

ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

629.113(07)
К782

В.В. Краснокутский, М.А. Русанов, И.П. Трояновская

**СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ**

Часть 2

**ТОПЛИВНЫЕ НАСОСЫ ВЫСОКОГО
ДАВЛЕНИЯ**

Учебное пособие

Челябинск
2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра «Колесные и гусеничные машины»
Кафедра «Автомобилестроение»

629.113(07)
К782

В.В. Краснокутский, М.А. Русанов, И.П. Трояновская

СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Часть 2

ТОПЛИВНЫЕ НАСОСЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Учебное пособие

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2017

УДК 629.113(076.5)+629.114.2(076.5)
К782

Одобрено
учебно-методической комиссией автотракторного факультета

Рецензенты:
Г.Н. Шитко, Е.Е. Баженов

Краснокутский В.В.

К782 Системы питания дизельных двигателей. Часть 1: Часть 2: Топливные насосы высокого давления: учебное пособие / В.В. Краснокутский, М.А. Русанов, И.П. Трояновская. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. – 61 с.

Учебное пособие предназначено для студентов всех форм обучения при подготовке бакалавров по направлению 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», а также специалистов по направлению 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» по дисциплинам «Энергетические установки наземных транспортных средств», «Конструкция наземных транспортных машин». Пособие может быть полезным для студентов других специальностей, связанных с двигателестроением в автомобильной и тракторной отрасли.

УДК 629.113(076.5)+629.114.2(076.5)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Пособие составлено в соответствии с курсом дисциплинам по дисциплинам «Энергетические установки наземных транспортных средств», «Конструкция наземных транспортных машин», читаемой бакалаврам по направлению 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы и специалистов по направлению 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства.

Пособие состоит из трех частей. Первая посвящена общим вопросам назначения и конструкции система питания дизельных двигателей. Вторая часть посвящена более детальному рассмотрению топливных насосов высокого давления. В третьей части рассмотрены вопросы регуляторов частот вращения, системы впрыска и электронное управление дизеля.

Пособие содержит шесть лабораторных работ. В конце каждой из них прилагаются вопросы для контроля усвоения материала и задания для самостоятельного выполнения.

Данная публикация является продолжением (часть 2), в которой приведена классификация, общее устройство, принцип работы и характерные неисправности топливных насосов высокого давления авто-тракторных двигателей; сведения о необходимости и этапах их регулировки; освещены вопросы обслуживания и характерные неисправности.

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

ТНВД – топливный насос высокого давления;
ТПА – топливоподающая аппаратура;
УОВТ – угол опережения впрыска топлива;
ДВС – двигатель внутреннего сгорания;
ВВ – вредные выбросы;
ТП – топливоподача;
САУ – система автоматизированного управления;
КНД – контур низкого давления;
КВД – контур высокого давления;
ТПН – топливоподкачивающий насос;
ФТО – фильтр тонкой очистки;
ФГО – фильтр грубой очистки;
ОГ – отработанные газы;
КПД – коэффициент полезного действия;

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 РЯДНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ НАСОСЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Цель лабораторной работы

Изучить назначение, технические характеристики, классификацию, общее устройство, принцип работы и характерные неисправности топливного насоса высокого давления (ТНВД) автотракторных двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Ознакомиться с регулированием ТНВД и уяснить необходимость их проведения. Уметь производить их обслуживание и регулировку.

Оборудование

Картограммы, планшеты, натурные образцы и разрезы ТНВД двигателей *СМД, ЯМЗ, ЧТЗ, КамАЗ, Д-240, А-41* и др., прецизионные пары (плунжер-втулка плунжера, обратный клапан с седлом).

Последовательность выполнения работы

1. Запишите в отчете цель работы.
2. Изучите классификацию и назначение ТНВД. Пользуясь картограммами и наглядными пособиями, изучите устройство и работу ТНВД типа *УТН, ТН, КамАЗ* и т.д.
Обратите внимание: на место установки топливного насоса на двигателе и как осуществляется привод к топливному насосу; на количество и расположение насосных секций, количество и геометрические параметры плунжеров, связь плунжера с толкателем и управляющей рейкой. В отчете запишите марки ТНВД и их основные характеристики (тип, диаметр и ход плунжера, угла начала подачи топлива и т.д.).
3. Изучите работу плунжера пар и насосных секций.
4. Уясните принцип и необходимость основных регулировок ТНВД на равномерность подачи топлива по цилиндрам, угла начала подачи топлива каждой насосной секцией и насосом в целом. *Первая регулировка* производится на стенде разворотом плунжера относительно управляющей рейки, у насосов распределительного типа изменением длины регулировочной тяги. *Вторая* – на стенде при помощи регулировочного болта толкателя каждой насосной секции или изменением толщины нижней тарелки плунжера у насосов распределительного типа. *Третья* – непосредственно на двигателе поворотом кулачкового валика насоса на соответствующий угол через шлицевую шайбу и втулку. В насосах распределительного типа равномерность подачи по цилиндрам одной секции

регулируется подбором нагнетательного и обратного клапанов и их пружин.

Обратите внимание, что регулировка угла начала топлива ТНВД двигателем *СМД-60*, *КамАЗ* и *ЯМЗ-240* производится совмещением меток на корпусах насосов и муфт опережения впрыска топлива. Примеры регулировок некоторых марок ТНВД даны в приложении.

В отчете опишите регулировки указанного преподавателем ТНВД.

5. Изучите характерные неисправности ТНВД, их признаки и возможные причины. Основными неисправностями ТНВД являются: потеря гидравлической плотности плунжерной пары; заедание и зависание плунжера во втулке; износ нагнетательного клапана; неисправность перепускного клапана головки насоса; неправильная установка топливного насоса на двигатель; заедание рейки топливного насоса или поломка звена, соединяющего рейку с механизмом регулятора.

В отчете запишите признаки неисправностей и их возможные причины.

6. Получите у преподавателя задание на самостоятельную работу. Проверьте знание темы по вопросам самоконтроля.

