

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»
(наименование кафедры)

23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

профиль «Автомобили и автомобильное хозяйство»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Разработка лабораторной работы «Диагностирование ТНВД»

Студент

И.М. Сыантович

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.В. Зотов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Л.Л. Чумаков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заместитель ректора - директор
института машиностроения

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2017

АННОТАЦИЯ

В представленной работе бакалавра разработана лабораторная работа по диагностике топливного насоса высокого давления дизельного двигателя.

Рассмотрено назначение, основные неисправности ТНВД и способы их устранения. Изучены основные методы диагностики ТНВД.

Приведена последовательность регулировки неравномерности подачи топлива по секциям, последовательность регулировки начала нагнетания топлива.

Рассмотрены имеющиеся в продаже аналоги, проведена сравнительная оценка совокупности их характеристик методом построения циклограмм. На основе аналогов спроектировано собственное оборудование – стенд для диагностики ТНВД, выполнены сборочные чертежи конструкции, составлено руководство по эксплуатации.

Разработана последовательность проведения технологического процесса диагностики топливного насоса высокого давления при помощи спроектированного технологического оборудования, на основании которой составлена подробная технологическая карта.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Разработка лабораторной работы «Диагностирование ТНВД»	5
1.1 Цель работы	5
1.2 Задачи работы.....	5
1.3 Содержание работы	5
1.4 Организация лабораторной работы.....	5
1.5 Основные теоретические положения.....	6
1.6 Порядок выполнения работы.....	20
1.7 Содержание отчета	27
2 Разработка конструкции стенда для диагностирования ТНВД.....	28
2.1. Техническое задание на разработку стенда для диагностирования ТНВД	28
2.2 Техническое предложение на разработку стенда для диагностирования ТНВД	32
2.3 Расчет конструкции стенда	39
2.4 Руководство по эксплуатации стенда для проверки топливного насоса высокого давления двигателя КамАЗ	44
3 Экономическая эффективность разработанной конструкции	51
3.1 Себестоимость изготовления конструкции	51
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	55
ПРИЛОЖЕНИЕ А Спецификация.....	59

ВВЕДЕНИЕ

Неотъемлемой частью образовательного процесса является выполнение студентами практических и лабораторных работ, обеспечивающих всестороннее изучение теоретических сведений, полученных на лекциях и практических занятиях по курсу «ТЭА».

Перед выполнением лабораторной работы студент обязан ознакомиться с методическими указаниями по её выполнению, которые включают в себя содержание, порядок выполнения лабораторной работы, оборудование и правила техники безопасности.

После ознакомления студентом с методическими указаниями по выполнению лабораторной работы, преподавателем проводится опрос с целью проверки его подготовленности к лабораторному занятию. Студент выполняет работу самостоятельно.

Преподаватель и учебный мастер проводит инструктаж непосредственно на месте выполнения лабораторной работы.

По итогам выполнения лабораторной работы студент составляет отчет о выполнении работы, по форме, разработанной и утвержденной на кафедре и защищает его.

1 Разработка лабораторной работы «Диагностирование ТНВД»

1.1 Цель работы

Изучить конструкцию и диагностические параметры, характеризующие работоспособность топливного насоса высокого давления(ТНВД), используемого на автомобилях с механическим впрыском дизельного топлив.

1.2 Задачи работы

Изучить назначение ТНВД.

Изучить диагностические параметры, характеризующие техническое состояние ТНВД.

Изучить методы диагностирования ТНВД.

Изучить конструкцию и принцип работы современных стендов для диагностики ТНВД.

Приобрести практические навыки по диагностике ТНВД.

Выполнить регулировку неравномерной подачи топлива в секции, отрегулировать начало впрыска топлива.

1.3 Содержание работы

Ознакомление с назначением ТНВД.

Ознакомление с методами диагностики ТНВД.

Проведение проверки и регулировки ТНВД.

Подготовка отчета о выполнении лабораторной работы и его защита.

1.4 Организация лабораторной работы

Лабораторная работа включает в себя следующие основные элементы: введение, основная часть и заключение.

Введение подготавливает студентов к выполнению заданий лабораторной работы. В нее входят:

- формулирование темы, цели и задач лабораторной работы;
- описание теоретических основ работы ТНВД;
- объяснение методов (способов, приемов) выполнения лабораторной работы;
- проведение инструктажа по ТБ при эксплуатации стенда для диагностирования ТНВД;
- тестирование знаний студентов для самостоятельного выполнения заданий лабораторной работы;

В основную часть входит непосредственно процесс выполнения лабораторной работы, оформление отчета о выполнении работы и его защита.

Заключение включает в себя:

- подведение итогов выполнения лабораторной работы;
- разъяснение вопросов, возникающих у студентов;
- сбор бланков отчетов студентов для проведения проверки.

1.5 Основные теоретические положения

1.5.1 Назначение топливного насоса высокого давления

Топливный насос высокого давления предназначен для подачи строго отмеренных доз топлива под высоким давлением в цилиндры двигателя в определенные моменты времени.

Во время работы дизельного двигателя насос высокого давления должен выполнять следующие функции:

- создавать высокое давление топлива в сопле, что необходимо для качественного распыления топлива в камере сгорания;
- изменять подачу в камеру сгорания за цикл, в зависимости от режима загрузки дизельного двигателя;

– подавать топливо в форсунку в определенной фазе рабочего процесса дизельного двигателя и в течение относительно короткого периода времени;

– доставлять измеренную порцию топлива в соответствии с характеристикой подачи, которая является наиболее оптимальной для определенных условий процесса горения;

– изменять начало и конец подачи топлива в зависимости от нагрузки и скорости дизельного двигателя;

– увеличивать циклическую подачу во время запуска дизеля, чтобы ускорить и облегчить этот процесс;

– обеспечивать подачу топлива к форсункам многоцилиндрового дизельного двигателя точно в тех же количествах и в той же последовательности, соответствующей принятому порядку работы каждого инжектора;

– увеличивать подачу топлива с уменьшенной частотой вращения коленчатого вала;

– обеспечивать сохранение высокого давления подачи топлива при снижении нагрузки и уменьшении частоты вращения коленчатого вала дизеля;

– обеспечивать стабильную работу дизельного двигателя при минимальных скоростях и режимах нагрузки.

Различные топливные насосы высокого давления выполняют эти функции по-разному.

1.5.2 Основные неисправности топливного насоса высокого давления и способы их устранения

Вероятность отказа элементов ТНВД определяется совокупностью факторов. Можно выделить две основные группы факторов - конструктивные и эксплуатационные.

Конструктивные факторы: качество изготовления деталей, сборка узлов, их включение, а также конструктивные особенности узлов и агрегатов.

Эксплуатационные факторы: природно-климатические условия, характер и интенсивность дизельного двигателя, уровень квалификации технического обслуживания и ремонта и т. д.

Использование низкокачественного топлива, которое содержит в себе незначительное количество примесей, приводит к быстрому износу деталей.

Содержание минимального количества воды в топливе, может привести не только к возникновению неисправностей, но и к полному выходу из строя ТНВД. Применение альтернативных видов топлива приводит к смолообразованию на деталях и узлах ТНВД, появлению отложений, разрушению неметаллических уплотнителей.

Содержание частиц пыли или механических примесей в топливе приводит к губительным для ТНВД последствиям, т.к. в результате этого может быть нанесен вред плунжерным парам.

Для снижения риска возникновения необходимо своевременное обслуживание ТНВД, а именно замена фильтров, промывка топливной системы.

Характерные признаки неисправности ТНВД:

- повышенный расход топлива;
- нарушение подачи топлива от ТНВД к форсунке;
- соскальзывающий ремень ГРМ с шестерни ТНВД;
- течь топлива из ТНВД;
- трудный пуск двигателя;
- нехарактерные шумы в ТНВД;
- избыточная дымность при работе двигателя.

Можно выделить следующие характерные неисправности насосов:

снижение производительности насоса. Дизельный двигатель полностью перестает работать, либо начинаются перебои в работе, ввиду невозможности

обеспечения задаваемого уровня давления. Причинами могут служить следующие дефекты:

– дефекты клапанов: 1) нарушение герметичности клапанов вследствие износа седел и клапанов; 2) засорение седла - из-за неточной сборки-демонтажа линии низкого давления, появления ржавчины; 3) потеря подвижности клапанов - из-за коррозии, механической деформации «корзинки» шарикового клапана;

– износ плунжерных пар вследствие применения некачественного топлива, механических примесей, перекашивающего момента;

– задиры, заклинивание пары плунжера из-за монтажных деформаций при ненормальных способах установки и уплотнения, когда происходят режимы подачи при высоких давлениях с большим дросселированием при всасывании;

– износ, задиры в подшипниках из-за попадания абразива в топливо (или масло), некачественная переборка ТНВД, нештатные условия работы ТНВД с подачей топлива под высоким давлением при недостаточной частоте вращения вала.

Наиболее частой неисправностью ТНВД является нарушение синхронности, равномерности подачи топлива. Причинами этой неисправности являются износ пар плунжеров, выпускных клапанов, изменение характеристик пропускной способности форсунок, изношенных зубьев рейки, поводков плунжеров и т. д.

Неисправности в подаче топлива приводят к увеличению расхода топлива, проблемам с мощностью двигателя. Цилиндры двигателя с неравномерной подачей топлива выдают перебои в работе, особенно это ощущается на низкой скорости. Моторный блок подвергается вибрации.

Ещё одной часто возникающей неисправностью в работе ТНВД является запаздывание и неравномерность момента начала подачи топлива.

Причинами является износ компонентов топливной системы: шарикоподшипники, корпус толкателя и ось ролика, гнезда для колесных дисков и другие комбинированные части систем.

Нарушение мобильности рейки и сопутствующие сбои (например заклинивание, отключение от регулятора, ослабление частей поводков плунжера) является наиболее опасной поломкой ТНВД.

В большинстве случаев заклинивание реек происходит из-за попадания абразивных частиц, воды или грязи, вызывая коррозию деталей.

1.5.3 Методы диагностики ТНВД

Рассмотрим следующие основные методы диагностики ТНВД.

Виброакустический метод диагностики. Суть метода состоит в том, что при работе форсунки появляются периодические ударные импульсы, фиксируемые аппаратурой для измерения вибраций. В качестве первичного преобразователя применяется пьезоэлектрический акселерометр, который устанавливается с помощью магнита на корпус форсунки или, как это изображено на рисунке 1.1, при помощи винтовой струбцины на трубку высокого давления насоса.



Рисунок 1.1 – Крепление виброакселерометра на трубке ТНВД

По фазовым характеристикам этих возмущений могут быть определены следующие показатели работы: момент начала и окончания подачи топлива, а следовательно, и продолжительность подачи топлива.

Достоверное определение характеристик топливоподачи является очень затруднительным. Трудности появляются, вследствие отсутствия ударных импульсов у стенок форсунок даже с небольшими отклонениями в работе, что приводит к неточности представленного метода для этих случаев.

Нельзя использовать методы спектрального анализа высокочастотных колебаний при анализе фазовых характеристик, так как мешает низкочастотный «шум». «Шумы» низкой частоты хорошо распределяются по металлическим деталям дизельного двигателя, а значит на виброграмму также могут быть наложены посторонние «шумы» от ударов клапанов, перекладки поршня, и т.д. Поэтому этот метод в последнее время используется редко, в основном на немоторизованных стендах.

