

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)

«Автомобили и автомобильное хозяйство»
(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Разработка лабораторной работы по диагностированию топливного насоса высокого давления

Студент

А.А. Воронин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.А. Ивлиев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

С.А. Гудкова

(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

Тема данной выпускной квалификационной (бакалаврской) работы: Разработка лабораторной работы по диагностированию топливного насоса высокого давления. Данная лабораторная работа разработана для студентов по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов». Рассмотрены устройство, принцип работы, особенности эксплуатации, обслуживания и ремонта топливной аппаратуры дизельного двигателя с механической системой управления. Выпускная квалификационная работа включает в себя четыре раздела.

В первом разделе проведён обзор и анализ лабораторной установки.

Во втором разделе проведён разбор и анализ двигателей внутреннего сгорания и систем топливоподачи дизельных двигателей. Рассмотрены особенности устройства и работы механической системы топливоподачи дизельного двигателя.

В третьем разделе рассматриваются безопасность и экологичность технического объекта с конструкторно-технологической характеристикой объекта.

В четвёртом разделе рассматриваются особенности технического обслуживания и ремонта топливной аппаратуры.

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку в объёме 52 страниц, содержит 18 рисунков и 3 видео ролика.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка лабораторной работы для студентов, выполнив которую они смогут, приобрести определенные умения и навыки для обслуживания и диагностики ТНВД с механическим впрыском.

Актуальность данной выпускной квалификационной работы заключается в более тщательном усвоении студентом предмета в рамках учебного процесса.

ABSTRACT

The graduation work is devoted to the development of laboratory work on the diagnosis of the fuel high-pressure pump. This lab is designed for students graduating a training program "Exploitation of transport and technological machines and complexes". A device, principle of operation, operating features, maintenance and repair of fuel equipment of diesel engine with a manual control system. The graduation work consists of four sections.

The first section presents a review and analysis of the laboratory setup.

The second section presents a review and analysis of internal combustion engines and fuel delivery systems of diesel engines. The features of the device and the mechanical operation of the fuel system of a diesel engine.

The third section examines the security and sustainability of a technical object with konstruktorno-technological characteristics of the object.

The fourth section considers the features of technical maintenance and repair of fuel equipment.

The graduation work contains an explanatory note in the volume of 52 pages including 18 drawings and 3 videos.

The purpose of this graduation work is to develop tutorials for students having studied that they, will be able to acquire certain skills for maintenance and Troubleshooting of fuel injection pump with mechanical injection.

The relevance of this thesis is a more thorough assimilation by the student of the subject within the educational process.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 Лабораторная работа «Диагностика топливного насоса высокого давления»	7
1.1 Цель работы	7
1.2 Задачи	7
1.3 Используемое оборудование	7
2 Описание лабораторной установки	8
2.1 Стенд для регулировки ТНВД MIRKOZ STAR 12-F	8
3 Общие сведения	10
3.1 Характеристики двигателей внутреннего сгорания	10
3.2 Процесс сгорания топлива в дизельном двигателе	12
3.3 Требования, предъявляемые к дизельной топливоподающей аппаратуре	14
3.4 Общее устройство топливной аппаратуры и принцип работы	17
3.4.1 Топливная магистраль	18
3.4.2 Фильтр грубой очистки	18
3.4.3 Фильтр тонкой очистки	21
3.4.4 Форсунка	23
3.4.5 Топливоподкачивающий насос	24
3.5 Устройство и принцип действия механического рядного ТНВД	28
4 Безопасность и экологичность технического объекта	35
4.1 Конструкторно-технологическая характеристика объекта	35
4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков	35
4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков	36
4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого объекта	36

4.7 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта	38
5 Технология диагностирования ТНВД двигателя ЯМЗ - 238	40
5.1 Неисправности, методы исправления	40
5.2 Определение равномерности подачи топлива секциями ТНВД	41
5.3 Технологическая карта диагностики ТНВД	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	47
Список использованных источников	48

ВВЕДЕНИЕ

Топливный насос является важным элементом системы питания дизельного двигателя. Он служит для подачи дизельного топлива к форсунке в определённое время, в определённом количестве, под высоким давлением. Эти параметры необходимы дизельному двигателю для его плавной без перебойной работе. Поэтому вопрос, связанный с его работоспособностью является актуальным. В данной выпускной квалификационной работе представлена лабораторная работа по диагностике топливного насоса высокого давления с применением мультимедийного материала. Данную выпускную квалификационную работу можно использовать в качестве лабораторной работы в рамках учебного процесса «Института машиностроения» и «Института энергетики и электротехники».

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка учебного пособия для студентов, изучив которое они смогут, приобрести определенные умения и навыки для обслуживания и диагностики ТНВД с механическим впрыском.

1 Лабораторная работа «Диагностика топливного насоса высокого давления»

1.1 Цель работы: Изучить конструкцию и диагностические параметры, характеризующие работоспособность топливного насоса высокого давления(ТНВД), используемого на автомобилях с механическим впрыском дизельного топлива.

1.2 Задачи:

1. Изучить конструкцию и принцип работы ТНВД
2. Изучить диагностические параметры, характеризующие техническое состояние ТНВД
3. Изучить методы диагностирования ТНВД
4. Изучить конструкцию и принцип работы современных стендов для диагностики ТНВД
5. Приобрести практические навыки по диагностике ТНВД

1.3 Используемое оборудование

В данной лабораторной работе используется следующее оборудование:

- Стенд для регулировки ТНВД
- Стробоскоп

2 Описание лабораторной установки

2.1 Стенд для регулировки ТНВД MIRKOZ STAR 12-F (рисунок 1).



Рисунок 1 – Стенд для диагностирования ТНВД

Стенд предназначен для испытания и регулировки ТНВД дизельного двигателя с числом цилиндров от 1 до 12 путём задания частоты вращения кулачкового вала насоса, давления топлива, числа циклов за период измерения подачи топлива, температуры топлива на входе в насос, а также измерения цикловой подачи топлива, углов начала нагнетания и впрыска топлива, начала работы регулятора.

Таблица 2.1 - Техническая характеристика

Тип	стационарный
Количество испыт. секций топливного насоса, шт.	1-12
Мощность привода, кВт	2.8
Подача измерительной жидкости	2 питательных насоса, приводимых электродвигателем мощностью 0,35 кВт

Таблица 2.2 - Измерение частоты вращения вала привода:

метод измерения	механический
диапазон изменения частоты вращения, мин-1	65-2500

Таблица 2.3 - Измерение производительности насосных секций:

метод измерения	объемная
емкость одной секции измерительного блока, см ³	0- 40
Цена деления шкалы мерной емкости одной секции, см ³	0.2
Топливный бак, л	40
Цепь управления выключателем двигателя и освещения, В	24
Необходимая электросеть	трехфазная, 380 В, 50 Гц
Габаритные размеры без блока электроники, мм	1250x900x1850
Высота стола, мм	810
Масса, кг	700
Производство (страна)	Венгрия

3 Общие сведения

3.1 Характеристики двигателей внутреннего сгорания

Для приведения в движение транспортного средства используют двигатели. Двигатели подразделяются на несколько видов: двигатель внутреннего сгорания (ДВС) (рисунок 2), электродвигатель, гибридный двигатель.

ДВС - это тепловой двигатель, в котором топливо сгорает в цилиндре. При этом тепловая энергия, выделяющаяся при сгорании топлива, преобразуется в механическую.