2.1. Топливоподкачивающий насос

Топливоподкачивающий насос должен при всех условиях эксплуатации снабжать ТНВД достаточным количеством дизельного топлива. Кроме того, он имеет избыточную производительность для охлаждения ТНВД, причем топливо воспринимает тепло и поступает обратно в бак через перепускной клапан. Кроме описанных ниже, используются также электрические подкачивающие насосы и модели для многотопливных двигателей. В некоторых редких случаях рядный ТНВД может снабжаться топливом без подкачивающего насоса в режиме подачи топлива из бака самотеком, т. е. под действием разницы уровней горючего.

Применение

Топливоподкачивающий насос используется в большинстве случаев, когда имеется значительное расстояние между топливным баком и ТНВД. Чаще всего насос крепится к картеру ТНВД. В зависимости от компоновки двигателя в моторном отсеке и специфики условий эксплуатации необходимы различные схемы прокладки топливных магистралей, особенно для обеспечения обратного слива топлива.

На рис. 2.1 и 2.2 представлены два возможных вида таких схем.

Если топливный фильтр тонкой очистки (ФТО) расположен вблизи двигателя, тепловыделение последнего может привести к образованию паровых пробок внутри системы топливных магистралей. Для предотвращения этого через полость впуска прокачивается избыточное количе-

ство топлива, чем осуществляется охлаждение ТНВД. Избыточное топливо при этой схеме соединения (рис. 2.1) через перепускной клапан 6 поступает в магистраль обратного слива и возвращается в бак 1.

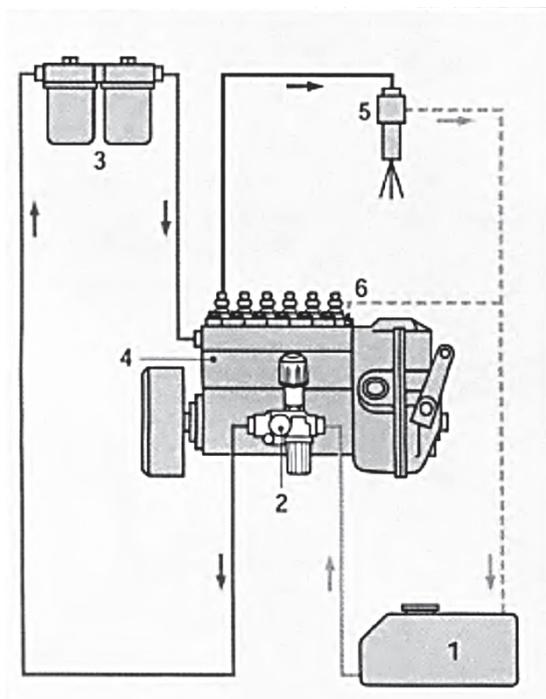


Рис. 2.1. Система питания с перепускным клапаном 6

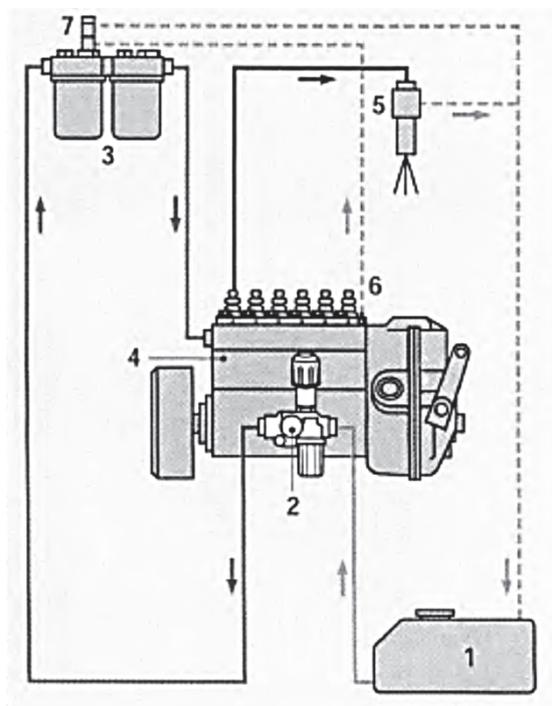


Рис. 2.2. Система питания с перепускным дросселем 7 на топливном фильтре

Для случаев, когда в подкапотном пространстве возникает высокая температура вокруг двигателя, схема прокладки топливных магистралей показана на рис. 2.2. Перепускной дроссель 7 устанавливается на топливном фильтре, так что во время эксплуатации часть топлива поступает обратно в бак вместе с воздушными или паровыми пузырьками. Воздушные пробки, которые образуются на стороне впуска в ТНВД, удаляются через перепускной клапан 6 с избыточным топливом, утекающим в бак 1.

Топливоподкачивающий насос должен быть выполнен таким образом, чтобы подавать, наряду с необходимым для ТНВД количеством топлива, некоторое избыточное количество для прокачки и обратного слива в бак.

Выбор ТПН определяют следующие критерии:

- тип ТНВД;
- мощность нагнетания;
- схема прокладки топливных магистралей;
- наличие свободного места в моторном отсеке.

Конструкция и принцип действия

Топливо подкачивающий насос забирает горючее из топливного бака и нагнетает его под давлением через фильтр тонкой очистки в полость всасывания ТНВД (под избыточным давлением 100...350 кПа или 1.0...3.5 бар). В качестве подкачивающих в большинстве случаев используются механические поршневые насосы, которые крепятся к ТНВД (в редких случаях – к двигателю).

Топливоподкачивающий насос приводится в действие кулачком либо эксцентриком на кулачковом валу ТНВД или распределительном валу двигателя.

В зависимости от требуемого расхода топлива используются одно или двухходовые топливоподкачивающие насосы.

2.1.1. Одноходовой топливоподкачивающий насос

Одноходовой ТПН представлен на рис. 2.3.