Диагностика по ходу иглы форсунки является более достоверным и диагностически ценным методом, по сравнению с сигналом вибрации. Считывается диаграмма, при помощи индуктивного датчика перемещения. Датчик устанавливается на форсунке таким образом, что подвижный шток датчика, движется совместно с иглой топливной форсунки (рисунок 1.2). Применение данного типа диагностики возможно не на всяких конструкциях двигателя.



Рисунок 1.2 – Установка индуктивного датчика на форсунке

Типичная диаграмма хода иглы форсунки представалена на рисунке 1.3.

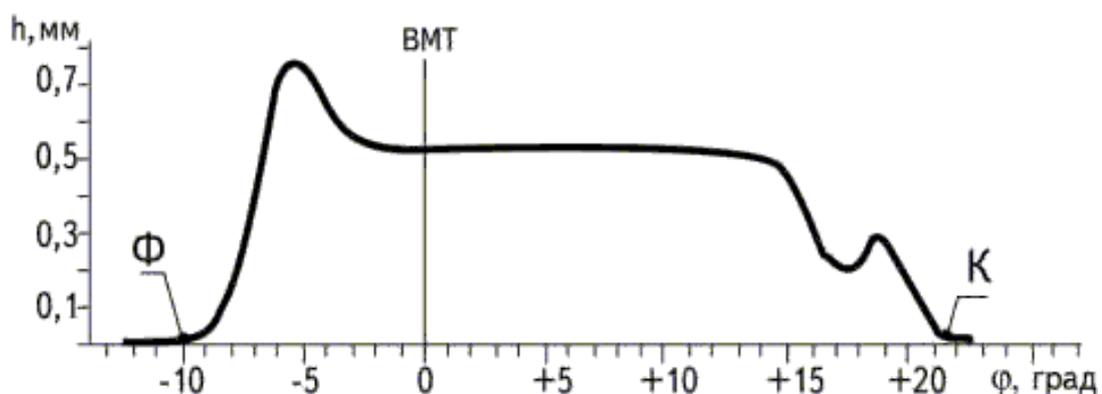


Рисунок 1.3 – Диаграмма хода иглы форсунки: Φ – начало подачи топлива (начало движения иглы); K – окончание подачи топлива (посадка иглы)

Согласно диаграмме, определяется высота подъема иглы, наличие колебаний иглы в процессе подачи топлива, «подвпрыски». Вычисляются скоростные характеристики подъема и посадки иглы и некоторые другие параметры. Эти параметры позволяют определить многие неисправности в ТНВД и форсунке.

Недостатком метода является малая надежность индуктивного датчика, который в своей конструкции имеет подвижные механические элементы, которые со временем изнашиваются.

Диагностика по диаграмме давления. Суть метода заключается в том, что на топливопровод высокого давления устанавливается датчик накладного типа с пленкой, обладающей пьезоэлектрическим эффектом. Малые деформации стальной трубки, вызванные изменением давления топлива, преобразуются в электрический сигнал. Разность потенциалов на клеммах датчика прямо пропорциональна силе, воспринимаемой пьезоэлектрическим элементом и, следовательно, давлению. Ограничением является трудность в точном определении давления из-за жесткости стенок трубопровода, их

толщины, качества поверхности трубопровода и местоположения в пространстве датчика, когда он установлен на трубе.

Эти факторы должны быть приняты во внимание, следовательно показания датчиков могут быть изменены только в лабораторных условиях.

В эксплуатации используется качественная характеристика смены давления от угла поворота коленчатого вала, без ее оценки количества (рисунок 1.4).

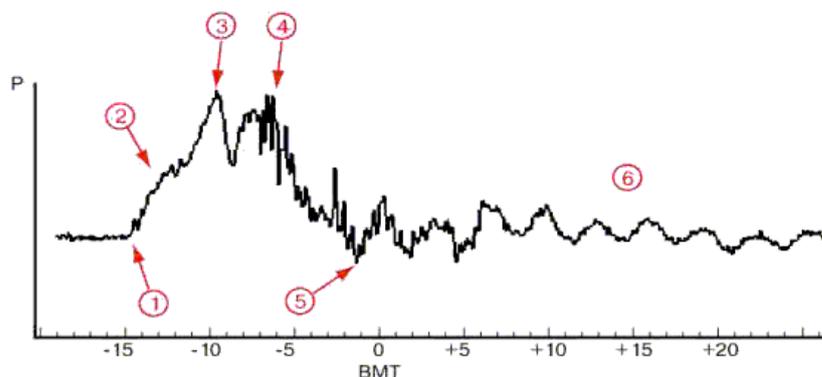


Рисунок 1.4 – Диаграмма давления топлива в ТНВД дизеля типа 10Д100 (участок впрыска)

Взаимосвязь между функционированием оборудования для дизельного топлива и характером изменения давления в топливопроводе выглядит следующим образом.

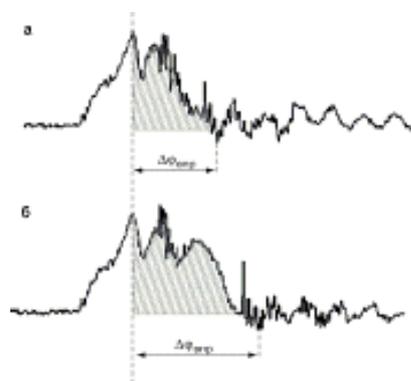
Давление в ТНВД остается постоянным и равно остаточному давлению в течение основной части дизельного цикла. В точке 1 (рисунок 1.4) давление возрастает из-за нагнетательного хода поршня насоса и открытия выпускного клапана насоса, так что надплунжерная полость насоса и ТНВД сообщаются друг с другом. Клапан открытия давления вызывает появление волны давления на фоне увеличения нарастания давления (зона 2 диаграммы). Игла форсунки остается неподвижной, пока давление в насосе не превысит силу пружины инжектора. Впрыск топлива в сопло в точке 3 приводит к уменьшению давления в трубопроводе, но в этом случае нагнетательный ход плунжера может вызвать новое увеличение давления, которое накладывается

на прямые и отраженные волны давления топлива в трубопроводе. В зависимости от размера циклической подачи и расходного коэффициента форсунки, количество и амплитуда колебаний давления после точки 3 могут отличаться от показанных на рисунке 1.4. В конце хода инъекции плунжера происходит падение давления (точка 4). Время закрытия (конец посадки) иглы форсунки подключается к точке 5 диаграммы, когда давление достигает своего минимального значения. Впоследствии топливопровод снова закрывается как со стороны форсунки, так и со стороны насоса, что способствует отражению волны на границах трубы, и как следствие - появление слабозатухающих колебаний остаточного давления на диаграмме (зона б).

Определение неисправностей топливной аппаратуры с использованием диаграммы давления в ТНВД.

Влияние цикловой подачи топлива.

На рисунке 1.5 показаны диаграммы, полученные с использованием экспериментов по 1-му набору ТА с различными циклическими каналами. Можно отметить, что увеличение количества вводимого топлива может быть обнаружено не только за счет увеличения продолжительности впрыска, но и за счет увеличения площади диаграммы в области впрыска (заштрихованная область на диаграмме).



а) $V_{Ц} = 0,19$ г/цикл; б) $V_{Ц} = 0,37$ г/цикл

Рисунок 1.5– Диаграммы давления в ТНВД при различных цикловых подачах топлива

Цикловую подачу топлива можно определить при помощи следующего уравнения:

$$B_{Ц} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\rho_m \cdot \mu \cdot f_c}{6n} \sqrt{2 \frac{P_{\varphi} - P_{\psi}}{\rho_m}} \cdot d\varphi, \quad (1)$$

где μ – коэффициент расхода сопел (зависит от формы и размеров сопел);

f_c – площадь суммарная сопловых отверстий форсунки;

P_{φ}, P_{ψ} – давление перед соплами форсунки (давление топлива в ТНВД) и давление после сопел форсунки (давление в цилиндре);

ρ_m – плотность дизельного топлива; n – число оборотов вала.

$$B_{Ц} \approx \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} k \cdot P_{\varphi}^{0,5} \cdot d\varphi \quad (2)$$

При выполнении комплекса диагностических работ следует иметь в виду, что общая площадь отверстий сопел форсунки может изменяться во время работы как в большую сторону (износ сопла), так и в меньшую (коксование).

Влияние силы пружины форсунки.

Ослабление натяга пружины является типичным отклонением в работе форсунок. Это приводит к уменьшению начального давления впрыска.

Кроме того, неисправность может быть обнаружена разностью давлений в разделе «начало подачи форсункой - отсечка топлива с помощью плунжера».

Для максимальной скорости подачи топлива и координат этих точек, близких к ней на диаграммах (рисунок 1.6), полученных вблизи соединения

насоса, они определяются просто как два локальных максимума. В связи с тем, что максимальное давление в процессе впрыска определяется скоростью движения плунжера и характеристикой расхода форсунки, значение этого максимума существенно не колеблется при изменении давления начала подачи дизельного топлива.

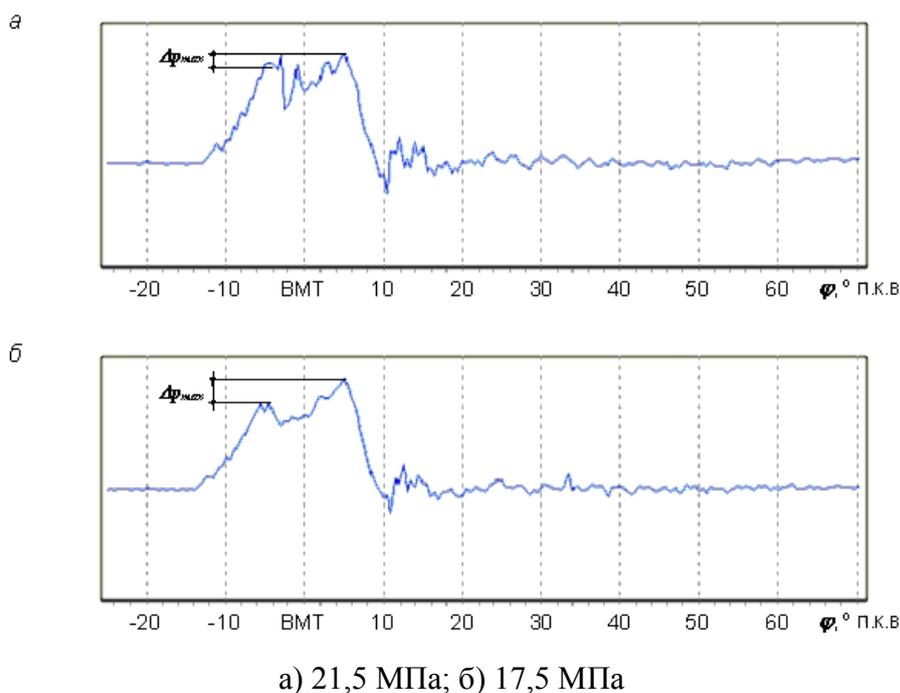


Рисунок 1.6 – Диаграммы давления при различном давлении впрыска

При анализе диаграмм давления вы можете увидеть изменение темпа и величину падения давления после открытия форсунки, поскольку сила предварительного усилия пружины инжектора уменьшается. Это можно объяснить уменьшением расхода топлива через сопло с меньшей разностью давлений в полостях форсунки до и после сопел распылителя. Выделенные признаки позволяют произвести идентификацию данной неисправности по результатам только качественного анализа диаграммы впрыска.