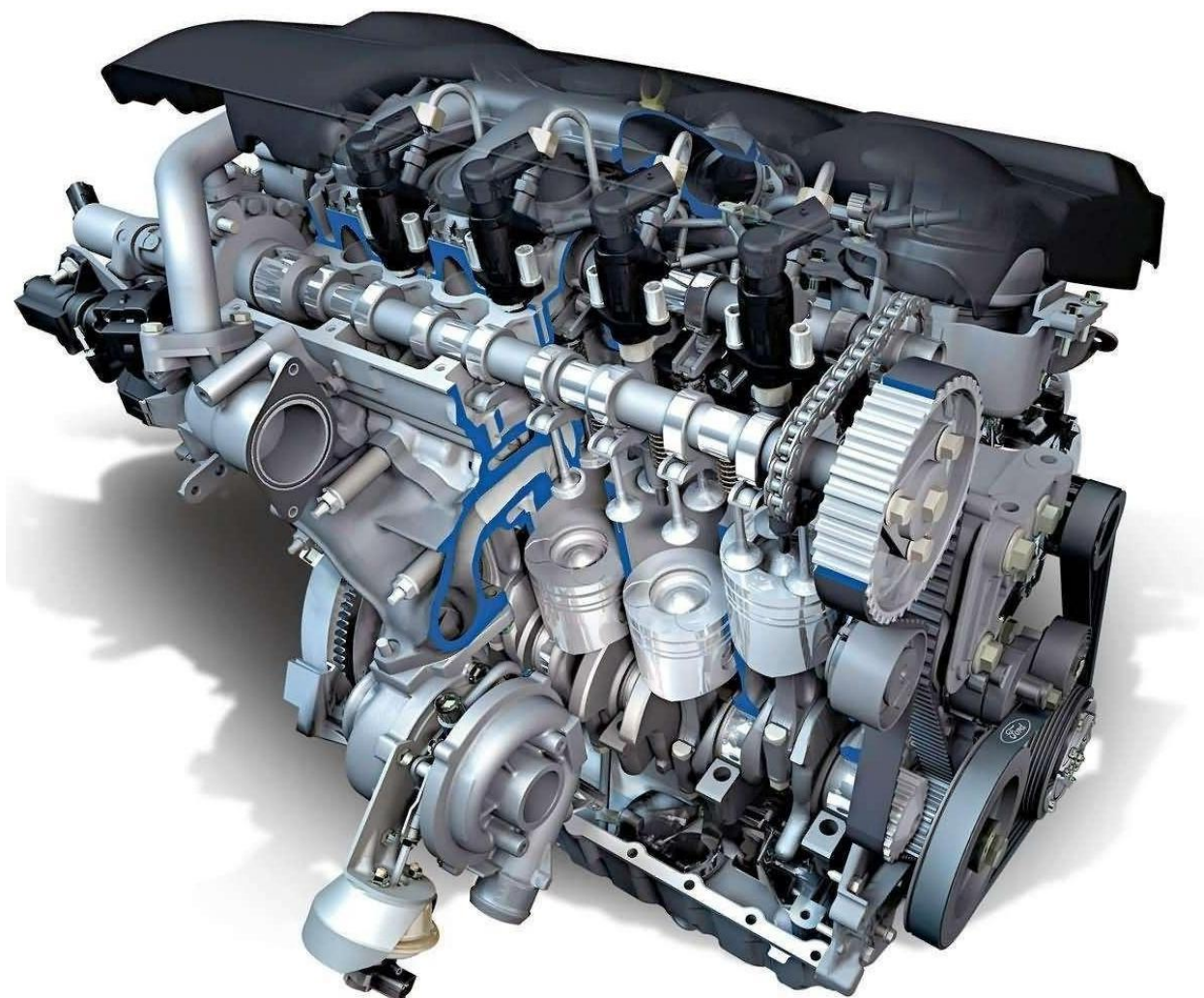


Рисунок 2 – Двигатель внутреннего сгорания

По типу используемого топлива двигатели внутреннего сгорания делятся на бензиновые, дизельные, водородные и газовые. Наибольшее распространение в автомобилях получили четырех и шестицилиндровые двигатели. Расположение цилиндров ДВС бывает рядное, V-образное, оппозитное.

Существует два принципа регулирования мощности ДВС: количественное и качественное.

Количественное регулирование мощности применяется в бензиновых двигателях. Для увеличения мощности водитель, нажимая рычаг акселератора, открывает дроссельную заслонку, впускает в камеру сгорания большее количество топливовоздушной смеси, что приводит к увеличению частоты вращения коленчатого вала.

Дизельные двигатели отличаются от бензиновых принципом воспламенения топливовоздушной смеси. В них воздух подаётся в камеру сгорания и сжимается при движении поршня от нижней мёртвой точки (НМТ) к верхней. При этом воздух нагревается. Для подавляющего большинства дизельных двигателей степень сжатия (это отношение полного объёма цилиндра к объёму камеры сгорания) составляет 19-23 и редко уходит за границы 16-25. При такой степени сжатия температура воздуха достигает 300-400 градусов Цельсия (рис.10).

В связи с тем, что температура самовоспламенения дизельного топлива составляет 220 Со, при подаче его в конце такта сжатия произойдёт воспламенение топливо воздушной смеси.

Мощность дизельного двигателя и его крутящий момент регулируются изменением количества топлива впрыскиваемого в камеру сгорания. Таким образом, у дизельного двигателя качественное регулирование мощности и крутящего момента.

3.2 Процесс сгорания топлива в дизельном двигателе

Процесс сгорания топлива происходит с выделением тепла и, соответственно, с повышением давления в цилиндре. Его можно представить в виде индикаторной диаграммы, по которой судят о протекании рабочего процесса. При этом рабочий процесс условно делят на 3 фазы.

Первая фаза включает в себя период с начала поступления топлива в камеру сгорания до момента образования первых очагов пламени. Химический состав топлива оказывает большое влияние на продолжительность периода задержки воспламенения. Лучшим дизельным топливом с точки зрения величины периода задержки воспламенения являются топлива парафинового ряда. Они обладают слабой связью углеродистых атомов и в случае применения такого топлива продолжительность периода задержки воспламенения будет наименьшей. На задержку воспламенения оказывает влияние цетановое число, которое, в зависимости от топлива, может меняться от 45 до 55. Задержка воспламенения резко возрастает, если цетановое число меньше 40, при этом так же резко увеличивается давление в камере сгорания, что приводит к жёсткой работе двигателя. Чем выше цетановое число, тем меньше задержка и тем более спокойно и плавно горит топливная смесь.

При увеличении длительности периода задержки воспламенения в цилиндре накапливается значительное количество топлива, которое сгорает до прихода поршня в в.м.т., при этом возрастает жесткость работы двигателя.

Угол опережения впрыска (угол положения коленчатого вала от момента подачи топлива до в.м.т.) оказывает непосредственное влияние на работу двигателя. Для каждой конструкции дизеля наивыгоднейшее значение угла опережения впрыска зависит от способа смесеобразования, степени сжатия, литража двигателя, характеристики подачи топлива, быстроходности двигателя. В каждом конкретном случае оптимальную его величину подбирают экспериментальным путем. При увеличении угла опережения впрыска топливо, поступающее в камеру сгорания, попадает в более холодную среду с низким

давлением a , следовательно, и с меньшей объемной концентрацией кислорода. Воспламенение топлива вследствие этого задерживается, а продолжительность первой фазы возрастает.

При поздней подаче топлива (после прохождения поршнем в. м. т.) хотя температура сжатого воздуха и благоприятна для воспламенения, но вследствие движения поршня вниз давление быстро снижается, поэтому воспламенение топлива задерживается и продолжительность первой фазы возрастает, хотя и менее интенсивно, чем при увеличении угла опережения впрыска. Сгорание в этом случае протекает вяло и экономичность двигателя ухудшается.

Вторая фаза включает в себя период с момента появления первых очагов пламени до охвата пламенем всего объема камеры сгорания. В этой фазе резко повышается давление. Характер протекания второй фазы зависит от продолжительности первой, от однородности и вихревого движения смеси, скорости подачи топлива. Чем длительнее первая фаза, тем выше скорость сгорания и тем жестче работа двигателя.

Температура самовоспламенения зависит от давления в камере сгорания, количества и момента поступления последующих порций топлива, интенсивности рассеивания тепла путем конвекции и теплопроводности, от качества топлива и др. При установившемся горении поступающие в камеру частички топлива немедленно воспламеняются. Скорость горения при этом зависит от скорости движения капель в камере, т. е. от скорости подвода воздуха, богатого кислородом, к топливу и от скорости отвода продуктов сгорания.

Неоднородность рабочей смеси уменьшает скорость распространения пламени. Процесс протекает более продолжительное время и эффективность его снижается. Усиление вихревых движений в камере улучшает качество смесеобразования и процесс сгорания. Возрастание скорости подачи топлива благоприятно сказывается на протекании рабочего процесса. Желательно, чтобы скорость впрыска возрастала непрерывно. Увеличение давления впрыска

ускоряет процесс сгорания, что объясняется улучшением тонкости распыливания, увеличением дальнобойности и улучшением равномерности распределения топлива в камере сгорания.

Третья фаза процесса сгорания характеризуется более высоким давлением и температурой. Благодаря этому сокращается продолжительность периода задержки воспламенения топлива, которое продолжает поступать в цилиндр. Однако к концу этого периода уменьшается концентрация кислорода в камере и время задержки воспламенения топлива, выходящего из форсунки, возрастает. Для улучшения сгорания топлива и сокращения продолжительности третьей фазы может быть использована дальнобойность струи. Струя, обладающая большей дальнобойностью, глубже проникает в толщу сжатого газа и попадает в зоны с большей концентрацией кислорода. Увеличения дальнобойности струи достигают повышением давления впрыска.

3.3 Требования, предъявляемые к дизельной топливоподающей аппаратуре

К топливоподающей аппаратуре предъявляются следующие основные требования:

- создавать высокое давление в системе топливоподачи. Впрыскиваемое топливо должно преодолеть сопротивление сжатого воздуха и проникнуть в глубь камеры сгорания, раздробившись при этом на мельчайшие частицы. Крупные капли полностью не сгорают и образуют нагар на стенках камеры и на днище поршня. Поэтому топливо должно подаваться под высоким давлением, обеспечивающим хорошее распыливание. Наивыгоднейшая величина давления впрыска, которая должна поддерживаться в процессе эксплуатации, зависит от конструкции двигателя.

- дозировать порции топлива, соответствующие нагрузке двигателя. Топливная аппаратура должна подавать такое количество топлива, которое соответствовало бы нагрузке двигателя на любом заданном скоростном режиме. В тракторных дизелях за один впрыск на режиме номинальной

мощности подается от 0,060 до 0,220 см³ топлива. У дизелей одинакового типа подача тем выше, чем больше рабочий объем цилиндра. На режиме холостого хода подача за цикл уменьшается в 3—4 раза.

- подавать топливо в камеру сгорания в определенный момент. Момент впрыска топлива оказывает большое влияние на процесс воспламенения и сгорания; от него в значительной степени зависят такие важные показатели, как период задержки воспламенения, скорость нарастания давления, максимальное давление сгорания, полнота сгорания топлива и другие показатели, оказывающие влияние на мощность, экономичность и долговечность дизеля.

Величину угла опережения впрыска устанавливают в зависимости от продолжительности периода задержки воспламенения топлива. Чем больше этот период, тем раньше следует подавать топливо в цилиндры и тем больше должен быть угол опережения впрыска.

- подавать топливо в течение заданного промежутка времени с определенной интенсивностью. Энергия, заключенная в топливе, наиболее полно преобразуется в полезную работу дизеля в том случае, если сгорание происходит в тот момент, когда поршень двигателя находится около в. м. т. Объем пространства сгорания при этом будет минимальный, давление в камере наибольшее, а потери тепла, уходящего через стенки камеры сжатия, наименьшие.

