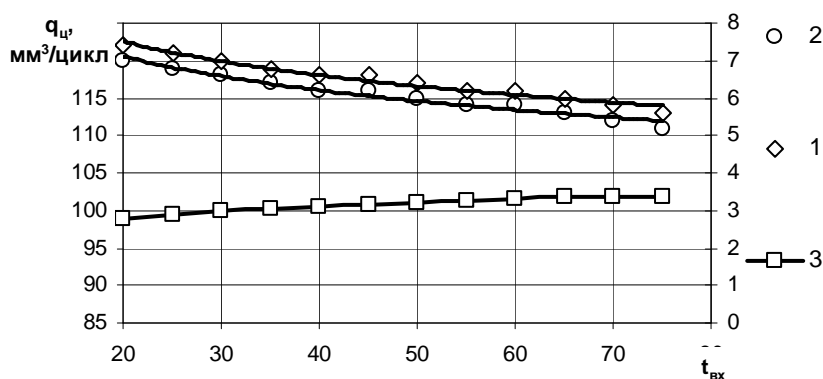
Установлено, что угол опережения начала впрыскивания топлива увеличился на 0,5° по всему диапазону изменения температуры топлива.

На номинальном скоростном режиме при повышении температуры топлива на входе в головку испытуемого насоса с 18 до 75°C цикловая подача топлива уменьшилась с 122,5 до 111 мм³/цикл, т.е. на 10,6%. Из анализа зависимости 1 (рисунок 4) следует, что по всему диапазону изменения температуры уменьшение цикловой подачи топлива составило 13,5%. По зависимости 1 на температурном режиме 40°C неточность поддержания температуры топлива в пределах ±2°C повлекло неточность измерения цикловой подачи топлива на ±0,4 мм³/цикл, что составляет ±0,35%. Разница между экспериментальными и расчетными значениями цикловой подачи топлива на номинальном скоростном режиме составила 5%.



1 – зависимость $t_m=f(t_{вх})$ при $n=2200 \text{ мин}^{-1}$; 2 – зависимость $\varphi=f(t_{вх})$ при $n=1050 \text{ мин}^{-1}$

Рисунок 3 – Зависимости изменения температуры топлива в мензурках испытательного стенда (t_m) и угла начала впрыскивания топлива (φ) от температуры топлива на входе в головку испытуемого насоса ($t_{вх}$)



1, 2 – соответственно расчетная и экспериментальная зависимости изменения цикловой подачи топлива; 3 – межцикловая неравномерность топливоподачи

Рисунок 4 – Зависимость изменения средней цикловой подачи топлива ($q_{ц}$) и неравномерности цикловой подачи (δ) от температуры топлива на входе в головку испытуемого насоса ($t_{вх}$) при $n=2200 \text{ мин}^{-1}$

По результатам экспериментальных исследований установлено влияние на точность измерения цикловой подачи топлива погрешностей, вносимых конструкцией мензурочной измерительной системы (рисунок 5).