Важно обратить внимание на тот факт, что обнаруженные признаки отслеживаются и на диаграммах, полученных вблизи форсунки, однако их трудно анализировать вследствие более развитых в этом сечении колебательных процессов.

Снижение плотности распылителя форсунки.

Возникновение неплотностей в распылителе форсунки происходит по причине применения низкокачественного дизельного топлива, дефектов изготовления или сборки форсунки. Неплотности в распылителе форсунки приводят к «подтеканию» топлива, что в свою очередь приводит к повышенному коксообразованию из-за наличия высоких температур.

Частота колебаний остаточного давления является наиболее часто повторяемым признаком при проведении исследований на стендах при различных температурных и нагрузочных режимах

Наблюдалось заметное увеличение высокочастотной составляющей этих колебаний у форсунок с уменьшенной герметичностью запорного конуса и при низких нагрузках. Рассмотрим возможную причину этого явления. При небольших циклических подачах топлива импульс давления, который генерирует колебания топлива вблизи насоса, имеет форму трапеции. Эти колебания остаточного давления характеризуются относительно большим периодом и по форме напоминают основной участок диаграммы (рисунок 1.7а). С неплотным конусом пробки форсунки распылителя имеется еще один источник - утечка дизельного топлива в цилиндр двигателя. Это приводит к резкому снижению давления топлива после ввода иглы. Это явление может быть причиной возникновения высокочастотных колебаний, которые могут наблюдаться не только вблизи форсунки, но и вблизи насоса (рисунок 1.7б).

Указанные закономерности поддерживаются вплоть до максимального режима подачи топлива при высоких нагрузках на насос.

В то же время из-за роста энергии основных возмущений картина может стать менее ясной. Температура топлива является еще одним фактором, влияющим на интенсивность этого процесса. При понижении температуры до $+30^{\circ}\text{C}$ высокочастотные колебания стали менее выраженными, что можно рассматривать как косвенное подтверждение наблюдаемого явления. Повышение температуры снижает вязкость топлива,

и, как следствие, это приводит к более высокому расходу топлива за счет утечки через запорный конус.

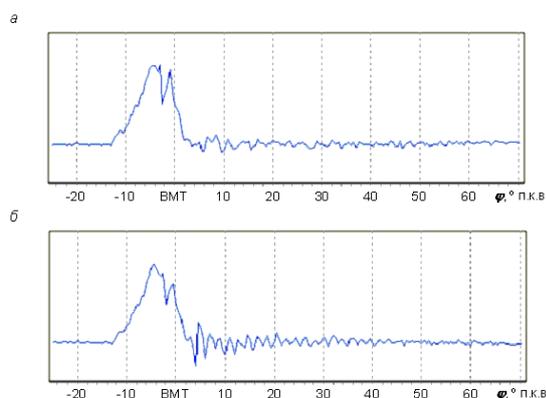


Рисунок 1.7 – Диаграммы давления: *а* – эталонная; *б* – при сниженной герметичности запорного конуса распылителя

Влияние неплотности плунжерной пары топливного насоса.

Этот дефект появляется во время работы и связан с износом поверхностей трения пары плунжеров, которая наиболее интенсивно протекает при работе на низкокачественном топливе. При той же скорости плунжера насоса увеличение расхода топлива приводит к «затягиванию» зоны сжатия топлива и уменьшению угла продвижения топлива форсункой (рисунок 1.8). Границы этого раздела наиболее четко видны при измерении диаграмм вблизи форсунки.

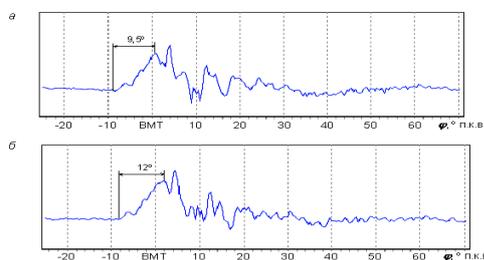


Рисунок 1.8 – Диаграммы давления при нормальной (*а*) и браковочной (*б*) плотности плунжерных пар

Из-за уменьшения скорости плунжера (форсунка открыта) время подачи топлива и цикловая подача уменьшаются. Уменьшение вязкостных характеристик топлива также приводит к изменениям на диаграмме.

Последствия серьезного повреждения форсунки.

Неисправности форсунок, о которых говорилось выше, хотя и ухудшают рабочий процесс дизеля, но в целом оставляют его работоспособным. На диаграмме давления топлива легко идентифицировать отказы другой группы, что приводит к сбоям в работе форсунки и дизельного цилиндра.

Типичными для работы дизеля 10D100 дефектами являются заклинивание иглы форсунки (в открытых или закрытых условиях) и разрушение пружины форсунки.

Когда пружина ломается, а также когда игла висит в открытом состоянии, подача происходит через форсунку открытого типа. В тех случаях когда происходит поломка пружины или зависание иглы форсунки в открытом состоянии, процесс впрыска происходит, по сути, через форсунку открытого типа.

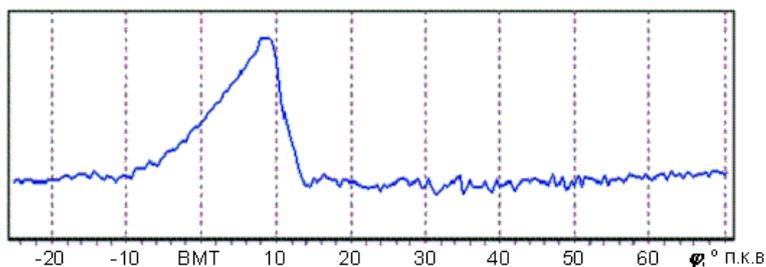


Рисунок 1.9 – Диаграмма при поломке пружины форсунки и тах подаче топлива

На рисунке 1.10 показана диаграмма давления для положения рейки «на упоре», в случае, если игла форсунки потеряла свою подвижность в закрытом состоянии.

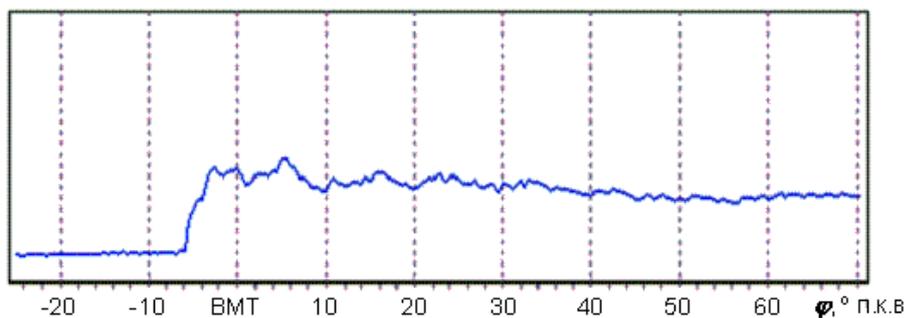


Рисунок 1.10 – Диаграмма при заклинивании иглы форсунки в закрытом состоянии

Длительная эксплуатация двигателя с такой неполадкой приведет к выходу из строя топливного насоса.

1.6 Порядок выполнения работы

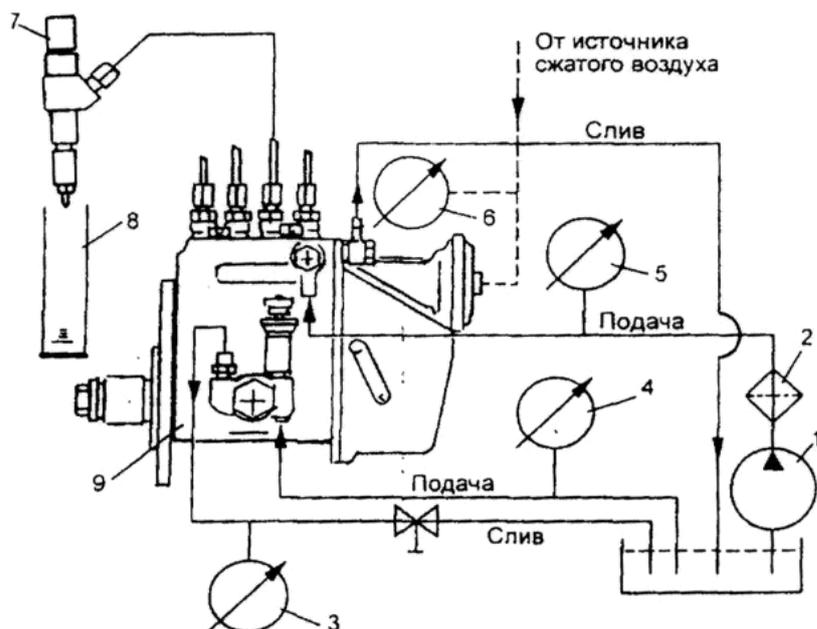
Диагностические и регулировочные операции с ТНВД и его агрегатами должны проводиться в специально оборудованном помещении, оснащенном стендом для диагностики ТНВД и вытяжной вентиляцией. Оснащение стенда должно соответствовать требованиям ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002. «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений». Схема стенда представлена на рисунке 1.11.

При проведении проверки ТНВД стенд должен быть укомплектован:

а) Форсунками типа ФД-22 (стендовые форсунки), имеющие следующие параметры: давление начала впрыскивания – 180 – 187 бар, эффективное проходное сечение распылителя – 0,225 мм² ±4%;

б) Топливопроводами высокого давления, имеющими следующие параметры: диаметр наружный – 7 мм, диаметр внутренний – 2,01 мм, длина топливопровода – 700 мм.

Испытание насосов проводится на дизельном топливе марки Л по ГОСТ 305-2013: Топливо дизельное. Технические условия. Температура топлива должна быть в диапазоне 23 – 33 С.



1 – подкачивающий насос; 2 – фильтр; 3, 5, 6 – манометры; 4 – вакуумметр; 7 – форсунка;
8 – мерная колба; 9 – испытываемый ТНВД

Рисунок 1.11 - Схема элементов стенда для технического обслуживания и регулировки ТНВД

Соединение вала насоса со шпинделем стенда производится через муфту без угловых зазоров.

Подготовка стенда и ТНВД к проведению проверки и регулировки проводится в следующем порядке:

- Монтаж ТНВД на стенде и заливка в корпус примерно 250 см³ чистого моторного масла;
- Монтаж шлангов подвода и отвода дизельного топлива осуществляется в соответствии со схемой;
- Присоединение к штуцерам насоса и форсункам трубки высокого давления;
- Выведение насоса на режим 750±25 мин⁻¹ и обкатка в течении 30 минут при переменном положении рычага управления. Во время проведения обкатки необходимо следить за отсутствием течей, нехарактерного звука и местных нагревов до температуры свыше 80С.

Проведение предварительной регулировки неравномерности подачи топлива по секциям по следующей схеме:

Выведение ТНВД на режим $600 - 700 \text{ мин}^{-1}$ и переводение рычага управления в положение тах подачи топлива.

Проведение замера подачи топлива секциями насоса. Если отклонение подачи по секциям превышает 20% от средней величины, то проводится регулировка подачи топлива.