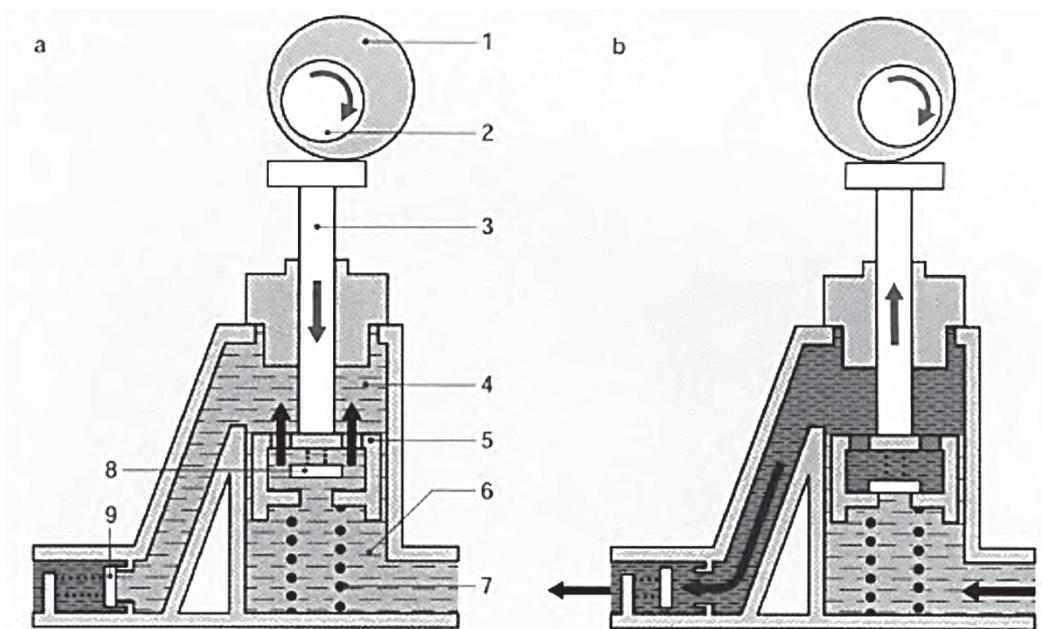


Рис. 2.3. Одноходовой подкачивающий насос:
1 – эксцентрик, 2 – кулачковый вал ТНВД, 3 – толкатель,
4 – рабочая камера, 5 – поршень насоса, 6 – впускная камера,
7 – возвратная пружина, 8 – впускной клапан, 9 – перепускной клапан
а – ход от эксцентрика, б – ход от пружины.

Кулачок или эксцентрик 1 кулачкового вала (рис. 2.3.а) через толкатель 3 приводит в движение поршень 5 насоса. Обратный ход поршня осуществляется под действием возвратной пружины 7.

Топливоподкачивающий насос работает по проточному принципу: при подъеме кулачка толкатель вместе с поршнем насоса движется вниз,

преодолевая сопротивление возвратной пружины. При этом впускной клапан 8, находящийся в поршне, открывается под действием возникающей в рабочей камере 4 низкого давления.

Топливо протекает в рабочую камеру через открытым впускной клапан системы подачи топлива. При этом перепускной клапан 9 остается закрытым. При обратном ходе поршня впускной клапан закрывается, а перепускной клапан открывается (рис. 2.3b).

2.1.2. Двухходовой топливоподкачивающий насос

Двухходовые топливоподкачивающие насосы (рис. 2.4) с более высокой мощностью нагнетания используются для работы с ТНВД рассчитанных на большое число цилиндров двигателя и соответственно на большой расход топлива. Эти насосы также приводятся от кулачка и или эксцентрика на кулачковом валу ТНВД.

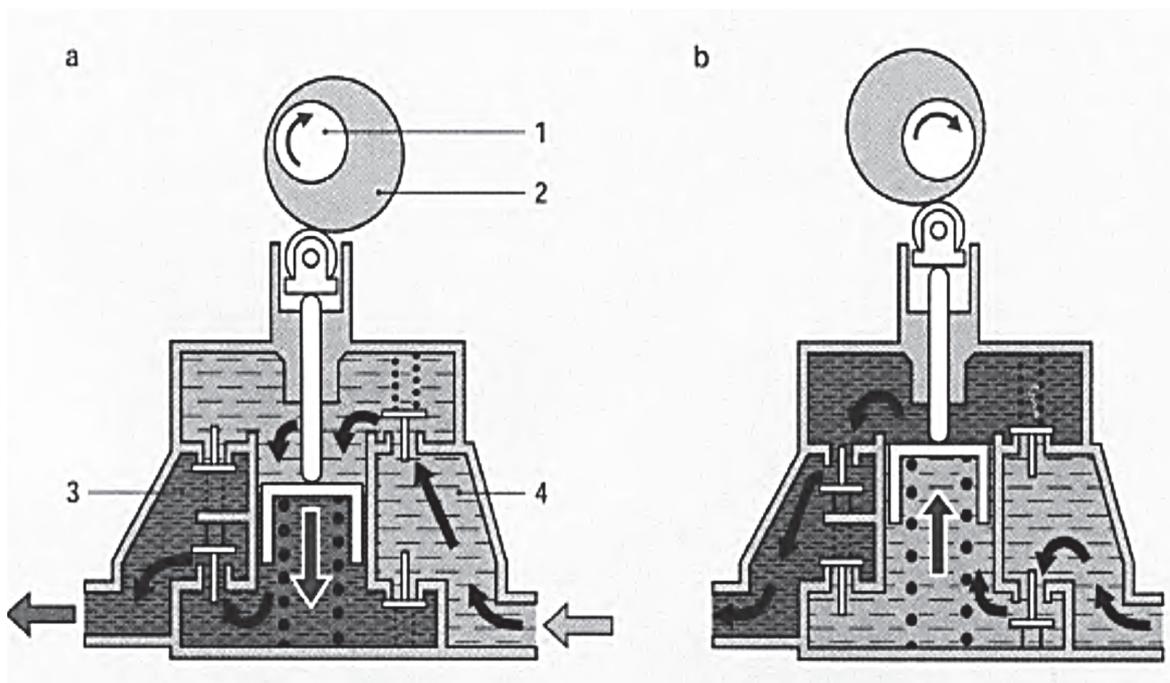


Рис. 2.4. Двухходовой топливоподкачивающий насос:
 1 – кулачковый вал ТНВД, 2 – эксцентрик,
 3 – рабочая камера, 4 – впускная камера
 а – ход от эксцентрика б – ход от пружины

В двухходовых насосах нагнетание топлива к ТНВД происходит не только под действием толкателя, но и при возвращении поршня в исходное положение под действием возвратной пружины, т. е. осуществляется дважды при каждом обороте кулачкового вала ТНВД.