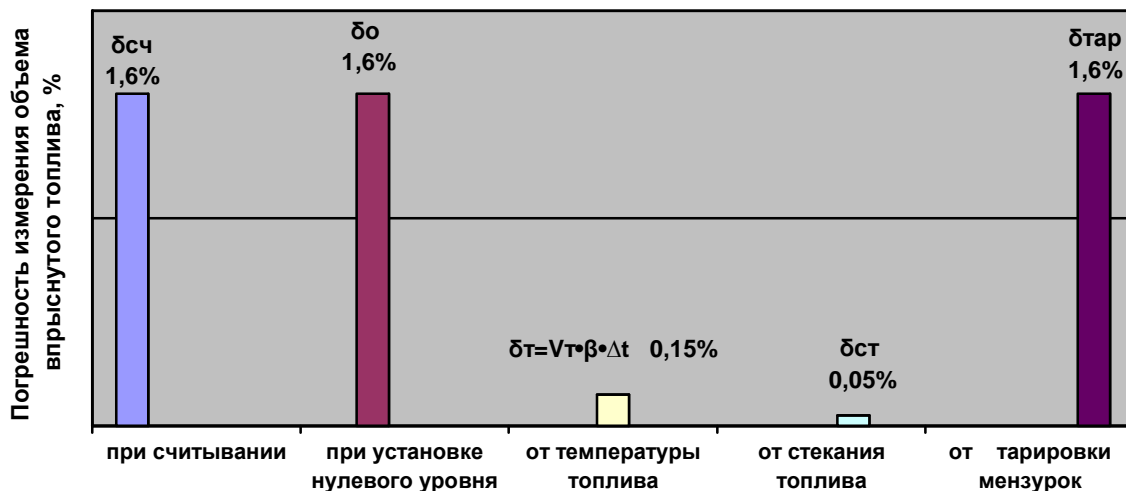


Рисунок 5 – Среднестатистическое распределение погрешности измерения объема впрыснутого топлива

Погрешность измерения производительности ТНВД зависит от конструкции и точности изготовления мерных цилиндров.

Величина суммарной погрешности мерных цилиндров изменяется в зависимости от их объема. Для мерных цилиндров, которыми укомплектованы отечественные стенды, зависимость относительной погрешности измерения от их объемов показана на рисунке 6.

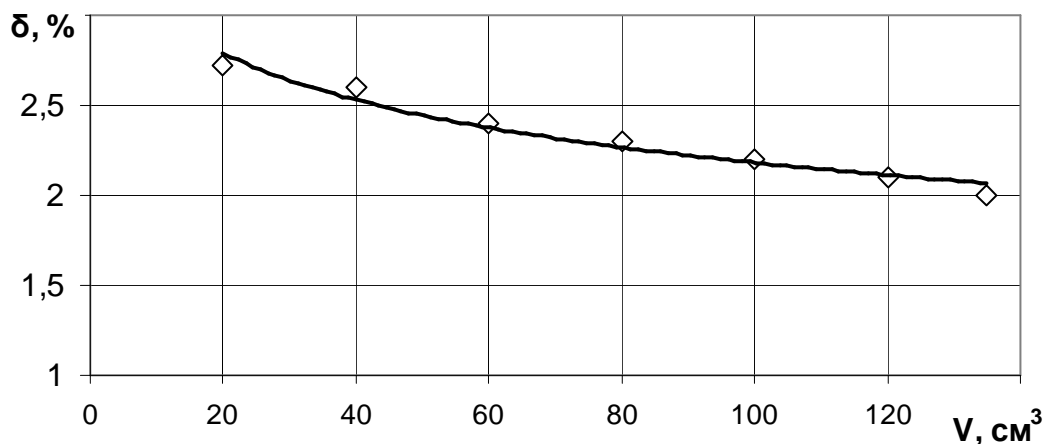


Рисунок 6 – Зависимость относительной погрешности измерений от объема мерного цилиндра

На точность измерения цикловой подачи топлива при испытании ТНВД на стендах оказывают влияние погрешности слива топлива из мерных цилиндров и осаждения топлива при заполнении мерных цилиндров. Зависимости величины абсолютной ошибки слива и осаждения топлива от величины заполнения мерных цилиндров приведены в таблицах 1 и 2.

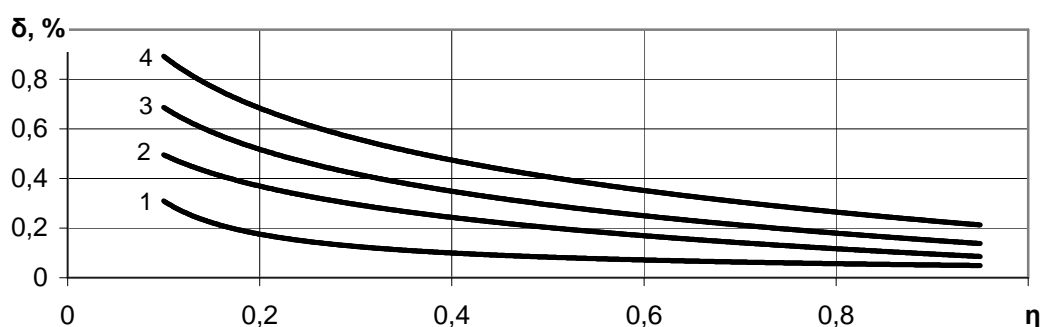
Таблица 1 – Значения абсолютной погрешности слива топлива из мерных цилиндров