1.6.1 Методика проверки и регулировки ТНВД

Регулировка начала нагнетания топлива

Проводится в следующей последовательности:

1. Отвинтить штуцер 1-й секции (начинать с фланца насоса) и снять выпускной клапан и пружину. Седло клапана положение не изменяет.
2. Провернуть вал насоса в нижнее положение хода плунжера первой секции.
3. С помощью адаптера установите индикатор временного типа в первый раздел. Лапка индикатора должна опираться на конец плунжера.
4. Установить показания индикатора на ноль. Поворачивая вал насоса на 10-15 в обе стороны, убедиться, что стрелка индикатора не отклоняется от нуля градусов.
5. Поворачивая вал насоса по направлению вращения, установить подъем плунжера, равный 3,30,5 мм (для насоса 4УТНИ-Т- 111007-10 дизеля Д245.12С 4,40,5 мм).
6. Отметить на лимбе станда для проверки ТНВД угол, соответствующий данному подъему плунжера и принять его за нулевую точку отсчета.
7. Демонтировать индикатор и адаптер, закрепить нагнетательный клапан, пружину и штуцер, затянув его моментом 98 – 108 Нм.
8. Заполнить ТНВД дизельным топливом от подкачивающего насоса.

9. Установить на штуцер 1-ой секции моментоскоп (трубка из стекла с внутренним диаметром 1-2 мм и резиновым наконечником). Запустить подкачивающий насос стенда. При положении плунжера в НМТ и давлении в полости низкого давления ТНВД 0,7 – 1,3 бар, движение столба жидкости в моментоскопе не допускается. При наблюдении движения топлива – произвести замену нагнетательного клапана.

10. Перевести рычаг управления насоса в положение max подачи.

11. Сместить вал насоса от нолевой метки на 60 - 90 против направления вращения. Заполнить трубку моментоскопа топливом. Если трубка сразу не заполнилась топливом – повторить операцию.

12. Повернуть вал насоса от нолевой метки на 60 - 90 и медленно вращать вал в сторону вращения до того момента, когда начнется движение столба топлива в трубке моментоскопа.

13. При несовпадении начала впрыска с нолевой отметкой на лимбе стенда, следует ослабить контргайку регулировочного болта толкателя плунжера (см. рисунок 1.11) и поворотом болта изменить высоту установки плунжера. Если начало впрыска происходит позже нолевой отметки, плунжер необходимо поднять путем выворачивания регулировочного болта, если начало впрыска происходит раньше – плунжер необходимо опустить. Повторить пункт 12. Затянуть контргайку регулировочного болта моментом 30 – 40 Нм.

14. Повернуть вал насоса по направлению вращения на 90 и поставить на лимбе стенда метку начала подачи для 3-й секции насоса. Повторить операции пп. 8 – 13. Допускается отклонение начала подачи 3-ей секции насоса от 1-ой не более 30.

15. Произвести поворот вала насоса по направлению вращения на 180 от нолевой метки. Произвести регулировку угла начала подачи 4-ой секции (см. пп. 8 – 14).

16. Произвести поворот вала насоса по направлению вращения на 270 от нолевой метки. Произвести регулировку угла начала подачи 2-ой секции (см. пп. 8 – 14).

Регулировка неравномерности подачи по секциям ТНВД

Проводится на номинальной частоте вращения при номинальной подаче топлива, которая указана в регулировочных картах (см. табл. 1.3) в следующей последовательности:

1. Вывести ТНВД на номинальную частоту вращения.
2. Произвести измерение цикловой подачи топлива отдельными секциями насоса. Значение цикловой подачи отдельной секции насоса находится по формуле:

$$3. q_{ц} = (Q_{нс} / i) 1000 \text{ (мм}^3\text{)}, \quad (3)$$

где $Q_{нс}$ – объем топлива, поданный секцией в мерную колбу в см^3 ;

i – число циклов, за которое определяется подача топлива.

3. Если среднее значение цикловой подачи секций не совпадает с указанным в регулировочной карте, следует произвести регулировку подачи путем поворота винта номинальной подачи. Заворачивание болта в корпус увеличивает подачу, выворачивание – уменьшает.

Установить подачу каждой секции, равную номинальной, для этого:

- Произвести нанесение метки относительного положения на поворотную втулку плунжера и зубчатый венец;
- Открутить винт крепления зубчатого венца;
- Произвести поворот втулки (поворот втулки производить на небольшой угол): влево для увеличения подачи, вправо – для уменьшения.;
- Произвести затяжку винта зубчатого венца;
- Произвести измерение величины подачи топлива секции;

– Повторить операции пп. 4.1 – 4.5 для других секций насоса до достижения неравномерности подачи , равной 3%.

Неравномерности подачи определяется по формуле:

$$\delta = \frac{2(q_{ц\max} - q_{ц\min})}{q_{ц\max} + q_{ц\min}} 100\% \quad 4$$

где $q_{ц\max}$ – max подача одной из четырех секций, $q_{ц\min}$ – min подача одной из четырех секций.

Результаты регулировки неравномерности подачи топлива заносятся в таблицу 1.1:

Таблица 1.1 - Результаты регулировки неравномерности подачи топлива

	Первая секция		Вторая секция		Третья секция		Четвертая секция		, %
	$Q_{нс}, \text{см}^3$	$q_{ц}, \text{мм}^3$							
до проведения регулировки									
после проведения регулировки									

Формирование ВСХ ТНВД

Формирование топливного насоса определяется как настройка подачи топлива в начальных условиях, максимальный крутящий момент, номинальная скорость (частота вращения), начало работы регулятора, максимальная частота ХХ и конца действия контроллера в соответствии с картами корректировки (рисунок 1.12).

Проверка регулятора минимального холостого хода

Проверку последовательности действий регулятора минимального холостого хода следует выполнять следующим образом (точка И на рисунок 25):

1. Установить скорость насоса, соответствующей минимальному холостому ходу дизельного двигателя, в соответствии с картами регулировки;

2. Переместить рычаг управления в такое положение, чтобы установить подачу минимального холостого хода в соответствии с картами регулировки;

3. Увеличить скорость вращения на 50 мин^{-1} - подача топлива должна уменьшиться примерно на 10 мм^3 .

4. Уменьшить скорость вращения на 50 мин^{-1} - расход топлива должен увеличиться примерно на 10 мм^3 .

5. В случае, если подача топлива не изменяется или изменяется незначительно, необходимо заменить основную пружину регулятора или изменить положение положительного корректора в рычаге (повернуть регулятор с рычага 1 на 1,5 оборота).

При проверке регулировки топливного насоса одновременно проверяется насос подкачки топлива (ТПН). При разрежении на входе в ТПН $0,2 \text{ бар}$ впрыскивающий насос должен развивать давление не менее $1,3 \text{ бар}$ во всех режимах работы.

Проверяют также контрольное давление обратного клапана в полости низкого давления (значение в пределах $0,7 - 1,3 \text{ бар}$).

Результаты формирования ВСХ ТНВД приведены в таблице 1.2, на основании которой идет построение графика характеристик.

Таблица 1.2 - Результаты формирования ВСХ ТНВД

Точка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...
$n, \text{ мин}^{-1}$											
$q_{ц}, \text{ мм}^3$											

Пример регулировочной карты, который используется при настройке топливного насоса, представлен на рисунке 1.12.

Дизель	Пр., МНН ⁻¹	Q _{шт.} , ММ ³	Прокр., МНН ⁻¹	Q _{шор.} , ММ ³	Высл. кор., МНН ⁻¹	Пр., МНН ⁻¹	Прокр. макс., МНН ⁻¹	Q _{шт.х.} , ММ ³	Прод. выкл., МНН ⁻¹
Д144	1000	71±1,0	700... 750	79...83	-	1020	1060± 10	22,5	<1115
Д240	1100	67±1,4	700... 850	78,8... 83,3	1030... 1090	1115... 1125	1160±1 0	22,5	<1250
Д242	900	67±1,4	700... 800	78,8... 83,7	830... 890	915... 925	950± 10	22,5	<1050
Д244	850	67±1,4	600... 700	70,7... 76,2	780... 845	865... 875	900± 10	27,4	<990
Д245	1100	90±2,5	700... 850	96,3... 104,4	1040... 1090	1115... 1125	1160± 10	22,5	<1250
Д246	750	76±1,8	-	-	-	760... 770	790± 10	22,5	<860
Д247	1175	62±1,5	830... 850	71,3... 73,9	1030... 1090	1195... 1205	1225± 10	27,1	<1285
Д248	1000	57±1,4	700... 800	61... 66,1	930... 990	1015... 1025	1050± 10	22,5	<1050
Д50	850	73,5± 1,7	630... 660	85,3... 91,9	780... 845	865... 875	900+ 25	27,2	<990
Д65	800	70,8± 1,7	550... 600	-	-	810... 820	860± 10	21,7	<940
Д75П	1000	85±1,8	700... 750	-	-	1035	1080± 10	30,0	<1150
СМД1 4А	900	97,2± 2,4	700... 730	110,8... 125,4	-	915... 925	950+ 20	40,0	<1060
СМД1 8Н	900	111,6±2 ,5	700... 725	121,2... 129,8	-	915... 925	950+ 20	47,5	<1060

Рисунок 1.12 - Образец регулировочной карты, используемой при настройке насоса

1.7 Содержание отчета

Отчет о лабораторной работе должен включать в себя следующие разделы:

- титульный лист;
- цель работы;
- содержание работы;
- схему испытательного стенда;
- методику проверки и регулировки ТНВД (кратко);
- протоколы проверки ТНВД (таблицы 1.1 и 1.2).

2 Разработка конструкции стенда для диагностирования ТНВД

2.1. Техническое задание на разработку стенда для диагностирования ТНВД

2.1.1. Назначение и область применения

Требуется разработать стенд для проверки топливного насоса высокого давления двигателя грузового автомобиля КамАЗ, предназначенного для контроля состояния после ремонта и определения рабочих характеристик насоса, а также для проведения ресурсных испытаний или теста на стабильность при длительной работе.

Оценка работоспособности и пригодности ТНВД должна производиться по следующим контрольным параметрам:

- однородность и размер подачи топлива в секциях;
- скорость вала во время отключения подачи топлива;
- скорость вала в момент начала работы регулятора;
- цикловая скорость подачи и скорость вращения вала для различных режимов работы регуляторов.

Стенд можно использовать в авторемонтных мастерских и автозаправочных станциях, где ремонт и обслуживание грузовых автомобилей осуществляются в следующих условиях:

- бетонное покрытие (возможно покрытый деревянной шашкой или металлической плиткой);
- средняя температура примерно $+25^{\circ}\text{C}$ ($+ - 10^{\circ}\text{C}$);
- влажность в пределах 60 - 80%;
- освещение производится как внутренними так и внешними светильниками
- электрическая энергия - переменный ток с сетевым напряжением 380 В;
- подвод сжатого воздуха (4...6 атм);

Задание на разработку выпускной квалификационной работы выдано, кафедрой «ПЭА» ТГУ.

2.1.2 Цель и назначение разработки

Целью разработки является упрощение конструкции аналога за счёт сокращения количества деталей, повышение технологичности конструкции, упрощение отдельных узлов конструкции.