2.1.3. Ручные помпы

Ручная помпа 1 обычно является составной частью топливоподкачивающего насоса (рис. 2.5). Тем не менее, она может быть встроена и в магистраль между баком и подкачивающим насосом.

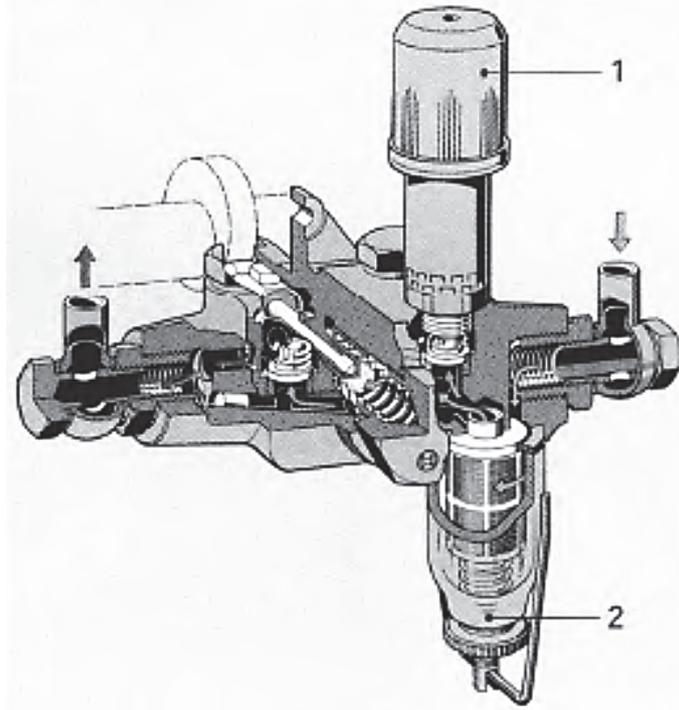


Рис. 2.5. Двухходовой топливоподкачивающий насос:
1 – ручная помпа; 2 – ФГО

Ручная помпа выполняет следующие функции:

- заполнение топливом магистралей системы подачи топлива и системы впрыска перед вводом дизеля в эксплуатацию;
- заполнение топливом всех систем и удаление из них воздуха после ремонтных работ или обслуживания системы впрыска;
- заполнение топливом всех систем и удаление из них воздуха после выработки топлива из бака.

Современная ручная помпа фирмы *Bosch* способна заменить почти все ранее использовавшиеся конструкции, поскольку она совместима с любыми системами впрыска топлива, применяемыми на дизельных двигателях, в том числе и с устаревшими. Теперь ее не требуется дополнительно герметизировать после завершения работы, что значительно облегчает ее использование.

Кроме того, ручная помпа имеет обратный клапан, который не позволяет нагнетаемому топливу перетекать через нее в обратном направлении.

Корпус ручной помпы обычно изготавливается из алюминиевого сплава, но для применения в пожароопасных местах существуют особые исполнения со стальным корпусом.

Предварительная грубая очистка топлива

Предварительная грубая очистка топлива защищает топливоподкачивающий насос от возможного попадания грязи. В полевых условиях эксплуатации, например при заправке дизелей из топливо заправщиках, полезна установка в топливный бак или в идущую от него магистраль подачи топлива сетчатого фильтра грубой очистки.

Дополнительный фильтр 2 предварительной очистки топлива может быть установлен также на входе в топливоподкачивающий насос.

Подача топлива самотеком из бака

Система подачи топлива из бака самотеком, т. е. без использования топливоподкачивающего насоса, чаще всего применяется на малых стационарных дизелях и различных тихоходных тягачах. В этом случае топливо поступает через магистрали к фильтру и ТНВД самотеком, т. е. под действием силы тяжести, создаваемой за счет разницы уровней расположения бака и системы подачи топлива.

При незначительной разнице уровней расположения топливного бака, топливного фильтра и ТНВД лучше использовать топливные магистрали большого диаметра, чтобы гарантировать достаточный объем подачи топлива. В этом случае целесообразна установка отсечного крана между баком и фильтром для того, чтобы можно было перекрыть подачу топлива при ремонте или обслуживании системы впрыска. При этом отпадает необходимость в сливе топлива из бака.

2.2. Рядные топливные насосы высокого давления

Рядные ТНВД относятся к классической аппаратуре впрыскивания дизельного топлива. Эти надежные агрегаты используются на дизелях с 1927 года. Рядные ТНВД устанавливаются на стационарные дизели, на двигатели грузовых автомобилей, строительных и сельскохозяйственных машин. Они позволяют получать высокие цилиндрические мощности у двигателей с числом цилиндров от 2 до 12. В сочетании с регуляторами частоты вращения коленчатого вала, устройствами для изменения угла опережения впрыскивания и различными дополнительными механизмами они обеспечивают потребителю возможность широкого выбора режимов эксплуатации. Рядные ТНВД для легковых автомобилей сегодня не производятся.

Мощность дизеля существенно зависит от количества впрыскиваемого топлива. Рядный ТНВД всегда должен дозировать количество подаваемого топлива в соответствии с нагрузкой.

Для хорошей подготовки смеси ТНВД должен дозировать топливо максимально точно, впрыскивая его под очень высоким давлением в соответствии с процессом сгорания. Оптимальное соотношение расхода топлива, уровней шума работы и выбросов вредных веществ в ОГ, требует точности порядка 1° угла поворота коленчатого вала по моменту начала впрыскивания.