- обеспечивать одинаковую подачу топлива во все цилиндры дизеля при любой нагрузке. Двигатель может работать устойчиво, экономично и долговечно в том случае, если топливо поступает во все цилиндры через равные промежутки времени, с одинаковой интенсивностью, в наивыгоднейший момент. Топливоподающая аппаратура должна быть сконструирована и отрегулирована так, чтобы процесс впрыска топлива во все цилиндры при любых нагрузках протекал одинаково. Отклонение в величине подачи по цилиндрам нарушает равномерность вращения коленчатого вала и снижает экономичность.

- обеспечивать одинаковые углы опережения впрыска и равномерную подачу топлива в каждый цилиндр, на примере первой и третьей мерной колбы представлена равномерная подача топлива (рисунок 3). Неравномерность не должна превышать 15%.

На рисунке 3 представлен скриншот из видеоматериала. Просмотреть видеоматериал можно активировав гиперссылку с рисунка(рисунок 3).



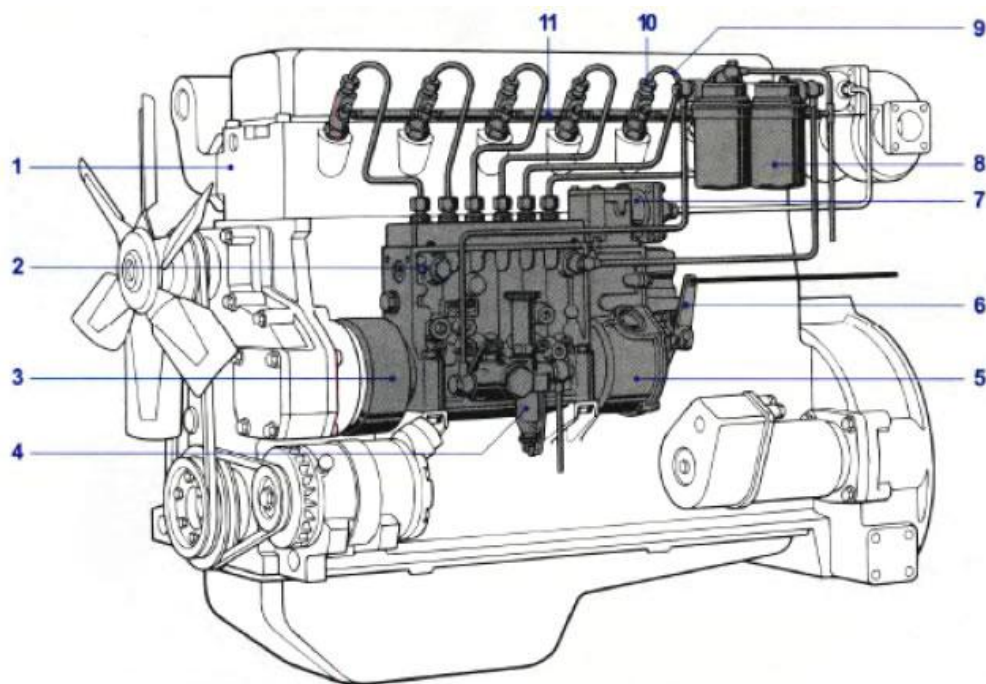
Рисунок 3 – Неравномерность подачи топлива

- хорошо распылять и равномерно распределять топливо по объему камеры сгорания. Переход топлива из жидкого состояния в парообразное осуществляется в камере сгорания за очень малый отрезок времени, исчисляемый тысячными долями секунды. Поэтому для нормальной работы дизеля недостаточно только подать топливо в цилиндр в нужный момент и с определенной интенсивностью. Необходимо еще его достаточно тонко распылить и равномерно распределить по объему камеры сгорания. Топливо сгорает тем полнее и быстрее, чем больше поверхность соприкосновения его с горячими газами. Топливо, поступающее в цилиндр, должно быть равномерно

распределено по всему объему камеры сгорания. Иначе в отдельных местах камеры сгорания появится недостаток кислорода, а в других — избыток его. В связи с этим часть несгоревшего топлива будет выброшена вместе с отработавшими газами, что приведет к снижению экономичности дизеля.

3.4 Общее устройство топливной аппаратуры и принцип работы

Топливная аппаратура двигателя (рисунок 4) состоит из топливного бака, фильтров тонкой и грубой очистки, топливной магистрали высокого и низкого давления, топливopодкачивающего насоса, топливного насоса высокого давления, форсунок. Количество форсунок зависит от количества цилиндров двигателя.



1 – двигатель дизельный; 2 – насос топливный высокого давления; 3 – муфта опережения впрыска; 4 – насос топливopодкачивающий; 5 – регулятор частоты вращения кулачкового вала; 6 – рычаг регулирования цикловой подачи дизельного топлива; 7 – ограничитель подачи топлива; 8 – фильтр тонкой очистки топлива; 9 – магистраль высокого давления; 10 – форсунка в сборе; 11 – магистраль обратного слива топлива.

Рисунок 4 – Общее устройство топливной аппаратуры

3.4.1 Топливная магистраль

Топливная магистраль (рисунок 5) предназначена для подачи дизельного топлива от бака до форсунок. Излишки топлива поступают обратно в бак через обратную магистраль. Магистраль состоит из трубок низкого и высокого давления, и шлангов.

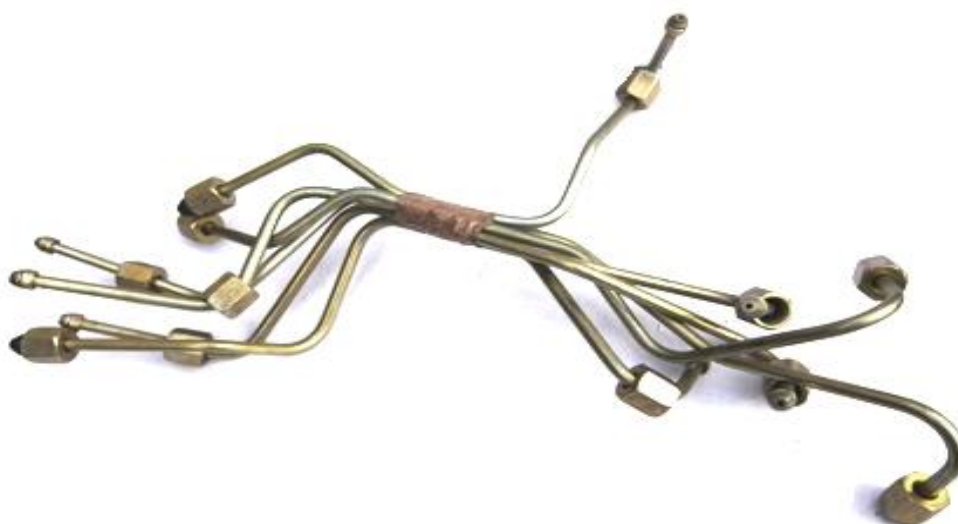


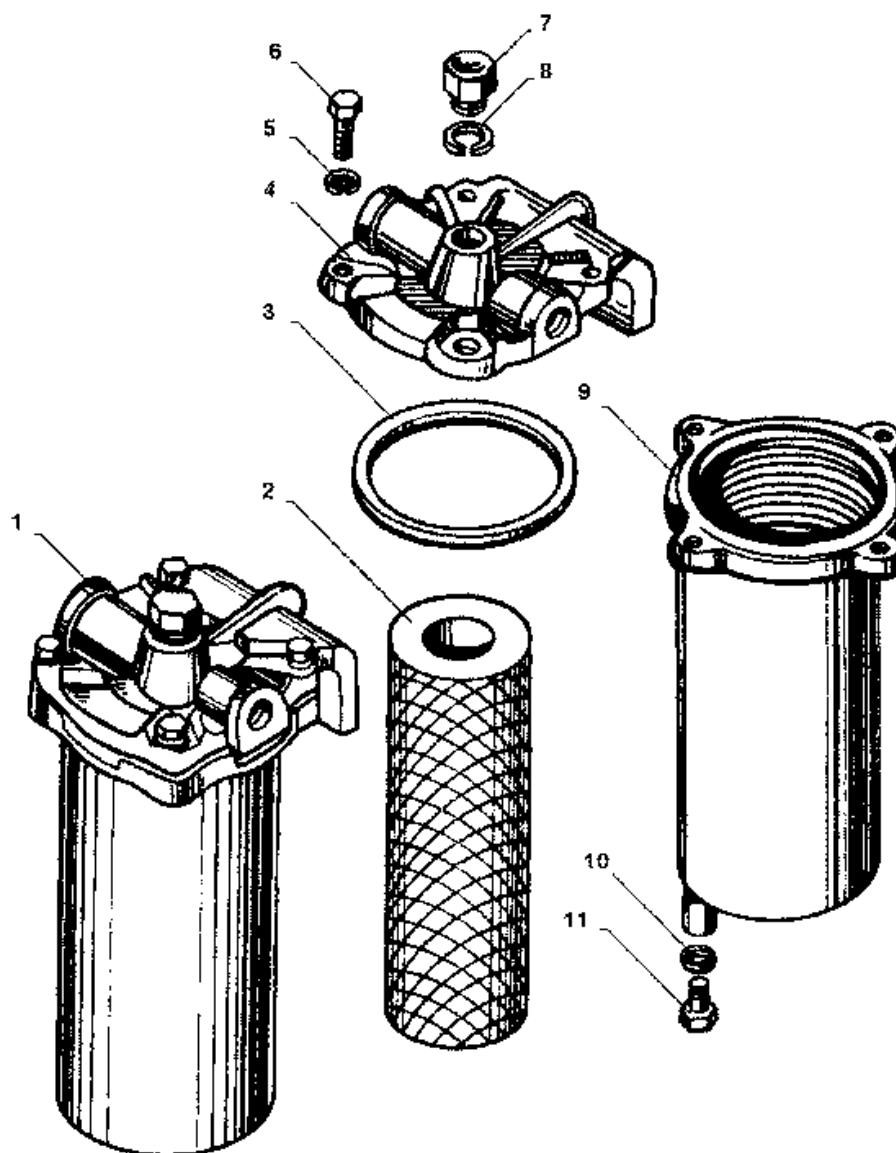
Рисунок 5 – Топливная магистраль

3.4.2 Фильтр грубой очистки

Фильтр грубой очистки (рисунок 6) предназначен для предварительной очистки топлива поступающего в подкачивающую помпу. Он устанавливается вне двигателя. В качестве уплотнения используется прокладка, изготовленная из масло-бензостойкой резины. К днищу корпуса приварена бобышка, в которой находится сливная пробка, уплотняемая медной прокладкой. Поворот пробки на несколько оборотов обеспечивает слив отстоя с отложениями из корпуса фильтра. В центральное отверстие крышки заворачивается пробка. Уплотнение также с помощью прокладки из отожженной меди. Через это отверстие фильтр грубой очистки заполняется топливом после замены фильтрующего элемента. Два других отверстия на крышке предназначены для крепления фильтра.