Величина заполнения емкости, см ³	Ошибка слива, см ³	Величина заполнения емкости, см ³	Ошибка слива, см ³	Величина заполнения емкости, см ³	Ошибка слива, см ³
10	0,10	60	0,35	110	0,60
20	0,15	70	0,40	120	0,65
30	0,20	80	0,45	130	0,70
40	0,25	90	0,50	135	0,75
50	0,30	100	0,55		

Таблица 2 – Значения абсолютной погрешности осаждения при заполнении мерных цилиндров топливом

Величина заполнения емкости, см ³	10...40	41...80	81...135
Ошибка осаждения, см ³	0,20	0,15	0,10

Две погрешности (вносимые оператором станда и счетчиком циклов) напрямую зависят от объема мерного цилиндра и от степени его наполнения (рисунок 7), а также от числа циклов (рисунок 8).



1 – цилиндр объемом 20 см³; 2 – цилиндр объемом 40 см³; 3 – цилиндр объемом 100 см³; 4 – цилиндр объемом 135 см³

Рисунок 7 – Зависимость относительной погрешности, вносимой оператором, от коэффициента наполнения с учетом объема мерного цилиндра

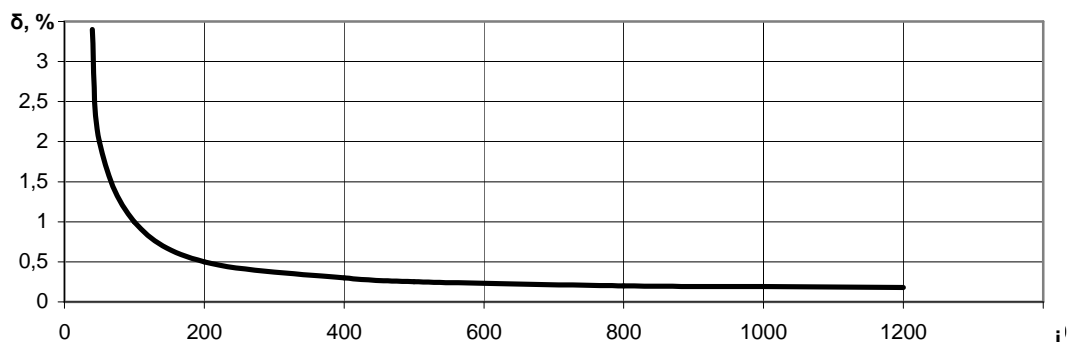


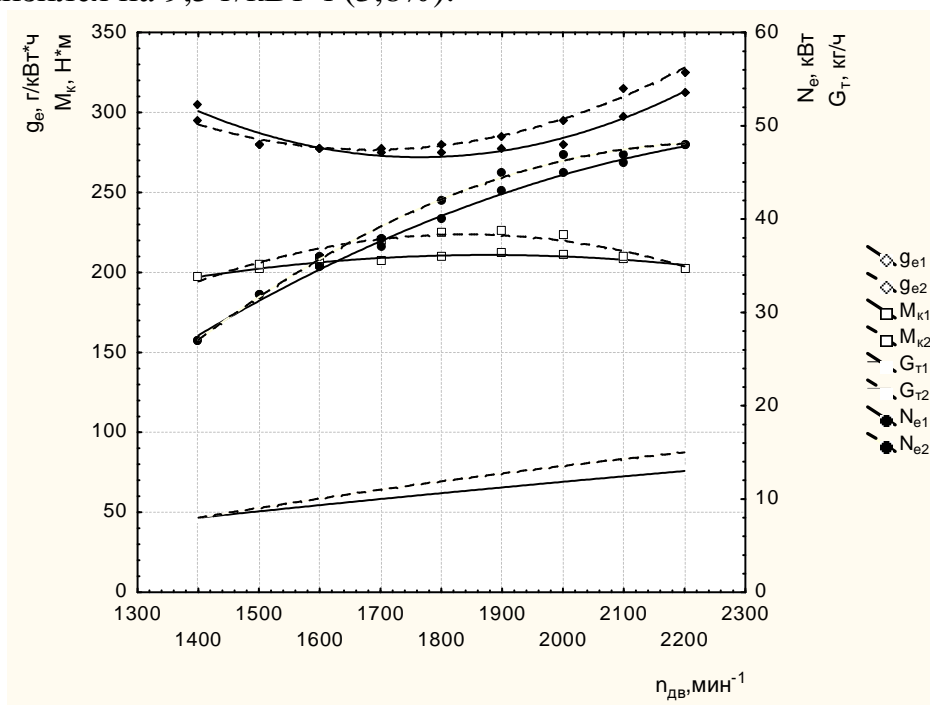
Рисунок 8 – Зависимость относительной погрешности измерений от числа циклов