Для управления моментом начала впрыскивания и компенсации времени на проход волны давления топлива через подводящую магистраль в стандартном рядном ТНВД используется муфта 3 опережения впрыскивания (рис. 2.6), которая с увеличением частоты вращения коленчатого вала изменяет момент начала подачи топлива в направлении «раньше». В особых случаях предусмотрено управление опережением впрыскивания в зависимости от нагрузки на двигатель. Нагрузка и частота вращения коленчатого вала регулируются изменением величины цикловой подачи топлива.

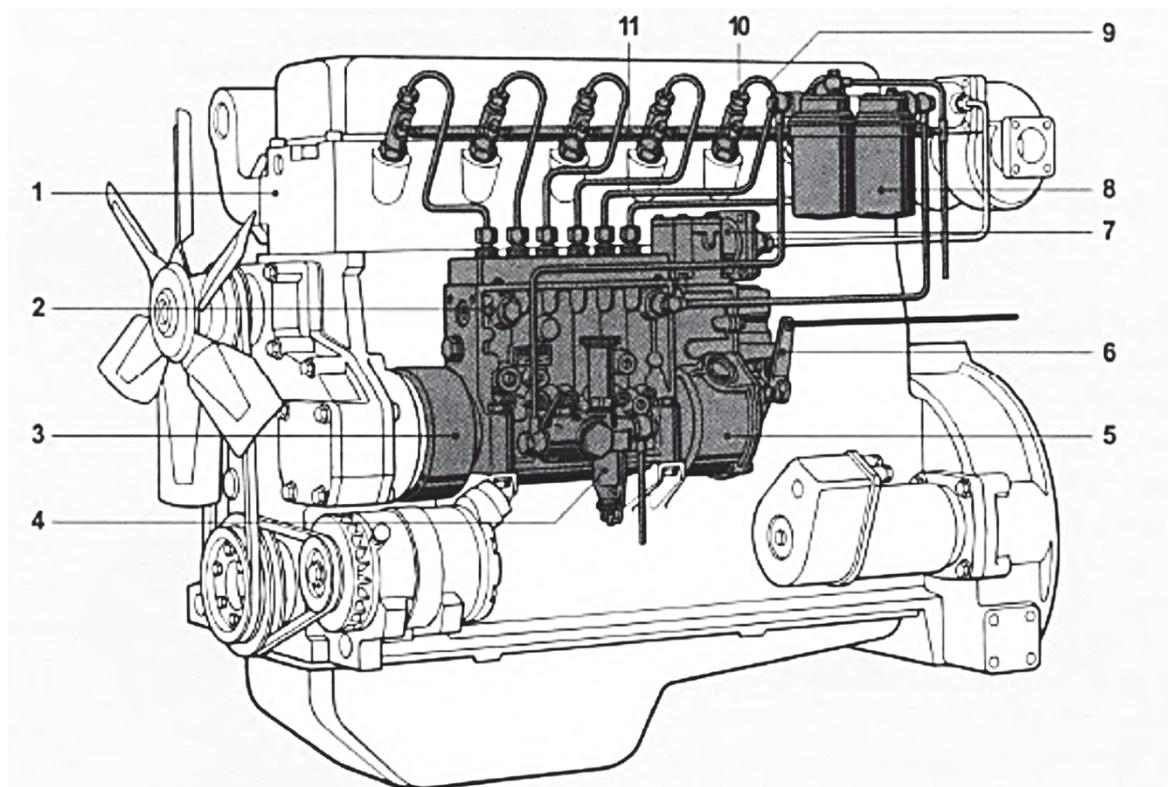


Рис. 2.6. Рядный ТНВД на 6-цилиндровом дизеле

Рядные ТНВД делятся на два типа: стандартные и с дополнительной втулкой.

2.2.1. Монтаж и привод

Рядный ТНВД устанавливается непосредственно на дизель (рис. 2.6), который приводит кулачковый вал ТНВД. Частота вращения этого вала, на двухтактных дизелях совпадает с частотой вращения коленчатого вала, а на четырехтактных составляет половину от частоты вращения коленчатого вала и соответственно равна частоте вращения распределительного вала ГРМ двигателя.

Для обеспечения высокого давления впрыскивания механизм передачи крутящего момента от двигателя к ТНВД должен быть по возможности «жестким».

Для смазки подвижных деталей (например, кулачкового вала, роликовых толкателей и т. д.) в ТНВД из системы смазки двигателя подается определенное количество масла, которое во время работы двигателя смазывает детали ТНВД.

2.2.2. Конструкция и принцип действия

Рядные ТНВД имеют собственный кулачковый вал 14, который установлен в алюминиевом корпусе (рис. 2.7). Он соединяется с двигателем либо непосредственно, либо через соединительный узел и муфту опережения впрыскивания.