Специальная штампованная розетка, которая приваривается к корпусу на днище и конический выступ на крышке, обеспечивают правильную установку фильтрующего элемента. Выполненные в днище и крышке корпуса кольцевые ребра вдавливаются при сборке фильтра в торцовые мягкие поверхности у фильтрующего элемента. Такие уплотнения разобщают выходную и входную полости фильтра грубой очистки, топливо при этом проходит по всей толщине ворсистой навивки.

Пропускная способность фильтрующего элемента снижается по мере времени его эксплуатации. Соответственно, увеличивается гидравлическое сопротивление, что нарушает нормальную работу двигателя. Тщательная периодическая промывка элемента от скапливающихся отложений только временная мера. Фильтрующий элемент должен периодически заменяться.



1 – отверстие для подачи топлива в фильтр; 2 – фильтрующий элемент; 3 – уплотнительное кольцо; 4 – крышка фильтра; 5 – граверная шайба; 6 – болт крепления крышки фильтра; 7 – пробка; 8 – уплотнительное кольцо; 9 – корпус топливного фильтра; 10 – уплотнительное кольцо; 11 – сливная пробка.

Рисунок 6 – Строение фильтра грубой очистки

3.4.3 Фильтр тонкой очистки

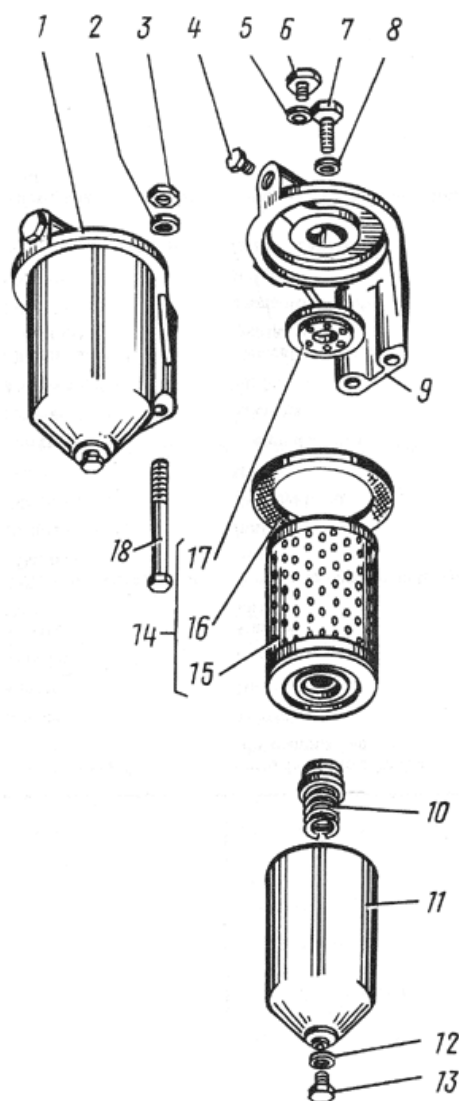
Фильтр тонкой очистки – Предназначен для отделения механических частиц размером более 4 мкм от дизельного топлива (рисунок 7). Фильтр устанавливается в самой высокой точке системы питания перед топливным насосом высокого давления, закрепляется на крышке блока цилиндров при помощи двух болтов с пружинными шайбами и гайками. Такой установкой достигается удаление воздуха из системы питания.

Часть топлива от топливopодкачивающего насоса и воздух отводятся в бак через специальный жиклер диаметром 0,4...0,5 мм. Топливо, прошедшее через фильтрующий элемент, направляется к насосу высокого давления через канал в крышке фильтра. Корпус фильтра изготавливается штамповкой из листовой стали. В нижней части корпуса приварен стержень, в который вворачивается сливная пробка с прокладкой из меди.

Чугунная литая крышка крепится к корпусу фильтра болтом. В качестве уплотнения используется паронитовая прокладка. В крышке есть подводящие и отводящие каналы и отверстия для закрепления фильтра на силовом агрегате.

Фильтрующий элемент представляет собой металлический перфорированный каркас, который обмотан ситцевой оберткой. На каркасе сформирована фильтрующая масса. На нижнем торце элемента приклеен стальной фланец каркаса. Фильтрующий элемент прижимается к крышке фильтра пружиной посредством шайбы. Для уплотнения торцов фильтрующего элемента используются прокладка фланца каркаса из масло-бензостойкой резины, которая плотно охватывает стержень, а также прокладка фильтрующего элемента, имеющая отверстия для прохода фильтрованного топлива.

Со временем пропускная способность фильтра падает, при этом увеличивается гидравлическое сопротивление и уменьшается количество топлива, поступающего к насосу высокого давления. Поэтому периодическая замена фильтра тонкой очистки топлива обязательна.



1 – фильтр очистки дизельного топлива; 2 – проставочная шайба; 3 – гайка крепления крышки топливного фильтра; 4 – перепускная пробка; 5 – жиклёрная шайба; 6 – жиклер; 7 – болт крепления прокладки; 8 – уплотнительное кольцо; 9 – крышка топливного фильтра низкого давления; 10 – упругий элемент; 11 – корпус топливного фильтра; 12 – уплотнительное кольцо; 13 – сливная пробка; 14 – составные части фильтрующего элемента; 15 – фильтрующий элемент; 16 – уплотнительная прокладка фильтрующего элемента; 17 – перепускная прокладка; 18 – болт крепления крышки фильтра.

Рисунок 7 – Строение фильтра тонкой очистки

3.4.4 Форсунка

Форсунка – механизм распыляющий топливо в камере сгорания (рисунок 8). Механическая форсунка в дизельном двигателе распыляет топливо с помощью сопла. Поступившее топливо, под высоким давлением, в кольцевую камеру форсунки, находящейся между корпусом распылителя и иглой поднимает иглу, сжимая пружину открывает сопла распылителя и впрыскивает топливо в цилиндр. При снижении давления за счёт пружины игла опускается и закрывает сопла, прекращая впрыск топлива (рисунок 9).