Как видно из представленных на рисунках 7 и 8 зависимостей, относительная погрешность измерения цикловой подачи топлива увеличивается по мере

уменьшения коэффициента наполнения мерных цилиндров и уменьшается с повышением числа циклов.

На основании полученных результатов исследований в целях повышения точности измерения контролируемых показателей топливоподачи испытуемых ТНВД была проведена модернизация стенда КИ-15711 с введением электронного блока измерения цикловой подачи топлива и частотно-регулируемого асинхронного электропривода с обратной связью по скорости и преобразователем частоты вращения.

Стендовые испытания двигателя Д-245, укомплектованного топливным насосом, отрегулированным на модернизированном стенде показали улучшение технико-экономических показателей работы дизеля (рисунок 9): эксплуатационная мощность повысилась на 4 кВт (8,5%), а удельный эффективный расход топлива снизился на 9,5 г/кВт·ч (3,8%).



N_{e1} , G_{T1} , g_{e1} , M_{k1} – соответственно мощность, часовой расход топлива, удельный эффективный расход топлива, крутящий момент дизеля при комплектовании топливным насосом, отрегулированным на модернизированном стенде; N_{e2} , G_{T2} , g_{e2} , M_{k2} – соответственно мощность, часовой расход топлива, удельный эффективный расход топлива, крутящий момент дизеля при комплектовании топливным насосом, отрегулированным на базовом стенде

Рисунок 9 – Сравнительная скоростная характеристика двигателя Д-245 при комплектовании насосом, отрегулированным на модернизированном (1) и базовом (2) стендах

В пятом разделе приведены результаты расчета экономического эффекта от внедрения модернизированного стенда. В результате внедрения установлено, что использование модернизированного стенда обеспечило сокращение расхода топлива на 4% за счет повышения точности регулирования и повышения производительности труда. Общий годовой экономический эффект на один трактор составил 14254 рубля.

Общие выводы

1. Техничко-экономические показатели работы дизеля в основном определяются параметрами процесса топливоподачи: величиной цикловой подачи топлива, межсекционной неравномерностью топливоподачи, углом начала впрыскивания топлива, идентичностью пропускной способности стендовых форсунок и топливопроводов высокого давления. Эти параметры формируют характеристику впрыскивания, т.е. количество топлива, впрыснутого за один градус поворота кулачкового вала насоса.

2. В процессе эксплуатации дизелей, вследствие механических и физико-химических воздействий, параметры процесса топливоподачи, управляемые топливным насосом, выходят за пределы регламентированных значений, приводя к повышенному расходу топлива, потере мощности и увеличению токсичности отработавших газов. На практике для измерения и регулирования параметров топливных насосов высокого давления используются безмоторные испытательные стенды.

3. Установлено, что при испытании топливных насосов дизелей на безмоторных стендах на объективность оценки контролируемых параметров оказывают влияние управляемые входные и выходные конструкционные факторы. К входным факторам относится привод стенда и система топливоподачи, а к выходным – системы измерения цикловой подачи топлива и фазовых параметров.

4. Теоретически обосновано влияние на точность измерения контролируемых параметров топливных насосов погрешностей, вносимых конструктивными элементами испытательных стендов: слива и осаждения топлива, градуировки мерных емкостей, визуального считывания уровня топлива, температуры топлива, счетчика циклов, нестабильности частоты вращения привода стенда.