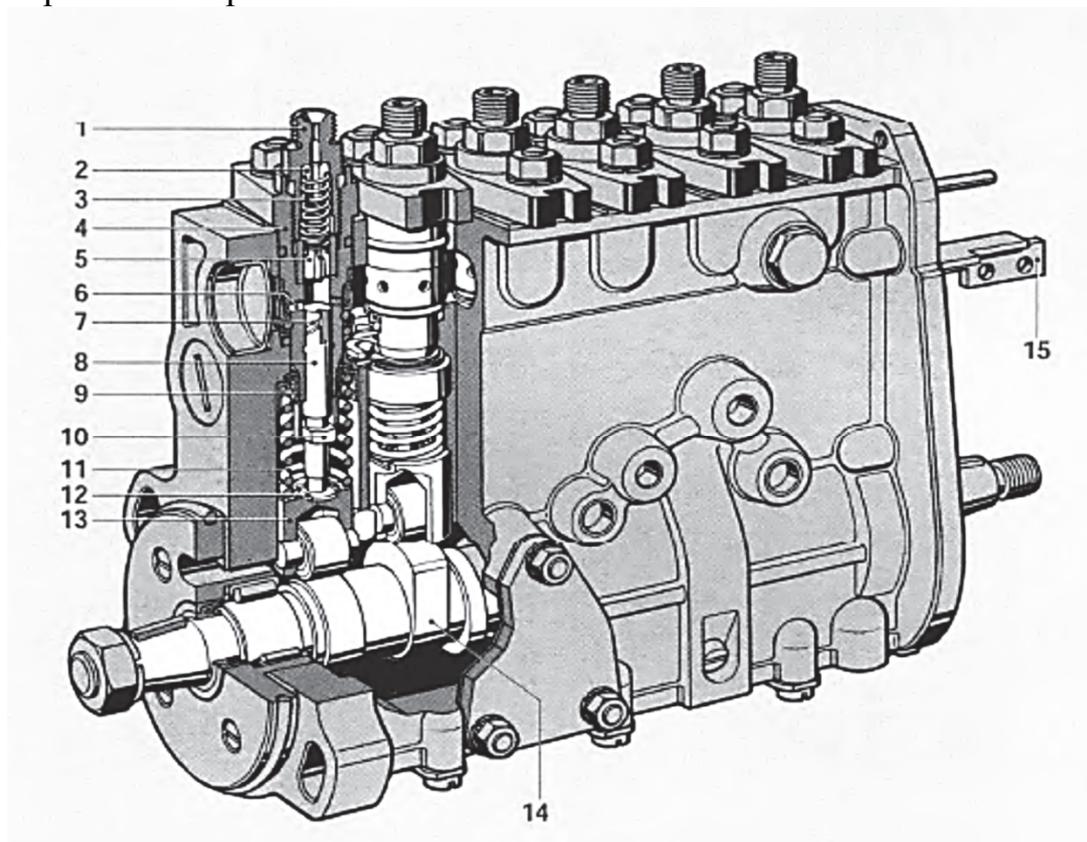


Рис. 2.7. Рядный шестисекционный ТНВД

Количество кулачков на кулачковом валу ТНВД соответствует числу цилиндров двигателя. Над каждым кулачком находится роликовый толкатель 13 с тарелкой 12 пружины 11. Тарелка передает усилие от толкателя на плунжер 8, а пружина возвращает его в исходное положение. Гильза 4 плунжера является направляющей, в которой плунжер совершает возвратно-поступательное движение. Сочетание втулки и плунжера образует насосный элемент, или плунжерную пару.

2.2.3. Плунжерная пара

Плунжерная пара состоит из плунжера 9 (рис. 2.8) и гильзы 8. Гильза имеет один или два подводящих канала (при двух каналах один из них выполняет функции подводящего и перепускного), которые соединяют полость всасывания с камерой высокого давления плунжерной пары.

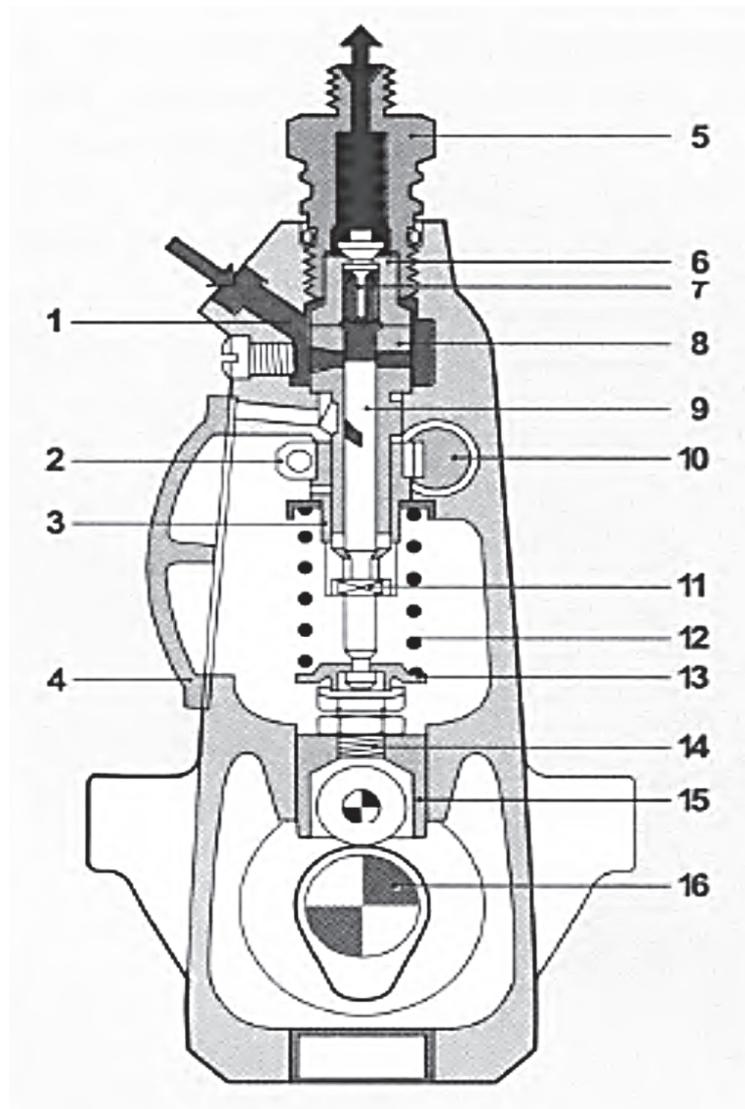
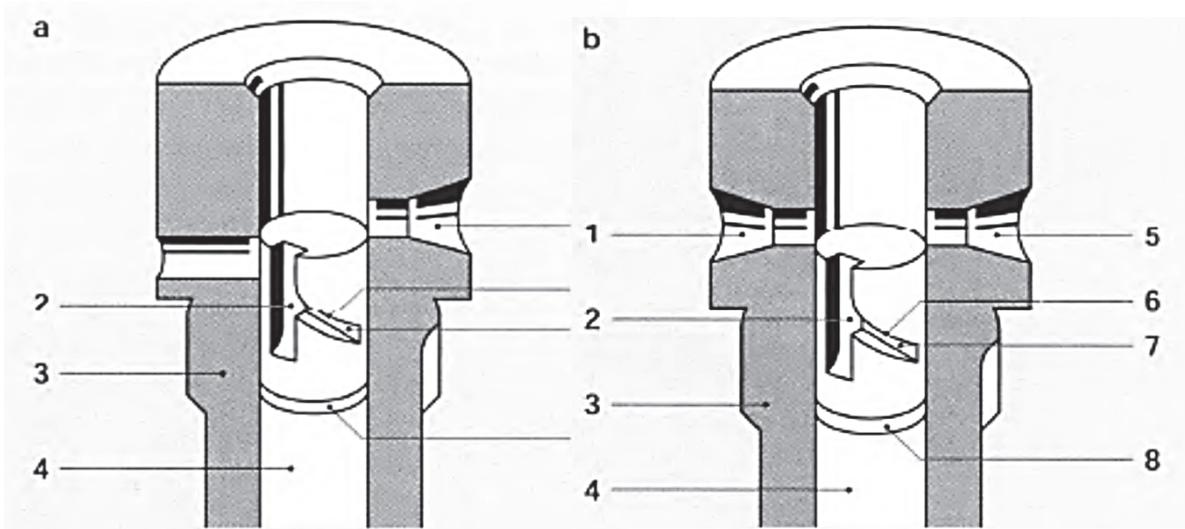