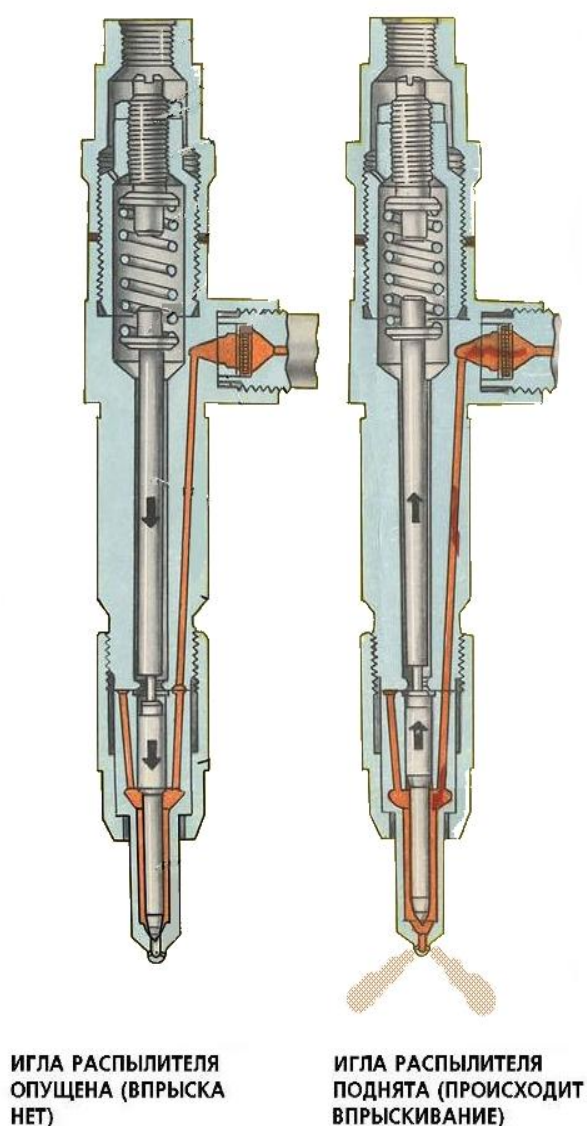
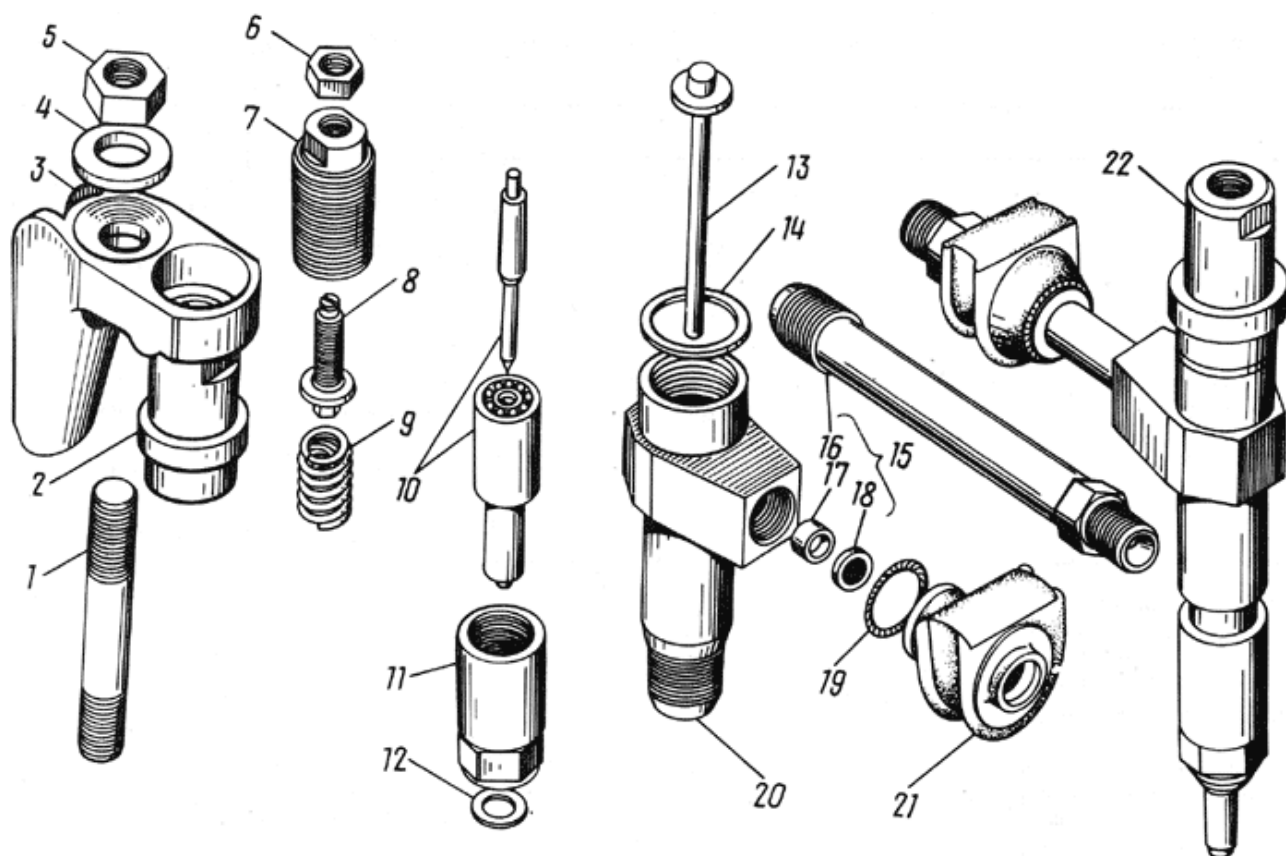


Рисунок 8 – Форсунка



1 – шпилька; 2 – колпак форсунки; 3 – скоба крепления форсунки; 4 – шайба; 5 – гайка; 6 – контргайка; 7 – гайка пружины; 8 – винт пружины регулировочный; 9 – пружина; 10 – распылитель; 11 – гайка распылителя; 12 – шайба; 13 – штанга; 14 – шайба уплотнительная; 15 – штуцер в сборе; 16 – штуцер; 17 – втулка; 18 – фильтр форсунки; 19 – пружина уплотнителя; 20 – корпус форсунки; 21 – уплотнитель; 22 – форсунка в сборе.

Рисунок 9 – Строение форсунки

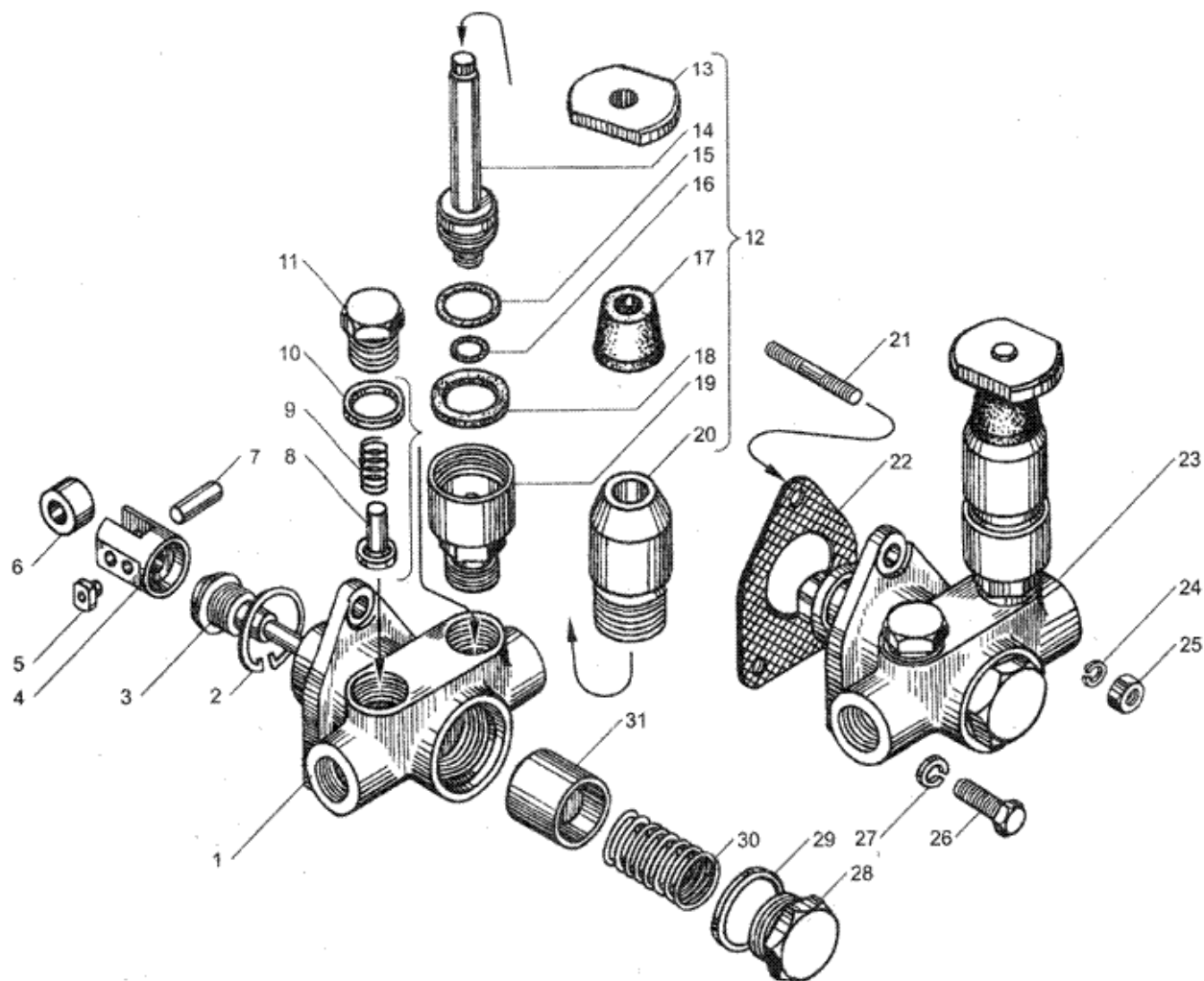
3.4.5 Топливоподкачивающий насос

Для подачи топлива от бака к впускной полости насоса высокого давления через фильтры грубой и тонкой очистки предназначен топливоподкачивающий насос (рисунок 10).



Рисунок 10 – Топливоподкачивающий насос

Топливоподкачивающий насос приводится в действие с помощью кулачкового вала и крепится к корпусу ТНВД. Корпус топливоподкачивающего насоса выполнен из чугуновой отливки и присоединен фланцем к корпусу насоса высокого давления через паронитовую прокладку с помощью трех болтов с пружинными шайбами (рисунок 11).



1 – корпус насоса; 2 – стопорное кольцо; 3 – втулка поршня толкателя; 4 – стакан толкающий поршень; 5 – шпонка толкателя; 6 – толкающий ролик; 7 – роликовая ось; 8 – перепускной клапан; 9 – клапанная пружина; 10 – уплотнительное кольцо; 11 – спускная пробка; 12 – элементы насоса; 13 – шайба поршня; 14 – шток с поршнем; 15 – уплотнительная шайба; 16 – шайба; 17 – сальник защитный; 18 – уплотняющий элемент; 19 – цилиндрический корпус; 20 – цилиндр корпуса; 21 – шпилька крепления корпуса; 22 – прокладочный элемент; 23 – топливный насос; 24 – граверная шайба; 25 – контргайка; 26 – болт крепления; 27 – граверная шайба; 28 – гайка; 29 – уплотнительный элемент; 30 – демпфирующий элемент; 31 – подпружиненный поршень.

Рисунок 11 – Строение топливоподкачивающего насоса

В корпусе подкачивающего насоса расположены все каналы, соединяющие впускные и выпускные отверстия через полость, в которой

перемещается поршень. Стальной поршень установлен в корпусе с диаметральный зазором не более 0,038 мм. На поршне обработана кольцевая канавка, в которой зафиксирована одним концом пружина поршня. Вторым концом пружина упирается в кольцевой паз пробки, которая ввернута в корпус и уплотняет над поршневую полость медной шайбой. Толкатель поршня, перемещающийся в корпусе, выполнен из подшипниковой стали. Диаметральный зазор между толкателем и корпусом равен 0,020-0,093 мм. От выпадения из корпуса толкатель удерживается стопорным кольцом.