5. Получены аналитические зависимости определения диапазона регулирования скорости вращения приводного вала стенда и стабильности поддержания частоты его вращения.

6. Экспериментально определено влияние температуры топлива в системе топливоподачи испытательного стенда на контролируемые параметры топливного насоса. Установлено, что при изменении температуры на каждые 2°C по отношению к оптимальной погрешность измерения цикловой подачи топлива составляет $\pm 0,35\%$, при этом угол опережения начала впрыскивания топлива увеличивается на $0,5^{\circ}$, а неравномерность топливоподачи – на $0,8\%$.

7. Экспериментально установлено, что модель формирования суммарной погрешности измерения производительности топливных насосов с использованием мензурочной измерительной системы включает четыре наиболее значимые случайные составляющие: температура топлива в мензурках $1,85\%$, градуировка мензурок $0,62\%$, слива топлива $0,56\%$, считывания $0,62\%$.

8. Выполненные теоретические и экспериментальные исследования позволили доказать, что одним из эффективных способов повышения метрологических показателей стендов, находящихся в эксплуатации, является их модернизация.

Стендовые испытания двигателя Д-245, укомплектованного топливным насосом, отрегулированным на модернизированном стенде, показали улучшение

ние технико-экономических показателей работы дизеля: эффективная мощность повысилась на 4 кВт (8,5%), а удельный эффективный расход топлива снизился на 9,5 г/кВт·ч (3,8%).

Разработан способ определения параметров процесса топливоподачи дизельной топливной аппаратуры (патент на полезную модель №109506).

9. В результате внедрения в ЗАО ПО «Стендовое оборудование» (г. Москва) модернизированного стенда выявлено, что его использование позволяет сократить расход топлива на 4,0% при общей сумме годовой экономии 14254 рубля на один трактор.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Устинов, М. Ю. Особенности конструктивного исполнения стендов для испытания и регулирования топливных насосов высокого давления [Текст] / М. Ю. Устинов, В. М. Корнеев // Международный научный журнал. – 2010. - №3. – С. 77-81 (0,58/0,29 п.л.).

2. Устинов, М. Ю. Обоснование влияния системы термостабилизации испытательного стенда на точность настройки топливных насосов высокого давления [Текст] / М. Ю. Устинов // Международный научный журнал. – 2012. - №3. – С. 83-85 (0,33 п.л.).

3. Пат. **109506 на изобретение, Российская федерация, МПК F02M 65/00 (2006.01)**. Устройство для определения параметров процесса топливоподачи дизельной топливной аппаратуры [Текст] / К. В. Селиванов, Ю. А. Шамарин, В. И. Панферов, М. Ю. Устинов; заявитель и патентообладатель Селиванов К. В. - №2011119538/06; заявл. 16.05.2011; опубл. 20.10.2011. Бюл. №29. – 2 с.: ил.

Публикации в других изданиях

4. Устинов, М. Ю. Влияние мензурочной измерительной системы стендов для испытания и регулировки дизельной топливной аппаратуры на точность выполняемых работ [Текст] / М. Ю. Устинов, В. М. Корнеев // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. – С. 63-67 (0,58/0,29 п.л.).

5. Устинов, М. Ю. Оценка технического состояния элементов системы питания дизеля и их влияние на технико-экономические показатели его работы [Текст] / М. Ю. Устинов, В. М. Корнеев // Мир транспорта и технологических машин. – 2009. - №3. – С. 15-18. (0,44/0,22 п.л.).

6. Устинов, М. Ю. Обоснование целесообразности модернизации стендов для испытания и регулировки дизельной топливной аппаратуры [Текст] / М. Ю. Устинов, В. М. Корнеев // Международный научный журнал. – 2009. - №1. – С. 54-57 (0,44/0,22 п.л.).

Подписано в печать 2013. Формат 60×84/16.
Уч.-изд. л.1,0. Тираж 100 экз. Заказ №
Отпечатано в издательском центре ФГБОУ ВПО МГАУ:
127550, Москва, Тимирязевская, 58. Тел. (499) 976-02-64