Рис. 2.8. Разрез секции рядного ТНВД

Над плунжерной парой находится штуцер 5 с посадочным конусом 7 нагнетательного клапана. Двигающаяся в корпусе ТНВД рейка 10 вращает зубчатый сектор 2, управляя тем самым регулирующей втулкой 3 плунжера. Перемещение самой рейки определяется регулятором частоты вращения коленчатого вала (как описано в «Регуляторы для рядных ТНВД»). Это позволяет точно дозировать величину цикловой подачи. Полный ход плунжера неизменен. Активный ход и связанная с ним величина цикловой подачи могут изменяться поворотом плунжера, который совершается при помощи регулирующей втулки.

Плунжер имеет наряду с продольной канавкой 2 (рис. 2.9) еще и спиральную канавку 7. Получаемая таким образом косач кромка на поверхности плунжера называется регулирующей кромкой 6.



*Рис. 2.9. Плунжерная пара рядного ТНВД:
а – гильза с одним подводящим каналом,
б – гильза с двумя подводящими каналами.*

Если величина давления впрыскивания не превышает 600 бар, то достаточно одной регулирующей кромки, для больших значений давления впрыскивания необходим плунжер с двумя регулируемыми кромками, отфрезерованными с противоположных сторон плунжера. Их наличие снижает износ плунжерной пары, поскольку плунжер с одной регулирующей кромкой под давлением прижимается к одной стороне гильзы, увеличивая ее выработку.

В гильзе плунжера размещены одно или два отверстия для подвода 1 и обратного слива 5 топлива (рис. 2.9).

Плунжер притерт к гильзе так плотно, что пара герметична без дополнительных уплотнений даже при очень высоких давлениях и низких частотах вращения коленчатого вала. Из-за этого замене могут подвергаться плунжерные пары целиком.

Величина возможной подачи топлива зависит от рабочего объема пары. Максимальное значение давления впрыскивания у форсунки может составлять, в зависимости от конструкции, 400... 1350 бар.

Угловой сдвиг кулачков, на кулачковой валу, гарантирует точное совмещение впрыскивания с фазовым сдвигом процессов по цилиндрам двигателя в соответствии с порядком его работы.

2.3. Принцип действия плунжерной пары (последовательность фаз)

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. *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 (рис.2.10). Этот принцип используется в рядных ТНВД. В НМТ плунжера подводящий канал 2 (рис 2.10) гильзы 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 растёт, 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