2.1.3 Источники информации

Источниками информации, которые принимаются во внимание при разработке данного стенда, являются:

- Каталоги оборудования разных производителей.
- С.М. Круглов “Устройство, техническое обслуживание и ремонт легковых автомобилей” М.: Высш. шк., 1987 г.
- “Оборудование для ремонта автомобилей” Справочник под редакцией М.М. Шахнеса. Москва “Транспорт” 1978 г.

2.1.4 Технические требования и рекомендации по проектированию.

Создаваемый стенд должен обладать следующими технико-экономическими характеристиками, не уступающими по качеству сходным механизмам:

- Тип стенда - стационарный
- Мощность электродвигателя, не более - 3 кВт
- Частота вращения приводного вала ТНВД - 80-1600 мин⁻¹
- Габаритные размеры стенда, не более:
 - а) Высота - 1500 мм
 - б) Глубина - 1000 мм
 - в) Ширина - 1000 мм
- Масса стенда, не более - 120 кг

Если возможно, предусмотрите изготовление станда силами станций технического обслуживания или автотранспортных предприятий (возможность выполнять токарные, фрезерные, шлифовальные, слесарные и сварочные работы).

Срок службы станда - 6 лет.

Разработанный стенд должен удовлетворять требованиям надежности. Конструкция станда должна быть бесперебойной в работе или иметь небольшую трудоемкость ремонта, иметь хорошие эксплуатационные характеристики, быть технологически производительным и работать после хранения и транспортировки.

При проектировании станда должны использоваться стандартные изделия, соответствующие требованиям государственного стандарта. Для упрощения и сокращения затрат на строительство в производстве также необходимо максимально использовать приобретенные продукты и части автокомпонентов, что также сократит время изготовления станда.

Эксплуатация станда должна соответствовать требованиям стандартов безопасности труда.

Безопасность работы обеспечивается следующими требованиями:

– Требования к конструкции (необходимо предусмотреть ограждение подвижных частей и элементов управления станда, блокировку включения в нерабочее и аварийное положение, фиксацию и крепление рабочих частей во время ремонта и в нерабочем состоянии во время транспортировки, освещение органов управления, контрольные приборы);

– Требования к обеспечению нормальных санитарно-гигиенических условий (местная вентиляция, защитные экраны, очистка и протирка элементов станда и т.д.);

– Требования к электробезопасности (электрическая изоляция, стойкая к химическим и механическим воздействиям, электрическое оборудование должна быть заземлено, а также отключение тока во время перегрузок и, при необходимости, аварийное отключение станда);

– Требования к пожарной безопасности и опасности взрыва (имеются огнетушители ОУ и ОП для тушения пожаров, установлены коробки с песком и другие устройства для устранения пожара);

– Требования к наличию пояснительных знаков и знаков безопасности (например: Осторожно! Посторонним вход воспрещён! защитная окраска ограждений опасных зон и т.п.);

– Требования к защите персонала от вредных воздействий (шум, вибрация, температура и т.д.)

– Эргономические требования должны быть соблюдены: панель управления должна быть на уровне грудной клетки с удобным расположением кнопок и органов управления и не вызывать повышенной усталости в процессе работы оператора.

Конструкция станда должна отвечать требованиям пожарной и электробезопасности.

Станд должен соответствовать эстетическим требованиям: внешние контуры конструкции станда должны быть простыми и строгими, части станда предпочтительно прямоугольные, общая концепция станда не должна оказывать моральное давление на человеческую психику.

Для питания электропривода станда должен использоваться переменный ток с напряжением сети 380 В.

Станд должен удовлетворять условиям сборки и разборки. При хранении и транспортировке механизм должен быть разобран и упакован в коробки, если это необходимо.

2.1.5 Стадии и этапы разработки

Проектная документация на этапе технического проектирования согласовывается с менеджером проекта, техническими специалистами, рекомендованными руководством.

Техническое предложение согласовано с клиентом и после его утверждения является основой для разработки технического проекта. Основой для запуска серии является прототип образца.

Условия технического задания должны соответствовать условиям контракта.

2.2 Техническое предложение на разработку стенда для диагностирования ТНВД

2.2.1 Состояние вопроса - оценка ТЗ на разрабатываемый стенд

В настоящее время все более возрастают требования по снижению токсичности отработавших газов и повышению эффективной мощности дизельного двигателя. Все это требует более точной диагностики и регулировки ТНВД.

Регулировочные работы ТНВД проводятся на специальном стенде, который воспроизводит условия работы топливной аппаратуры на дизельном двигателе.

Конструкции ТНВД различны, особенно в части электронного управления, поэтому для потребителя важен оптимальный баланс между функциональным исполнением стенда, необходимым для регулировки ТНВД и денежными затратами на его приобретение при соответствующем качестве.

На рис 2.1 представлена общая функциональная схема стенда для проведения регулировки ТНВД.

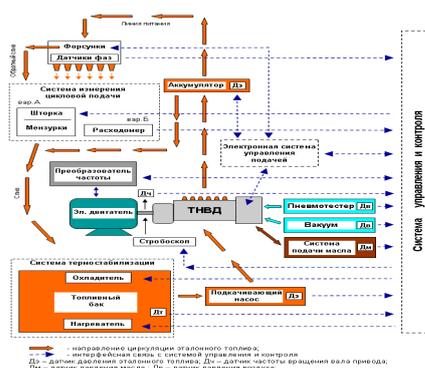


Рисунок 2.1 – Общая функциональная схема стенда для регулировки ТНВД

Важную роль занимает система управления и контроля, содержащая набор приборов, отображающих контролируемые параметры: манометры, мониторы компьютера, органы управления стенда, отдельные кнопки, панели управления и компьютер.

По подобной схеме устроены большинство современных стендов для регулировки и проверки характеристик ТНВД.

Эти стенды обладают рядом преимуществ: универсальность, достоверность результатов, безопасность проводимых работ, хорошие эргономические и высокие эстетические показатели. Но все эти аналоги за счет своего промышленного дизайна являются габаритными, дорогостоящими в производстве и могут оправдать свою стоимость только при большой программе загрузки. А поскольку в нашем случае требуется разработать стенд под конкретный тип ТНВД автомобиля КамАЗ, то целесообразно спроектировать стенд «с нуля», с учетом производственных возможностей (в соответствии с ТЗ).

2.2.2 Обоснование и общее компоновочное решение стенда

Сделав выводы из анализа преимуществ и недостатков аналогов, а также опираясь на технические требования и рекомендации, изложенные в ТЗ предлагается следующее компоновочное решение стенда для проверки ТНВД двигателя автомобиля КамАЗ (см. рисунок 2.2):

Стенд представляет собой раму 1, изготовленную из пространственно сваренных между собой труб квадратного сечения, усиленных между собой косынками и листовым металлом. Такое решение позволяет добиться необходимой жесткости стенда при минимальной металлоемкости конструкции рамы.

Диагностируемый ТНВД 5 закрепляется на сменных опорах 6. Привод ТНВД осуществляется через ведущую полумуфту 7, соединенную с кулаком 8, представляющим из себя сварную конструкцию, объединяющую в себе несколько элементов позаимствованных из автомобильных запасных частей

(ступица ВАЗ 9, шестерня ГРМ ВАЗ 20). Корпус ступицы жестко закреплен на кронштейне рамы 1.

Привод ТНВД осуществляется электродвигателем 2, посредством зубчатого ремня 3 привода ГРМ ВАЗ.

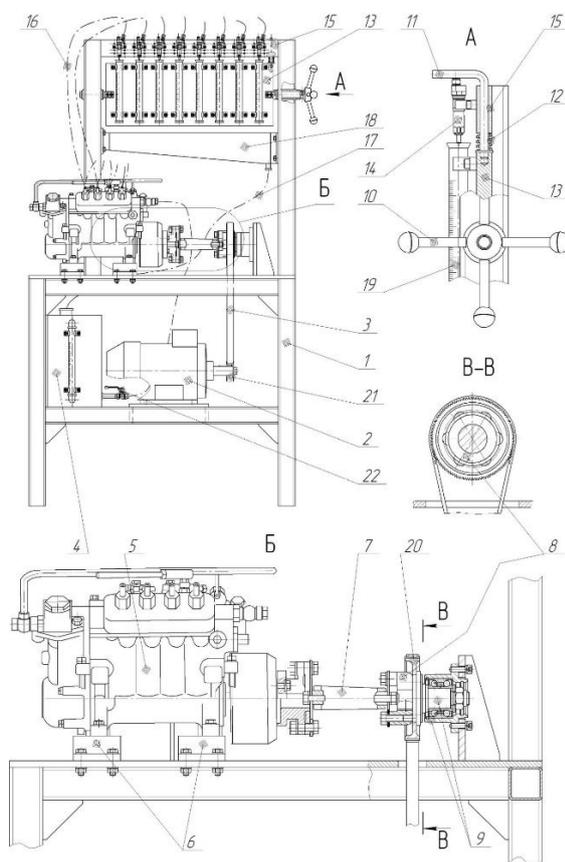


Рисунок 2.2 - Компонировочное решение станда

Техническое решение с применением автомобильных узлов и деталей в значительной мере позволяет сэкономить материальные затраты и время на изготовление станда. Также такая схема станда с применением стандартных узлов позволяет добиться максимально возможной компактности конструкции станда без особых усилий, как если бы пришлось изготавливать подобные узлы собственными силами АТП (в соответствии с ТЗ).

Привод вращения осуществляется по средством асинхронного электродвигателя 2, подключенного через частотный преобразователь (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Частотный преобразователь

Основными функциями преобразователя частоты S500 являются:

- пуск и регулирование скорости двигателя;
- реверс;
- ускорение, замедление, остановка;
- защита двигателя и преобразователя;
- динамическое торможение;
- простая конструкция, малые габариты и масса.

Применение данного преобразователя частоты позволит осуществить испытание ТНВД в заданном диапазоне оборотов (от 300 до 1500 мин⁻¹ – в соответствии с ТЗ), без применения каких-либо механических передач - повышающих или понижающих обороты (за исключением передаточного отношения через ремень 3 привода – см. рисунок 2.2 (шестерни 20 и 21), с целью обеспечения необходимого крутящего момента).

С целью обеспечения безопасности проведения работ все движущиеся части привода ограждены защитным кожухом (на чертеже условно не показан), крепление которого осуществляется к раме 1.

Основным параметром ТНВД, который необходимо контролировать, является его производительность при разных скоростях вращения вала в определенных положениях органов управления (положение направляющей топливного насоса, наладка регуляторов, электронное управление форсунками и т.д.), а также условия эксплуатации топливного оборудования

(например, топливный насос), параметры эталонного топлива (температура или вязкость). Параметры настройки устанавливаются изготовителем в планах испытаний топливного насоса.

Циркуляция топлива в стенде происходит не в замкнутом контуре (рисунок 2.2). Из бака с топливом 4 топливоподкачивающий насос направляет топливо в систему 5. Далее, по трубопроводам 16 от ТНВД 5, топливо под давлением подводится к форсункам 14. Затем происходит процесс впрыска форсунками 14. Далее топливо сливают в емкость 18 вручную (поворачивая панель 13) и по линии обратного слива (на чертеже условно не показано) топливо снова поступает в топливный бак 4. Количество впрыснутого топлива и, при необходимости излишнего топлива, за цикл определяются в измерительных колбах (мензурках) 19, имеющих мерные деления.