Ролик, его ось и сухари изготовлены из низколегированной низкоуглеродистой стали с цементацией и закалкой наружных поверхностей до высокой твердости. Зазоры сопряженных деталей находятся в следующих пределах: ролик — ось и ось — толкатель 0,023, сухарь — толкатель 0,025, сухарь — направляющий паз в корпусе 0,25 мм.

Пружина, опирающаяся на кольцевой паз в толкателе и фланец втулки штока, постоянно прижимает толкатель к эксцентриковому валу.

Шток толкателя, передающий движение поршню, перемещается в направляющей втулке штока.

Впускной и нагнетательный клапаны из капрона типа «корд» пружинами прижимаются к притертым торцам стальных седел, запрессованных в корпус насоса. Направляющей впускного клапана служит запрессованная в корпус ручного поршневого насоса стальная втулка. По наружной поверхности свободного конца этой втулки центрируется пружина впускного клапана. Пружина нагнетательного клапана устанавливается по кольцевому пазу в стальной пробке, центральное отверстие в которой служит направляющей хвостовика выпускного клапана.

Корпус цилиндра ручного насоса и пробка — направляющая нагнетательного клапана завернуты на резьбе в корпус подкачивающего насоса. Уплотнение этих соединений обеспечивается медными шайбами.

В корпусе ручного насоса закреплен на резьбе цилиндр ручного насоса через прокладку из масло-бензостойкой резины. Поршень подбирается к цилиндру по зазору, который должен быть в пределах 0,022 мм. Внутренняя кольцевая кромка поршня завальцовывается вокруг сферической части наконечника штока поршня. После установки поршня со штоком в цилиндр на шток с зазором 0,00-0,09 мм надевается рукоятка со штампованной тарелкой. Рукоятка на штоке фиксируется запрессованным стальным штифтом. Изготовленные из стали цилиндр, поршень, шток и рукоятка представляют собой неразборное соединение.

При обратном движении поршня под действием эксцентрика топливо, заполнившее над поршневою полость, через поднявшийся нагнетательный клапан перекачивается по каналу в полость под поршнем. Далее процесс повторяется.

При повышении давления со стороны нагнетания поршень не совершает полного хода вслед за толкателем под действием своей пружины, останавливаясь в положении, которое определяется равновесием сил от давления топлива, с одной стороны, и усилия пружины, с другой стороны. Иначе говоря, с повышением противодействия нагнетательный ход поршня уменьшается.

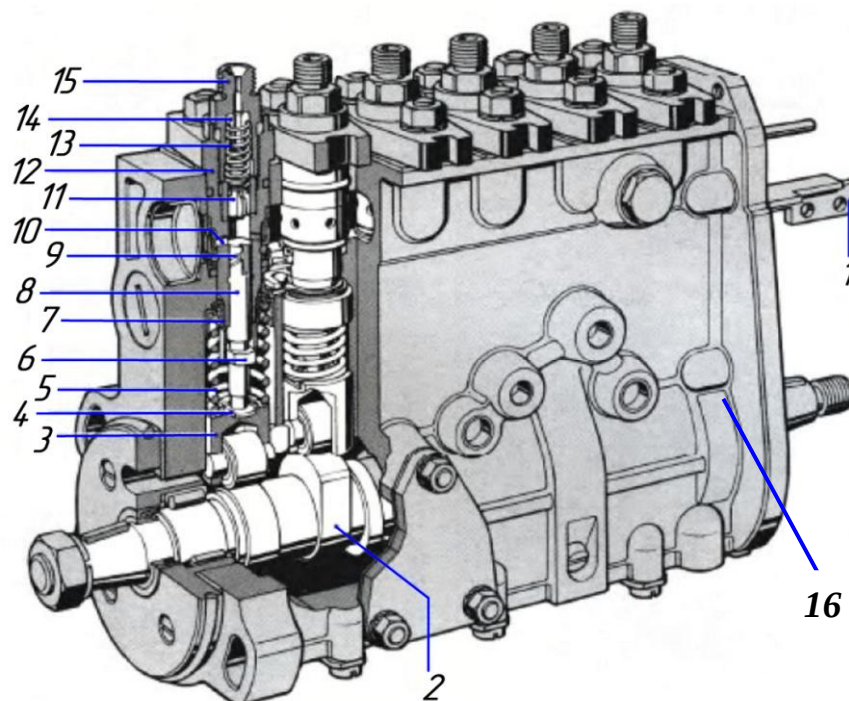
Такая схема топливоподкачивающего насоса позволяет поддерживать давление топлива в нагнетательной магистрали практически постоянным почти на всех режимах работы двигателя.

3.5 Устройство и принцип действия механического рядного ТНВД

В дизельном двигателе топливо подаётся к форсунке в определённое время, в определённом количестве, под высоким давлением с помощью топливного насоса высокого давления.

Конструкция и принцип действия

Топливный насос высокого давления рядного типа оснащён кулачковым валом 2 (рисунок 12). Кулачковый вал соединяется с двигателем посредством муфты опережения впрыска. Число кулачков на валу соответствует числу цилиндров двигателя. Роликовый толкатель 3 находящийся в цилиндрическом пространстве сжимает пружину 5 посредством вращения кулачкового вала 2. Плунжер 8 совершает возвратно поступательное движение в гильзе плунжера 12 сжимая дизельное топливо в над плунжерном пространстве поступившее через впускное отверстие 10. Корпус ТНВД 16 изготовлен из алюминия.

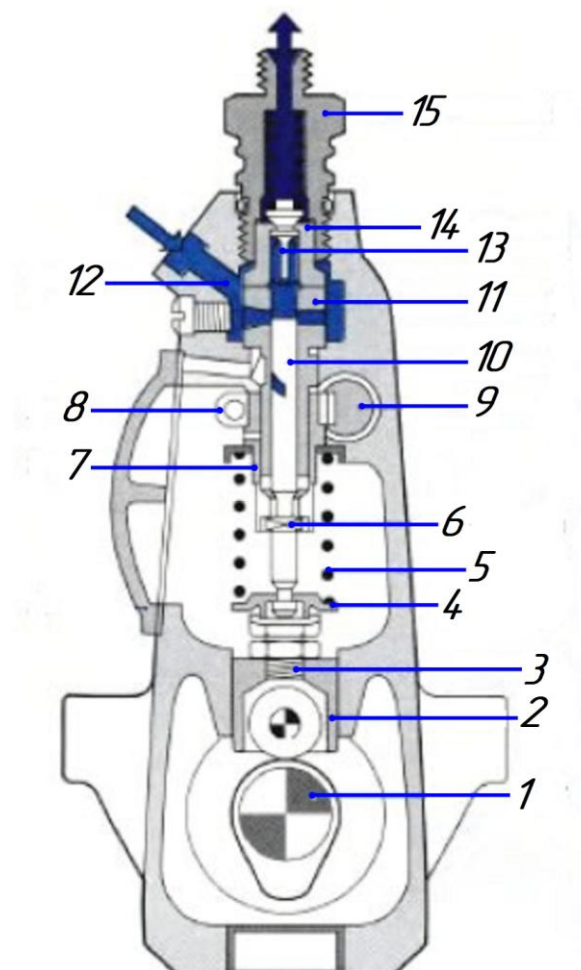


1 – кронштейн; 2 – вал кулачковый; 3 – роликовый толкатель; 4 – чашка пружины; 5 – пружина; 6 – поводок плунжера; 7 – втулка плунжера; 8 – плунжер; 9 – регулировочная канавка плунжера; 10 – впускное отверстие; 11 – конус нагнетательного клапана; 12 – плунжерная гильза; 13 – пружина нагнетательного клапана; 14 – проставочный элемент; 15 – корпус клапана; 16 – корпус ТНВД.

Рисунок 12 – Конструкция ТНВД

Конструкция плунжерной пары

Плунжерная пара включает в себя плунжер 10 и гильзу 11 (рисунок 13).



1 – вал кулачковый; 2 – толкатель роликовый; 3 – винт регулировочный; 4 – чашка пружины; 5 – плунжерная пружина; 6 – плунжерный поводок; 7 – втулка регулировки плунжера; 8 – сектор зубчатый; 9 – регулировочная рейка; 10 – плунжер; 11 – гильза плунжера; 12 – топливоподающий канал; 13 – конус клапана; 14 – корпус клапана; 15 – штуцер нагнетательного клапана.

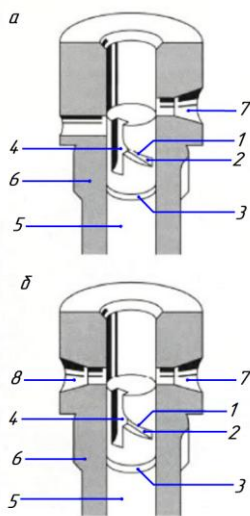
Рисунок 13 – Конструкция плунжерной пары

Гильза имеет один или два отверстия (при двух каналах один из них выполняет функции подводящего и перепускного), которые соединяют полость

подачи топлива плунжерной пары с камерой высокого давления. Штуцер 15 с корпусом нагнетательного клапана 14 и конусом клапана 13 прижимают гильзу плунжера к корпусу ТНВД. Для изменения количества топлива, подаваемого в цилиндр используется рейка 9, которая перемещается вдоль оси кулачкового вала и вращает зубчатый сектор 8, который, в свою очередь, поворачивает плунжер 10 с помощью регулирующей втулки 7. Положение рейки определяется всережимным регулятором частоты вращения коленчатого вала, тем самым производится изменение величины цикловой подачи. Полный ход плунжера зависит от размеров кулачка 1 и в процессе работы не меняется. Активный ход плунжера зависит от режима работы двигателя и может изменяться поворотом регулирующей втулки 7.

Плунжер

Плунжер 5 и гильза плунжера 6 прецизионные детали (рисунок 14).



а – гильза с одним подводящим каналом

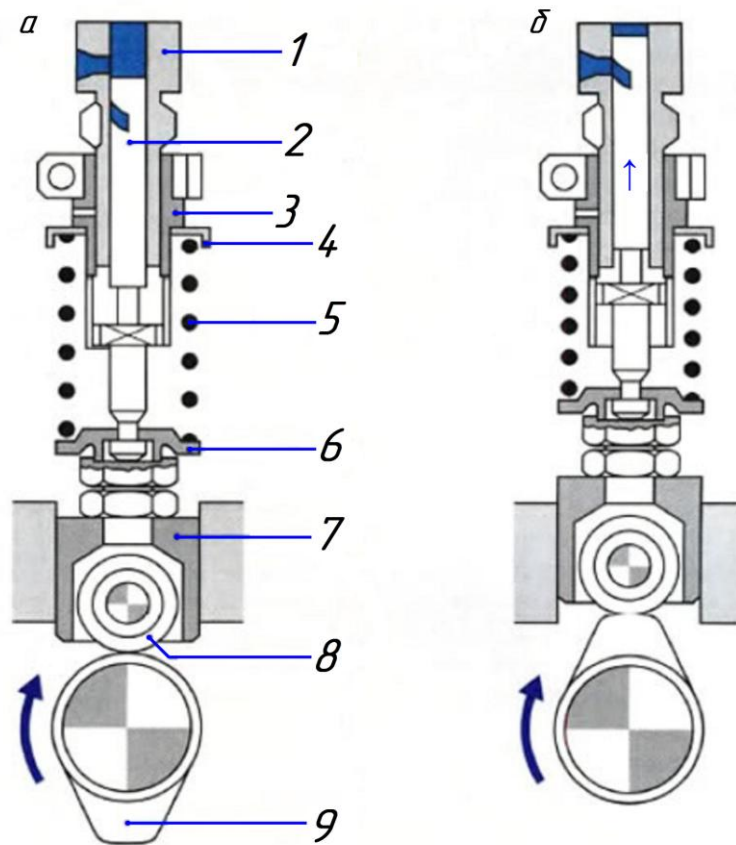
б – гильза с двумя подводящими каналами

1 – кромка регулирующая; 2 – канавка спиральная; 3 – канавка кольцевая для смазки; 4 – канавка продольная; 5 – плунжер; 6 – гильза; 7 – первое топливо подающее отверстие; 8 – второе топливоподающее отверстие.

Рисунок 14 – Плунжерная пара

Принцип действия плунжерной пары

Фазовая последовательность. Вращение кулачкового вала ТНВД преобразуется непосредственно в возвратно-поступательное движение роликового толкателя, приводящего в действие плунжер. Движение плунжера в направлении к его ВМТ называется ходом нагнетания (рисунок15).



а – НМТ плунжера, б – ВМТ плунжера

1 – гильза плунжера; 2 – плунжер; 3 – регулировочная втулка; 4 – верхняя чашка возвратной пружины; 5 – плунжерная пружина; 6 – нижняя чашка пружины; 7 – толкатель роликовый; 8 – ролик; 9 – кулачок вала ТНВД.

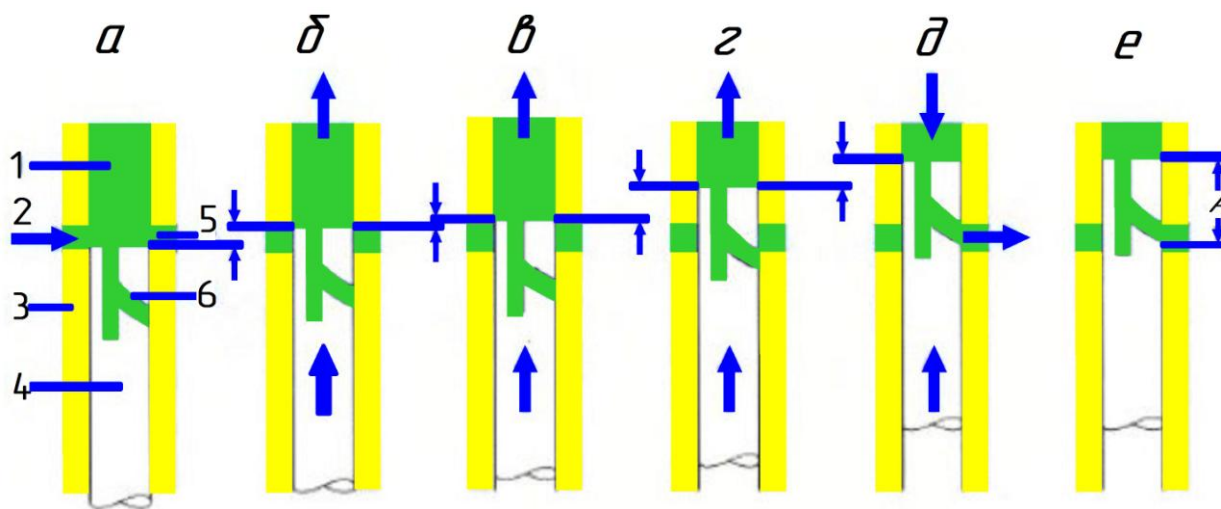
Рисунок 15 – Плунжерная пара с приводом

Последовательность работы плунжерной пары

Возвратная пружина возвращает плунжер к его НМТ. Пружина рассчитана так, что даже при максимальных частотах вращения кулачкового вала ТНВД ролик не отходит от кулачка; отскок и вместе с ним удар ролика по кулачку при длительной эксплуатации привели бы к разрушению поверхностей кулачка или ролика. Плунжерная пара работает по принципу перетока топлива с управлением регулирующей кромкой 5. Этот принцип используется в рядных ТНВД серии РЕ и индивидуальных ТНВД серии РГ. В НМТ плунжера подводящий канал 2 гильзы 3 и канал 6 слива топлива открыты. Благодаря им топливо может перетекать под давлением подкачки из полости впуска в камеру 1 высокого давления. При движении вверх плунжер закрывает отверстие подводящего канала своим верхним торцом. Этот ход плунжера называется предварительным. При дальнейшем движении плунжера вверх давление растет, что приводит к открытию нагнетательного клапана над плунжерной парой. При применении нагнетательного клапана постоянного объема плунжер дополнительно совершает втягивающий ход. После открытия нагнетательного клапана топливо во время активного хода через магистраль высокого давления направляется к форсунке, которая впрыскивает точно дозируемое количество топлива в камеру сгорания двигателя. Когда регулирующая кромка плунжера открывает перепускной канал, активный ход плунжера завершается. С этого момента топливо в форсунку не нагнетается, поскольку во время остаточного хода оно через продольную и спиральную канавки из камеры высокого давления направляется в перепускной канал. Давление в плунжерной паре при этом падает. По достижении ВМТ плунжер меняет направление своего движения на противоположное. Топливо при этом через спиральную и продольную канавки поступает обратно из перепускного канала в камеру высокого давления. Это происходит до тех пор, пока регулирующая кромка вновь не перекроет перепускной канал. При продолжении обратного хода плунжера над ним возникает область низкого давления. С освобождением

подводящего канала верхним торцом плунжера топливо вновь поступает в камеру высокого давления. Цикл начинается снова.

Последовательность работы плунжерной пары



а – подача топлива в камеру высокого давления плунжерной пары из топливоподающего канала; б – ход плунжера от НМТ до закрытия топливоподающего канала верхним торцом плунжера; в – ход плунжера от конца предварительного хода до открытия нагнетательного клапана давления (только при применении клапана постоянного объёма); г – ход плунжера от закрытия подводящего канала до открытия регулирующей кромкой перепускного клапана; д – ход плунжера от открытия перепускного канала до ВМТ; е – изменение направления движения плунжера.

1 – камера высокого давления; 2 – подводящий канал; 3 – гильза плунжера; 4 – плунжер; 5 – перепускной канал; 6 – регулирующая кромка; А – полный ход плунжера.

Рисунок 16 – Последовательность работы плунжерной пары

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструкторно-технологическая характеристика объекта

Технологический паспорт объекта представлен в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Технологический паспорт объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
Выполнение лабораторной работы	Диагностирование топливного насоса высокого давления	Студент	Стенд Mirkoz star 12F, отвёртка плоская.	Дизельное топливо

4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и /или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного Производственного фактора
Диагностирование ТНВД	Физические: повышенный уровень шума, вращающийся вал стенда, пары дизельного топлива.	Стенд

4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Методы и средства защиты выбираются по действующим на данный момент времени нормативным документам и сводятся в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и /или вредный производственный фактор	Организационные методы и средства защиты, снижения устранения опасного или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Физические:		
Вращающийся вал станда		Защитные очки, униформа
Пары дизельного топлива.	Вытяжка	Защитные очки, униформа, перчатки

4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого объекта

Таблица 4.4- Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок подразделения	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие появления факторов пожара
Учебная лаборатория	Стенд Mirkoz star 12F, отвёртка плоская.	Е	Возможность короткого замыкания	Замыкания возможных пожароопасных материалов

Таблица 4.5- Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Стационарные установки системы и пожаротушения	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарная сигнализация, связь и оповещение
Огнетушитель порошковый	Порошковый АУПТ	Пожарный шкаф	Средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (защитные очки, маск)	Топор	План эвакуации
Песок		Рукав		Лопата	
Кошма		Пожарный инвентарь		Багор	

Таблица 4.6 - Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудование технического объекта	Наименование видов, реализуемых организационных(организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Диагностирование ТНВД	Инструктаж по технике безопасности при выполнении лабораторных работ	Строгое соблюдение студентами техники безопасности. Предоставление средств защиты обучающимся

4.7 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Вредные/опасные воздействие объекта на окружающую среду не ожидается

Таблица 4.7- Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Выполнение лабораторной работы
Мероприятия по снижению негативного воздействия технического объекта на атмосферу	Не оказывает антропогенного воздействия на атмосферу
Наименование технического объекта	Выполнение лабораторной работы
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на гидросферу	Не оказывает антропогенного воздействия на гидросферу
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на литосферу	Не оказывает антропогенного воздействия на литосферу

1. В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы,

комплектующие изделия и производимые изделия при выполнении лабораторной работы по диагностированию топливного насоса высокого давления.