Определение характеристики автоматической муфты опережения впрыска (зависимости угла разворота полумуфт от частоты вращения) производится с помощью стробоскопа (на чертеже не показан).

Углы ротации подачи топлива секциями механизма определяются либо пьезоэлектрическими датчиками, установленными в блоках впрыска, так и реакцией на ударную волну от впрыскиваемой струи или датчиками давления, установленными в топливных трубах. В обобщенной схеме (рисунок 2.1) датчики обозначаются как фазовые.

Измерение подачи циклами и обратного дренажа осуществляется с помощью склянок 19 с градуированным, в реальном времени измерением количества топлива в секциях. Одновременно гистограммы расхода топлива для измеренных секций строятся на мониторе компьютера, установленном на стенде пульта дистанционного управления.

Когда вы визуальное заполняете склянки 19, вы можете сразу определить качественную разницу подачи из разных секций и не выполнять, полностью налив в соответствии со спецификациями плана тестирования, уменьшая время настройки.

По завершении испытания и регулировки топливо из мензурок 19, закрепленных на поворотной панели 13 (см. рисунок 2.2), необходимо слить. Для этого на стенде предусмотрена система механизированного слива, представляющая собой поворотную панель 13, непосредственно поворот которой осуществляется при помощи рукояти 10, предварительно оттянув вверх фиксатор 11, подпружиненный пружиной 12, расположенных на неподвижной планке 15 с форсунками 14.

Слив осуществляется в емкость 18, имеющей уклон – для слива по трубопроводу 17 в бак 4, через шаровый кран 22. Топливный бак 4 так же оснащен мензурочной системой уровня топлива в баке – для визуальной оценки его количества.

Т.о. предлагаемый для изготовления стенд по диагностированию ТНВД двигателя автомобиля КамАЗ, а именно для проверки величины и равномерности подачи топлива секциями, угла начала нагнетания и конца подачи топлива, чередования подачи секциями, частоту вращения вала в момент прекращения подачи топлива, частоту вращения вала в момент начал действия регулятора, цикловую подачу и частоту вращения вала при различных режимах работы регуляторов - полностью соответствует изложенным в ТЗ техническим требованиям и рекомендациям. Стенд не является универсальным, но очевидно, что себестоимость его изготовления значительно ниже стендов аналогичного назначения, предлагаемых на рынке на сегодняшний день. Так же не исключена возможность его переналадки под ТНВД других марок двигателей, без существенной доработки.

2.2.3 Эстетические требования к разрабатываемому продукту

Конструктивный стиль отдельных узлов должен создавать гармоничный, продуманный дизайн продукта. В нашем случае максимальное использование симметрии в расположении парных узлов было повсеместно невозможно, тем не менее, результирующая форма контуров узлов и деталей проста и строга и не предполагает двойственной цели.

Простая внешняя форма позволяет держать стойку в чистоте и облегчает удаление грязи и пыли. Не симметричная форма стенда дает еще более выраженную степень статичности и стабильности.

Окрашивание стенда также должно проводиться в соответствии с эстетическими требованиями. Все основные части стенда окрашиваются в светло-зеленые цвета, так как это более естественно, успокаивает и не вызывает волнения, не расфокусирует внимание человека и не влияет на производительность труда. Движущиеся части должны быть окрашены ярко-желтой эмалью, защитный кожух окрашивается в оранжевый цвет.

2.2.4 Эргономические требования

В целом дизайн стенда эргономичен, так как обслуживание не связано с большими неудобствами. Все основные узлы и силовые детали легко доступны для технического обслуживания и ремонта. И к переналаживаемым узлам и деталям стенда также предусмотрен беспрепятственный и удобный доступ.

Пульт управления вынесен из зоны периметра стенда в целях безопасности проводимых работ, поскольку процесс испытания производится при повышенных оборотах вращения и сопряжено с использованием жидкости под высоким давлением, т.е. стенд является источником повышенной опасности. Все кнопки и органы управления легко доступны и рационально разнесены по лицевой панели пульта управления. Вся необходимая информация выводится на монитор компьютера.

2.2.5 Техника безопасности в конструкции

Для обеспечения требований техники безопасности необходимо:

- применять только качественные и проверенные материалы и механизмы в изготовлении стенда, использовать только исправный инструмент и квалифицированный персонал;

- при конструировании крепежных узлов не применять хрупких материалов без применения разгрузочных устройств;

- выполнять требования электробезопасности. Для этого следует подводимые к стенду провода изолировать, в конструкции стенда предусмотреть защитное заземление, в электросхеме выполнить дублирующую обмотку и легкоплавкие предохранительные элементы;

- запрещаются работы по техническому обслуживанию и ремонту стенда без полного снятия напряжения с силового электрошкафа;

- выполнять требования пожаро- и взрывобезопасности. Для этого на участке размещения оборудования следует предусмотреть уголок пожарника: пожарный щит с огнетушителем и прочим необходимым для тушения оборудованием, а также ящик с песком;

- обеспечивать удобство работы оператора, геометрия размещения узлов управления и мест обслуживания должны соответствовать антропологическим характеристикам по данным ГОСТ;

- проведение инструктажа на рабочем месте;

- необходимо соблюдение чистоты и порядка;

- перед проведением испытаний обязательно следует проверять крепление всех узлов стенда, исправность защитного кожуха и ограждения периметра стенда и других механизмов;

- запрещается во время испытания агрегата проводить работы по креплению и регулировке.

ПРИМЕЧАНИЕ: Дизельное топливо и его пары токсичны, поэтому в качестве эталонного топлива используют специальные жидкости для калибровки дизельной топливной аппаратуры (стандарт DIN ISO 4113).

2.3 Расчет конструкции стенда

2.3.1 Расчет мощности приводного электродвигателя

Для определения необходимой мощности приводного электродвигателя нужно знать максимальное значение усилия сопротивления, создаваемое

объектом испытания (ТНВД) на максимально нагруженном режиме. Выбор электродвигателя обусловлен режимами на которых проверяется топливный насос высокого давления. Частота вращения кулачкового вала ТНВД, при котором регулятор должен полностью выключать подачу топлива, должна находиться в пределах 225-275 мин⁻¹. При вывёртывании болта минимальных оборотов из корпуса буферной пружины частота вращения вала уменьшается.

Болтом ограничения максимальной частоты вращения регулируют начало перемещения регулятором рейки при частоте вращения 1070 +/- 10 мин⁻¹ кулачкового вала ТНВД.

Частота вращения кулачкового вала ТНВД, соответствующая концу перемещения рейки, должна быть равна 1480-1555 мин⁻¹, что регулируют винтом двуплечего рычага регулятора.

Таким образом, в разрабатываемом стенде привод должен обеспечивать вращение ТНВД в интервале частот 80-1555 мин⁻¹ - исходя из этого подбирается электродвигатель.

Определим силу на плунжере, которая возникает при сжатии дизельного топлива:



Рисунок 2.4 - Плунжер

$$Q = (\pi \times D^2 / 4) \times p \times - Q_1, \quad (6)$$

где D – диаметр поршня гидроцилиндра, см; в нашем случае поршнем является плунжер, поэтому $D = 1,1$ см;

p – давление рабочей среды на поршень (плунжер), МПа; этим значением является давление при котором игла форсунки приподнимаясь, открывает проход топливу, впрыскиваемому в камеру сгорания, $p = 23$ МПа;

- КПД гидроцилиндра; $= 0,95$;

Q – сила сопротивления сжатой пружины при крайнем рабочем положении плунжера, Н; в расчётах будем ей пренебрегать, т.к. она слишком мала;

$$Q = (3,14 \times 1,1^2 / 4) \times 230 \times 0,95 = 207,5 \text{ кгс} = 2035,6 \text{ Н};$$

Рассчитаем момент, который должен быть создан на кулачковом валу ТНВД необходимый для создания осевой силы на плунжере:

На рисунке 2.5 показан вид кулачкового вала ТНВД и схема сил. Опираясь на эти данные будем вести расчет.

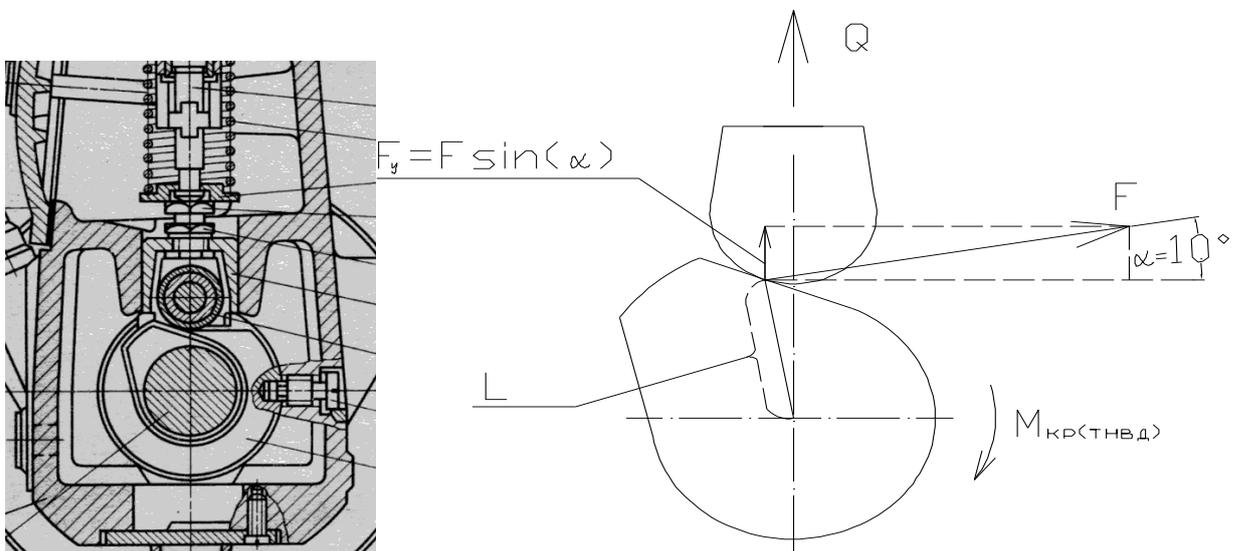


Рисунок 2.5. Схема сил - кулачковый вал ТНВД

Момент крутящий на кулачковом валу ТНВД равен:

$$M_{кр(ТНВД)} = L \times F, \quad (7)$$

где L – плечо силы, определяется из конструкции механизма, $L = 16$ мм;

Учитывая, что проекция силы F на ось Y будет равняться рассчитанной осевой силе на плунжере, произведём расчёт крутящего момента на кулачковом валу ТНВД:

$$F_y = F \times \sin(\alpha) = Q, \quad \text{отсюда}$$

$$F = Q / \sin(\alpha) = 2035,6 / \sin 10 = 11722,6 \text{ Н,}$$

Тогда

$$M_{\text{кр(ТНВД)}} = 11722,6 \times 0,016 = 187,6 \text{ Н}\times\text{м};$$

Определим мощность двигателя и крутящий момент на его валу, учитывая использование редуктора (передаточное отношение между шестернями зубчатого ремня – см. сборочный чертеж).

Т.к. в разрабатываемом стенде привод должен обеспечивать вращение ТНВД в интервале частот 80-1555 мин^{-1} - исходя из этого подбирается частота электродвигателя (с управлением через частотный регулятор – см. выше), с учетом передаточного отношения $i=2$ между шестернями зубчатого ремня.

Выбираем электродвигатель с частотой вращения 3000 мин^{-1} . Тогда крутящий момент на валу электродвигателя будет равен:

$$M_{\text{кр(эл.дв)}} = M_{\text{кр(ТНВД)}} / i = 187,6 / 2 = 93,8 \text{ Н}\times\text{м}; \quad (8)$$

Мощность электродвигателя будет равна:

$$M_{\text{кр(эл.дв)}} = 71620 \times N / n, \quad (9)$$

где n – частота вращения электродвигателя, мин^{-1} ;

N – мощность электродвигателя, кВт;

Тогда:

$$N = M_{\text{кр(эл.дв)}} \times n / 71620; \quad (10)$$

Мощность при min частоте вращения:

$$N(80) = 93,8 \times 80 / 71620 = 0,104 \text{ кВт};$$

Мощность при max частоте вращения:

$$N(1555) = 93,8 \times 1555 / 71620 = 2,03 \text{ кВт};$$

Используя справочную литературу выбираем следующий электродвигатель: Двигатель асинхронный АМ100L2 У2 380 В, 50 Гц, IM1001, с синхронной частотой вращения 3000 мин^{-1} , мощностью $N = 2,2 \text{ кВт}$. Поскольку во время испытания могут возникнуть непредвиденные ситуации, такие как заклинивание, – т.е. не исключены временные перегрузки (выше рассчитанных режимов), поэтому выбираем электродвигатель с небольшим запасом по мощности и с возможностью подключения через частотный регулятор S500.

2.3.2 Прочностной расчет

Рассчитаем шпонку под шестерню 21 установленную на валу электродвигателя 2, поскольку площадь контакта значительно меньше длины стандартной шпонки (шпонка рассчитана на мощность электродвигателя с которым и идет в поставке).

Поэтому принимаем комплектную призматическую шпонку.

Диаметр посадочного места вала под шестерню: $d = 28 \text{ мм}$.

Длина ступицы шестерни $l = 23 \text{ мм}$ (см. сборочный чертеж), но рабочая длина (где происходит контакт паза шестерни с частью длины шпонки) $l_p = 15 \text{ мм}$.

Далее эту шпонку (ее рабочую часть) проверим на смятие:

$$\sigma_{\tilde{m}} = \frac{2 \cdot \dot{I}_{\epsilon\delta}}{d \cdot l_p \cdot k}, \text{ МПа.} \quad (11)$$

где: $M_{кр}$, (Н · м) - максимальный крутящий момент на валу (с учетом перегрузок – т.е. для принятой паспортной мощности электродвигателя – см. п.1.3.1),

$$M_{кр} = \frac{30 \cdot N}{\pi \cdot n} = \frac{30 \cdot 2,2}{3,14 \cdot 1555} = 0,0135 \quad (12)$$

, Н*м

где: N = 2,2 кВт - мощность электродвигателя, (см. выше),
 n = 1555 мин⁻¹ - частота вращения, (см. выше),
 l_p = 15 мм = 0,015 м - рабочая длина шпонки,
 K = 2,3 – справочный табличный размер для расчета на смятие,
 d = 28 мм = 0,028 м - диаметр вала,

Тогда: $\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 0,0135}{0,028 \cdot 0,015 \cdot 2,3} = 27,95 \text{ МПа} \leq [\sigma_{см}]$,

где: $[\sigma_{\tilde{n}i}] = 50 \text{ МПа}$ для стали марки Сталь 45.

Таким образом, первоначальный выбор рабочей длины шпонки (паза шестерни) и для диаметра вала электродвигателя были выбраны правильно.

2.4 Руководство по эксплуатации стенда для проверки топливного насоса высокого давления двигателя КамАЗ

1 Технические характеристики

Габаритные размеры, мм:

- высота.....	1415
- ширина.....	867
- глубина.....	480

Питание:.....380V, 50 Гц

Электродвигатель (с системой управления от частотного преобразователя в диапазоне: 80...1555 мин⁻¹):

- мощность, кВт.....	2,2
- обороты, мин ⁻¹	3000*
Масса, кг.....	100

2 Общие меры безопасности

Все операции, связанные с транспортировкой, установкой и вводом в эксплуатацию, а также с техническим обслуживанием, должны производиться квалифицированным и опытным персоналом. Необходимо соблюдать требования по технике безопасности.

Согласно данной базовой информации о безопасности, к квалифицированному опытному персоналу относятся лица, знакомые с установкой, монтажом, вводом в эксплуатацию и эксплуатацией продукта, а также имеющие квалификацию, необходимую для выполнения этих операций.

Любые изменения в модификации станда недопустимы.

– Требования к рабочему месту: для установки станда требуется пространство 1000 мм (ширина) x 800 мм (глубина). Стенд должен устанавливаться на твердом, горизонтальном и неповрежденном полу.

– Производитель не несет ответственности за любой ущерб, вызванный несоблюдением правил данного руководства.

– Рабочее место должно быть чистым и сухим. Повышенное содержание пыли, паров или высокой влажности снижает надежность станда.

– Хранение станда. Неиспользуемое оборудование следует хранить в сухом месте. Если оборудование должно храниться в течение длительного времени, отключите его от всех источников электричества.

– Рабочая одежда. В рабочем костюме не должно быть свободных частей, чтобы избежать их захвата вращающимися частями механизма. При работе используйте головной убор, чтобы скрыть длинные волосы.

– Запрещается находиться по периметру стенда во время работы (испытаний).

– Проверьте исправность стенда. Перед работой на оборудовании внимательно изучите его, убедитесь, что все его части работают исправно. Если они повреждены или изношены, немедленно замените их.

– Осмотрите стенд. Держите оборудование в чистом и сухом виде для обеспечения надежной и безопасной работы.

– Техническое обслуживание (ТО). Для вашей безопасности, поручите техническую поддержку стенда в рабочем состоянии квалифицированным специалистам.

ВНИМАНИЕ!

Запрещается прикасаться к компонентам под напряжением и силовому соединению компонентов с источником питания.

3 Описание стенда и комплект поставки

Комплект поставки, а также общее описание основных узлов стенда и их назначение подробно описано в п.2.2 настоящей ПЗ.

4 Подготовка и порядок работы на стенде

Подготовка стенда к работе заключается в следующем:

– Удалить консервационную смазку со всех неокрашенных поверхностей, произвести сборку стенда из поставленного комплекта согласно сборочного чертежа.

– Произвести обязательный перечень работ по регулировке и устранению зазоров в узлах кинематической цепочки стенда (выставление зазоров и соблюдение сносности между соответствующими узлами стенда).

– Произвести монтаж и подключение энергосистем стенда и помещения, с обязательным заземлением стенда. Заземляющий провод должен иметь сечение не менее 10 мм².

– Смазать консистентной смазкой направляющие и подшипники движущихся частей стенда.

– Пульт управления разместить на удаленном расстоянии от стенда (не менее 2 метров от любой точки стенда).

– Осуществить пробный пуск стенда (без установленного ТНВД), в случае необходимости провести наладочные работы, после чего работу произвести в следующем порядке:

Порядок работы на стенде:

Установив ТНВД соосно с приводным валом стенда, и затянув болты крепления насоса со стендом с моментом 5 Н*м, присоединяются к насосу топливопроводы низкого и высокого давления, после чего производится диагностирование ТНВД на:

1) Величину и равномерность подачи топлива, чередование подачи секциями.

2) Частоту вращения вала в момент прекращения подачи топлива

3) Частоту вращения вала в момент начала действия регулятора.

4) Цикловую подачу и частоту вращения вала при различных режимах работы регулятора.

Момент начала и конца впрыска дизельного топлива у форсунки должны четко прослеживаться и сопровождаться резким звуковым эффектом (хлопком). Топливо, которое выходит из форсунки, должно находиться в состоянии тумана и равномерно распределяться по сечению струи. Заметные на глаз капли, струйки и сгущения топлива не допускаются. Ось конуса струи и ось распылителя должны совпадать. Допускается отклонение оси не более чем на 1/4 угла конуса струи.

Испытание ТНВД на производительность выполняется при температуре дизельного топлива 18÷22°C, на следующих режимах: пусковом и эксплуатационном.

1. Измерение производительности ТНВД в пусковом режиме проводится следующим образом:

- запускается стенд и устанавливается скорость вращения вала 80 ± 10 мин⁻¹;
- замеряется количество топлива, находящегося в мерных мензурках.

Величина пусковой подачи топлива должна находиться в пределах $22 \div 24$ см³ за каждый ход плунжера насоса. Если наблюдается отклонение от нормы, то проводится регулировка подачи винтом, который ограничивает перемещение рычага управления при положении, соответствующем min оборотам XX. Увеличение подачи можно осуществить при помощи винта кулисы, не нарушая запаса хода рейки.

2. Измерение количества подачи топлива ТНВД при эксплуатационном режиме:

- запускается стенд и устанавливается скорость вращения вала 1070 ± 10 мин⁻¹;
- замеряется объем топлива, поданного в мерные мензурки. Величина подачи топлива должна находиться в пределах $23 \div 23,4$ см³ за один ход плунжера. При отклонении от нормы производится регулировка подачи при помощи винта регулятора.

5. Техническое обслуживание стенда

1) Всегда отключайте стенд от сети во время ремонта или технического обслуживания.

2) Перед началом работ проверьте техническое состояние стенда: целостность электрических кабелей, силовых скоб, резьбовых соединений, крепление защитного кожуха. Если возникают странные шумы или вибрации, немедленно отключите подставку от сети. Не используйте его до устранения неисправности.

3) Проверяйте состояние крепежных элементов силовых механизмов стойки не реже одного раза в неделю и выполняйте проверку только при отключенном электропитании.

6 Гарантийная ответственность

1. Изготовитель дает гарантию, что стенд соответствует техническим требованиям и обязуется заменить или отремонтировать поврежденные детали бесплатно в течение гарантийного срока при условии соблюдения потребителем условий эксплуатации, транспортировки, хранения и упаковки.

2. Гарантийный срок составляет 1 год.

3. Начало гарантийного срока исчисляется с даты сдачи стенда в эксплуатацию, но не позднее, чем через шесть месяцев для текущего и девяти месяцев для вновь построенных предприятий с момента достижения стендом станции назначения или с момента его принятия на складе изготовителя.

7 Хранение узлов, механизмов и агрегатов устройства

Устройство до введения в эксплуатацию должно храниться в целостной упаковке предприятия-изготовителя в отапливаемом хранилище при температуре от 5°C до 40°C и относительной влажности воздуха до 80%, что соответствует условиям хранения категории "Л" согласно ГОСТ 15150-69. Также необходимо соблюдать условия хранения, при которых должна отсутствовать пыль, пары кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных веществ, способные вызывать коррозию металлов.

После ввода в эксплуатацию допускается хранение устройства без упаковки в отапливаемых хранилищах при температуре окружающего воздуха от 10°C до 35°C и при относительной влажности до 80% (при температуре 25°C).

8 Транспортирование узлов, механизмов и агрегатов устройства

Транспортирование производится в транспортной таре и должно быть в соответствии с требованиями:

- ГОСТ 23170-78 для условий транспортирования "С";
- "Техническими условиями погрузки и крепления грузов";
- "Общими специальными правилами перевозки грузов" (Тарифное руководство 4-М).