2. Проведена идентификация профессиональных рисков во время выполнения лабораторной работы. В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие: вращающийся вал стенда, пары дизельного топлива.

3. Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, а именно установка вытяжки, контроль за правильным использованием средств защиты. Подобраны индивидуальные средства защиты работников (таблица 4.3)

4. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара (таблица 4.4). Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (таблица 4.5) Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 4.6)

5. Идентифицированы экологические факторы. Выявлено отсутствия влияния на экологию

5 Технология диагностирования ТНВД двигателя ЯМЗ-238

5.1 Неисправности, методы исправления

Доказано, что недостаточно точная регулировка топливных насосов высокого давления провоцирует выделение большого количества дыма отработанных газов. Из этого следует тот факт, что пропускная способность рабочих топливопроводов и форсунок в значительной степени отходит от установленных норм, что в свою очередь ведет к большому расходу топлива из-за его крайне неравномерного попадания в каждый из цилиндров.

На рисунке 17 представлен скриншот из видеоматериала. Просмотреть видеоматериал можно активировав гиперссылку с рисунка (рисунок 17).



Рисунок 17 – Отсечка ТНВД

Как определить неисправность тнвд:

1. Динамические характеристики машины стали хуже, чем были;
2. Из ТНВД подтекает топливо;
3. В ТНВД слышны посторонние шумы, которых раньше не было;

4. Мотор работает не плавно, прыгают обороты;
5. Много дыма из выхлопной трубы;
6. Увеличился расход топлива;
7. При нажатии на педаль «газа» мотор «тупит»;
8. Не поступает топливо от насоса к форсунке.

5.2 Определение равномерности подачи топлива секциями ТНВД

Для определения равномерности подачи топлива следует выполнить пункт 2 таблицы 5.3. На рисунке 18 представлен скриншот из видеоматериала. Просмотреть видеоматериал можно активировав гиперссылку с рисунка (рисунок 18).



Рисунок 18 – Равномерность подачи топлива секциями ТНВД

5.3 Технологическая карта диагностики ТНВД

Таблица 5.3 – Технологическая карта

№	Наименование и содержание работы	Используемый инструмент	Трудоёмкость, чел*час	Кол-во точек воздействия	Технические требования
1 Установка ТНВД на стенд					
1.1	Установить ТНВД на кронштейны				
1.2	Прикрутить ТНВД к кронштейнам	Рожковый ключ 13 х 17		4	
1.3	Присоединить к ТНВД привод	Рожковый ключ 17 х 13		2	
1.4	Подсоединить шланги топливоподачи и сброса топлива	Рожковый ключ 17 х 13		2	
1.5	Подсоединить трубки высокого давления	Рожковый ключ 17 х 13		8	
1.6	Присоединить тягу к рычагу управления регулятора				

Продолжение таблицы 5.3 – Технологическая карта

№	Наименование и содержание работы	Используемый инструмент	Трудоёмкость, чел*час	Кол-во точек воздействия	Технические требования
2 Определение равномерности подачи топлива секциями ТНВД					
2.1	Включить питание стенда				
2.2	Включить топливо подкачивающий насос				
2.3	Отрегулировать давление топлива на входе в ТНВД				Давление топлива на входе – 0.1...0.12 МПа
2.4	Установить максимальную подачу топлива ТНВД				
2.5	Включить электродвигатель стенда				
2.6	Установить частоту вращения вала ТНВД соответствующую режиму холостого хода				500 об/мин

Продолжение таблицы 5.3 – Технологическая карта

№	Наименование и содержание работы	Используемый инструмент	Трудоёмкость, чел*час	Кол-во точек воздействия	Технические требования
2.7	Удалить воздух из системы				
Примечание: Вращение вала ТНВД производится до устранения воздушной пробки.					
2.8	Установить кол-во циклов подачи топлива				300 циклов
2.9	Включить подачу топлива в мерные колбы				
2.10	Ожидать отключение подачи топлива по истечении установленных циклов				
2.11	Определить показания мерных колб				

Продолжение таблицы 5.3 – Технологическая карта

№	Наименование и содержание работы	Используемый инструмент	Трудоёмкость, чел*час	Кол-во точек воздействия	Технические требования
2.1 2	Рассчитать процентное соотношение подачи топлива по цилиндрам				Неравномерность не должна превышать 15%
3 Диагностика муфты опережения впрыска топлива					
3.1	Подключить пьезо датчик стробоскопа к трубке высокого давления первого цилиндра ТНВД				
3.2	Направить стробоскоп на лимб.				
3.3	Включить стробоскоп				
3.4	Установить указатель лимба напротив целого числа шкалы лимба				
3.5	Записать значение указателя шкалы лимба				

Продолжение таблицы 5.3 – Технологическая карта

№	Наименование и содержание работы	Используемый инструмент	Трудоёмкость, чел*час	Кол-во точек воздействия	Технические требования
3.6	Выполнить пункты 3.2, 3.3, 3.5 увеличивая частоту вращения вала с шагом в 100 об/мин				Максимальная частота вращения вала 2100 об/мин
3.7	Сравнить результаты замеров с нормативными значениями				

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка учебного пособия проводилась на основании учебного плана студентов по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов». Выпускник данной специальности должен владеть знаниями об устройстве и принципе работы механического ТНВД. А так же каким образом, осуществляется техническое обслуживание и диагностика. Скомпонован теоретический материал, благодаря которому, студенты данной специальности изучили механический ТНВД, а так же устройство и принцип работы форсунок, топливоподкачивающего насоса, фильтров. Также разработаны видеоролики по диагностики ТНВД.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Егоров, А.Г. 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. - 135с.
- 2 Шеянов, В. П. Учебное пособие по дисциплине «Ремонт автомобилей» [Текст]/ Омск, 2006. – 136с.
- 3 Родичев, В.А. Устройство и техническое обслуживание легковых автомобилей: учебник водителя [Текст] / В.А. Родичев, А.А. Кива. – Гриф МО. – Москва: За рулем, 2004. – 80 с.
- 4 Van Basshuysen, R. Modern Engine Technology from A to Z [Text]/ R. Van Basshuysen. - SAE International, 2011. – P. 373.
- 5 Reif, K. Automotive and Engine Technology [Text] / K. Reif. – Springer International Publishing, 2012. – P.92
- 6 Малкин, В. С. Техническая эксплуатация автомобилей : теорет. И практ. аспекты : учеб. пособие [Текст] / В. С. Малкин. – М. : Академия, 2007. - 288 с.
- 7 Pia, G. Pistons and engine testing [Text] / G.Pia. - Springer Vieweg, 2016. – P. 295
- 8 Сарбаев, В.И. Механизация производственных процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей : учеб. пособие [Текст] / В. И. Сарбаев, С. С. Селиванов, В. Н. Коноплев. – М. : РИЦ МГИУ, 2003. – 284 с.
- 9 Zima, S. Internal Combustion Engine Handbook [Text] / S. Zima. - SAE International, 2012. – P. 582

- 10 Мураткин, Г. В. Основы восстановления деталей и ремонт автомобилей : учеб. пособие. Ч. 1. Технологические методы восстановления деталей и ремонта автомобилей [Текст] / Г. В. Мураткин, В. С. Малкин, В. Г. Доронкин. – ТГУ. – Тольятти : ТГУ, 2012. – 246 с.
- 11 Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т.1 [Текст] / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2001. - 912 с.
- 12 Круглов, С.М. Устройство, техническое обслуживание и ремонт легковых автомобилей: [Текст] / С.М. Круглов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высш. шк., 1991. – 351 с
- 13 Кривенко, П. М. Дизельная топливная аппаратура: [Текст] / Кривенко П. М., Федосов И. М. – «Колос», 1970. 536 с. с черт.
- 14 Гюнтер, Г. Диагностика дизельных двигателей: [Текст] / Гюнтер Г. – М.: ЗАО "КЖИ "За Рулем", 2004. - 176 с.
- 15 MSI Motor Service International [Текст]. - Kolbenschmidt : Pierburg AG, 2006. - 100 с.
- 16 Файнлейб, Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: [Текст] / Файнлейб Б.Н. – «Машиностроение», 1990. – 352с.
- 17 Грехов, Л. В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей : [Текст] / Л. В. Грехов, Н. А. Иващенко, В. А. Марков. - Гриф УМО. - Москва : Легион-Автодата, 2004. - 340 с. : ил. - Библиогр.: с. 333-340.
- 18 Впрыск дизельных двигателей: Легковые и грузовые автомобили, судовые установки, яхты, стационарные установки : практ. руководство [Текст] / [под ред. С. В. Афонина]. - Ростов-на-Дону : ПОНЧиК, 2004. - 148 с.
- 19 Горбаневский, В. Е. Дизельная топливная аппаратура. Оптимизация процесса впрыскивания, долговечность деталей и пар трения [Текст] / В. Е.

Горбаневский [и др.]. - Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1996. - 138 с. : ил. - Библиогр.: с. 131-136.

20 Афолина, С.В. Все о топливной системе дизельных двигателей иностранных автомобилей : руководство по техн. обслуживанию и ремонту [Текст] / [авт.-сост. С. Афонин]. - Батайск : ПОНЧиК, 1998. - 51 с