– Транспортная тара по ГОСТ 24634-81.

3 Экономическая эффективность разработанной конструкции

3.1 Себестоимость изготовления конструкции

Статья затрат «Сырье и материалы» рассчитывается по следующей формуле:

$$M = C_M * Q_M * (1 + \frac{K_{mз}}{100}) \quad (13)$$

Таблица 3.1 – Затраты, связанные с изготовлением и реализацией конструкции

№ п/п	Наименование сырья / материала	Единица измерения	Норматив расхода	Средняя цена за единицу материала, руб.	Итоговая сумма, руб.
1	2	3	4	5	6
1	Труба прямоугольная	кг	15	40	600
2	Сталь листовая	кг	8	46	368
3	Круг отрезной	шт	Нет	23	100
4	Сварочный электрод	шт	Нет	15	80
5	Краска	кг	3	80	240
6	Грунтовка	кг	3	50	150
7	Разное:	-	-	-	1000
ИТОГО:					2538
Расходы связанные с транспортировкой и заготовкой:					340
Остатки сырья/материалов:					170
ВСЕГО:					3048

Статья затрат «Покупные изделия и полуфабрикаты» рассчитывается по следующей формуле:

$$П_{и} = C_i * \eta_i * (1 + \frac{K_{mз}}{100}) \quad (14)$$

Таблица 3.2 – Затраты на покупные изделия

№ п/п	Наименование	Количество, шт.	Средняя цена за единицу, руб.	Итоговая сумма, руб.
1	2	3	4	5
1	Электродвигатель	1	7200	7200

Продолжение таблицы 3.2

2	Бак	1	1500	1500	
3	Емкость сливная	1	1000	1000	
4	Ремень ГРМ	1	300	300	
5	Частотный преобразователь s500	1	5000	5000	
6	Мензурки	8	250	2000	
7	Форсунки	8	1200	9600	
8	Кран шаровый	1	250	250	
9	Трубопровод высокого давления	8	200	1600	
12	Метизы	-	-	1000	
13	Прочее	-	-	1500	
				ИТОГО:	30950
Расходы связанные с транспортировкой и заготовкой:					2000
				ВСЕГО:	32950

Статья «Зарплата основная» рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_o = C_p * T * \left(1 + \frac{K_{мз}}{100}\right) \quad (15)$$

Таблица 3.3 – Расчет статьи «Зарплата основная»

№ п/п	Наименование операции	Квалификационный разряд работы	Трудоемкость, человек/час	Тарифная ставка, рублей/час	Тарифная заработная плата, рублей	
1	Заготовительные работы	3	8,0	40,14	321,12	
2	Сварочные работы	5	10,0	50,46	504,6	
3	Сверлильные работы	4	6,0	44,01	264,06	
4	Слесарные работы	4	8,0	44,01	352,08	
5	Сборочные работы	3	12,0	50,17	602,04	
6	Окрасочные работы	5	6,0	43,07	258,42	
7	Испытательные работы	5	12,0	43,07	516,84	
					ИТОГО:	2819,6
					Выплата премии:	1127,66
					Зарботная плата (основная):	3946,82

Статья «Зарплата дополнительная» рассчитывается по следующей формуле:

$$З_д = З_о * \frac{K_д}{100} \quad (16)$$

Статья «Отчисления в единый социальный налог» рассчитывается по следующей формуле:

$$O_c = З_о + З_д * K_c \quad (17)$$

Статья «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования» рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{\text{сод.об}} = З_о * \frac{K_{\text{об}}}{100} \quad (18)$$

Статья «Общепроизводственные расходы» рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{\text{опр}} = З_о * \frac{K_{\text{опр}}}{100} \quad (19)$$

Затраты, связанные с работой цеха (цеховая себестоимость) рассчитываются по следующей формуле:

$$C_{\text{ц}} = M + \Pi_u + З_о + З_д + O_c + P_{\text{сод.об}} + P_{\text{опр}} \quad (20)$$

Статья «Общехозяйственные расходы» рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{\text{охр}} = З_о * K_{\text{охр}} \quad (21)$$

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{ц}} + P_{\text{охр}} \quad (22)$$

Статья «Внепроизводственные расходы» рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{\text{вн}} = C_{\text{пр}} * K_{\text{внепр}} \quad (23)$$

Данные по расчету себестоимости новой техники сводим в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Калькуляция себестоимости нового станда

Обозначение	Статья затрат	Сумма, руб.
М	1 Сырье и материалы	3048
П _и	2 Покупные изделия и полуфабрикаты	32950
З _о	3 Зарплата основная	3946,82
З _д	4 Зарплата дополнительная	394,68
О _с	5 Отчисления на соцстрах	1128,79
Р _{об}	6 Расходы на содержание оборудования	4104,69
Р _{опр}	7 Общепроизводственные расходы	5920,23
С _ц	8 Цеховая себестоимость	51493,21
Р _{охр}	9 Общехозяйственные расходы	6314,91
С _{пр}	10 Производственная себестоимость	57808,12
Р _{вн}	11 Внепроизводственные расходы	2890,41
С _п	12 Полная себестоимость	3946,82

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Малкин, В.С.** Устройство и эксплуатация технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / В. С. Малкин ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Проектирование и эксплуатация автомобилей". - Тольятти : ТГУ, 2016. - 451 с. : ил. - Библиогр.: с. 445. - Прил. : с. 446-451.

2 **Малкин, В.С.** Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования : учебно-методическое пособие к курсовому проекту бакалавров направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», специальность «Автомобили и автомобильное хозяйство» [Текст] / В. С. Малкин. - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2016. - 57 с. : ил. - Библиогр.: с. 67-68. - Прил.: с. 69-107.

3 **Анурьев, В. И.** Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т. 1 [Текст] / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. - 8-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2001. - 920 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - Перечень ГОСТов: с. 909-912. - Предм. указ.: с. 913-920. - ISBN 5-217-02963-3.

4 **Гаспарянц, Г. А.** Конструкция, основы теории и расчета автомобиля : [учеб. для машиностроит. техникумов по спец. "Автомобилестроение"] [Текст] / Г. А. Гаспарянц. - Москва : Машиностроение, 1978. - 351 с. : ил. - Предм. указ.: с. 342-347.

5 **Детали машин** : учеб. для вузов [Текст] / Л. А. Андриенко [и др.] ; под ред. О. А. Ряховского. - 2-е изд., перераб. ; Гриф МО. - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. - 519 с. : ил. - (Механика в техническом университете ; т. 8). - Библиогр.: с. 514-515. - ISBN 5-7038-1371-9 : 98-64.

6 **Дунаев, П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для вузов [Текст] / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. - 11-е изд., стер. ; Гриф МО. - Москва : Академия, 2008. - 496 с. : ил. - (Высшее

профессиональное образование. Машиностроение). - Библиогр.: с. 493. - ISBN 978-5-7695-4929-8.

7 **Епишкин, В.Е.** Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-методическое пособие для студентов направлений подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (профиль «Автомобили и автомобильное хозяйство») / В.Е. Епишкин, И.В. Турбин. - Тольятти : ТГУ, 2016. – 130 с.

8 **Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста** : учебно-методическое пособие [Текст] /А.Г. Егоров, В.Г. Виткалов, Г.Н. Уполовникова, И.А. Живоглядова. - Тольятти, 2012, - 135 с.

9 **Буралев, Ю. В..** Устройство, обслуживание и ремонт топливной аппаратуры автомобилей : [Учеб. для сред. ПТУ] / Ю. В. Буралев, О. А. Мартиров, Е. В. Кленников. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1987. - 287,[1] с. : ил.; 22 см.

10 **Кривенко П. М.** и др. Ремонт дизелей сельхозназначения / П.М. Кривенко – М.: Агропромиздат, 1990. - 271 с.

11 **Кривенко, П. М.** Дизельная топливная аппаратура [Текст] / П. М. Кривенко, И. М. Федосов. - Москва : Колос, 1970. - 536 с. : ил.; 22 см.

12 **Семенов В. Н.** ТНВД серии УТН / В.Н. Семенов – М.: Легион-Автодата, 2000. – 80 с.

13 **Белоконь Я. Е.** Системы питания дизелей тракторов и грузовых автомобилей / Я.Е. Белоконь – Чернигов: Ранок, 2002 – 176 с.

14 ГОСТ 10578-95. Насосы топливные дизелей. Общие технические условия = Diesel engine fuel pumps. General specifications : межгосударственный стандарт / Разработан Российской Федерацией ТК 56 "Дорожный транспорт". - Изд. Февраль 2000 г. / взамен ГОСТ 10578-86; введ. 1997-07-01. - Москва : ИПК Изд-во стандартов, 2000. - III, 18 с.; 21 см.

15 ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений = Ч. 1.

Основные положения и определения : Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 1. General principles and definitions : государственный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 : введен впервые : введен 2002-11-01 / Госстандарт России. - Москва : ИПК Изд-во стандартов, 2002. - VIII, 23 с.

16 **Кислов, В. Г.** Топливные насосы распределительного типа [Текст] / В. Г. Кислов, Р. М. Баширов, В. Я. Попов. - Москва : Машиностроение, 1975. - 149 с. : черт.; 21 см.

17 Топливная система дизельных двигателей : Рядные ТНВД : Распредел. ТНВД : Устройство, принцип действия, регулировки, ремонт : Практ. рук. / [С. Афонин]. - Батайск : ПОНЧИК, 2000. - 136 с. : ил., табл.; 20 см.

18 **Файнлейб, Б. Н.** Топливная аппаратура автотракторных дизелей: Справочник. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1990. - 352 с: ил.

19 **Грехов, Л.В.** Топливная аппаратура и системы управления дизелей : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 101200 - "Двигатели внутреннего сгорания", направлению 651200 - "Энергомашиностроение" / Л. В. Грехов, Н. А. Иващенко, В. А. Марков. - 2-е изд. - Москва : Легион-Автодата, 2005. - 344 с. : ил., табл.; 30 см.

20 **Чмиль, В. П.** Автотранспортные средства : учебное пособие / В.П. Чмиль, Ю.В. Чмиль. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2011. - 335 с. : ил., табл.; 22 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература).

21 **Семенов, В.Н., Марков В.А.** ТНВД ЯЗДА. Устройство и ремонт. - М.: Легион-Автодата, 2009. -112 с: ил.

22 **Вихерт, Михаил Михайлович.** Топливная аппаратура автомобильных дизелей [Текст] : Конструкция и параметры. - Москва : Машиностроение, 1978. - 177 с. : ил.; 21 см.

23 **Ballou R.H.** Basic Buisness logistics. New York, 1987,438 p

- 24 **Topfer H.** Arbeitsbuch Automatisierungstechnik / H. Topfer, S. Rudert.
- Berlin : VEB Verlag Technik, 1979. - 140 s. : il
- 25 **Babb K. R.** Diesel engine service / K. R. Babb. - Virginia : Reston,
1984. - 435 p. : ill. - Index: p. 433-435
- 26 **Reinhold H.** Aufgabensammlung verbrennungsmotoren / H. Reinhold. -
4., durchgesehene auflage. - Berlin : Transpress, [1981]. - 128 s. : ill. -
Sachwortverzeichnis: s. 127-128

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Спецификация