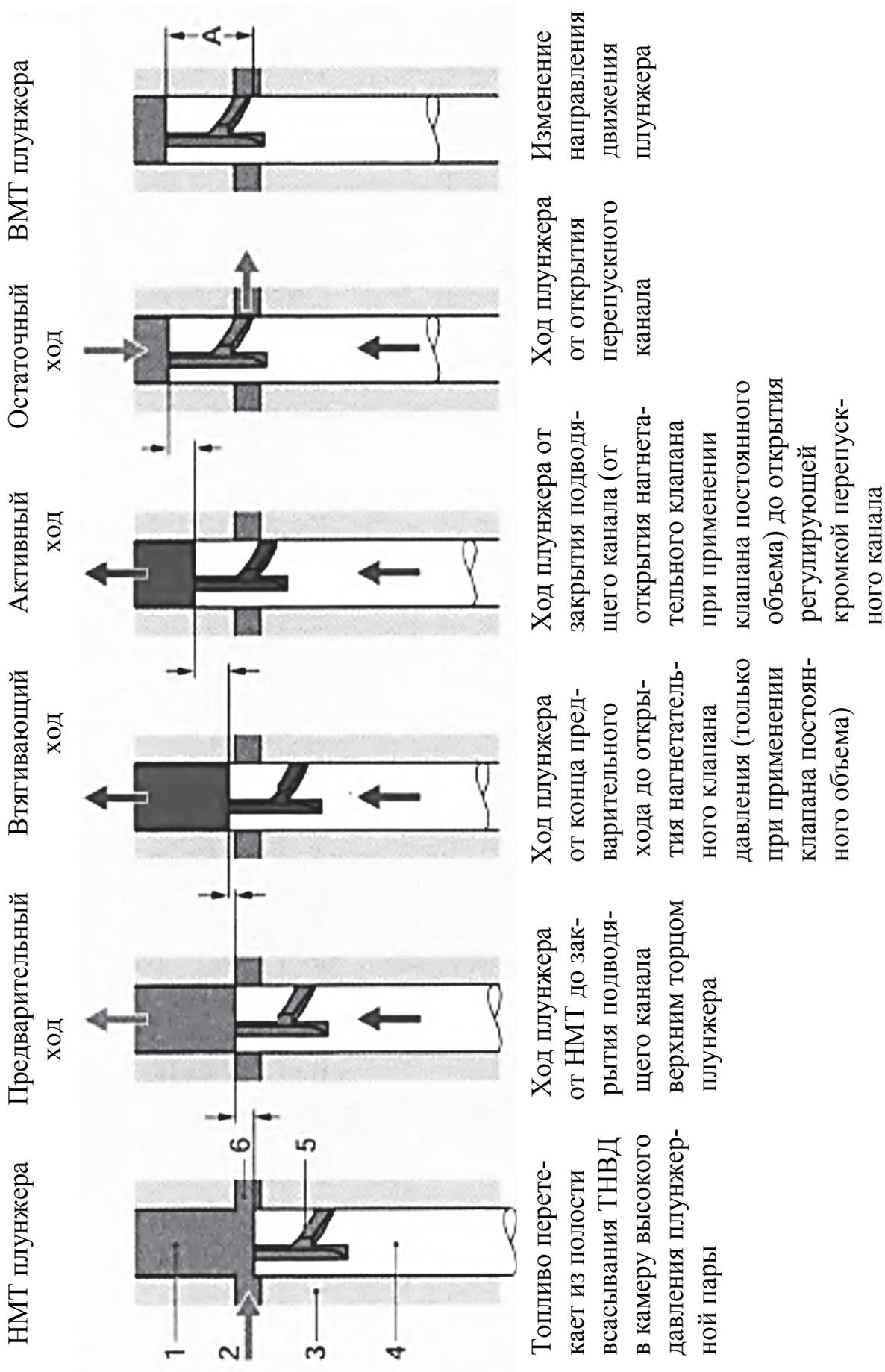


Рис. 2.10. Последовательность работы плунжерной пары

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.

2.3.1. Регулирование цикловой подачи

Величину цикловой подачи топлива можно регулировать изменением активного хода кромки (рис. 2.11). Для этого рейка 5 через регулируемую втулку плунжера поворачивает сам плунжер 3 таким образом, что регулирующая кромка 4 может изменять момент конца нагнетания и вместе с тем величину цикловой подачи (регулирование по концу впрыскивания).

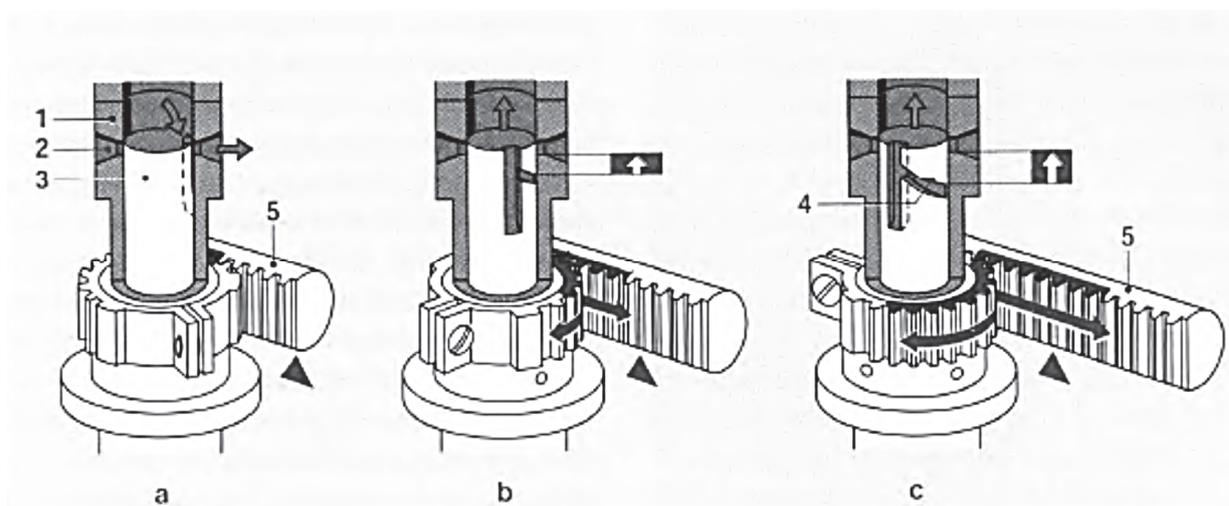


Рис. 2.11. Регулирование величины цикловой подачи
a – нулевая подача; *b* – средняя подача; *c* – полная подача

В крайнем положении, соответствующем нулевой подаче (*a*), продольная канавка находится непосредственно перед перепускным каналом. Вследствие этого давление в камере высокого давления плунжерной пары во время всего хода плунжера равняется давлению в полости всасывания и нагнетания топлива не происходит. В это положение плунжер приводится, если двигатель должен быть остановлен.

При средней подаче (*b*) плунжер устанавливается в промежуточное положение (по регулирующей кромке).

Полная подача (*c*) становится возможной только при установке максимального активного хода плунжера.

Передача движения от рейки на плунжер может производиться либо через зубчатую рейку на зубчатый сектор, закрепленный на регулирующей втулке плунжера (рис. 2.11), либо через рейку с направляющими шлицами на штифт или сферическую головку на регулирующей втулке плунжера.

2.3.2. Плунжерная пара с обратным отводом топлива

Если система смазки ТНВД присоединена к системе смазки двигателя, то при определенных обстоятельствах просачивание топлива может привести к разжижению моторного масла. Плунжерные пары с обратным отводом просачивающегося топлива в полость впуска ТНВД в значительной мере препятствуют этому. Имеются два варианта:

- кольцевая канавка 3 в плунжере (рис. 2.12а) собирает просочившееся топливо и отводит его по расположенной в плунжере канавке 2 обратно в полость впуска;
- просочившееся топливо перетекает из кольцевой канавки 4 (рис. 2.12б) и канал 1 в гильзе обратно в полость впуска.

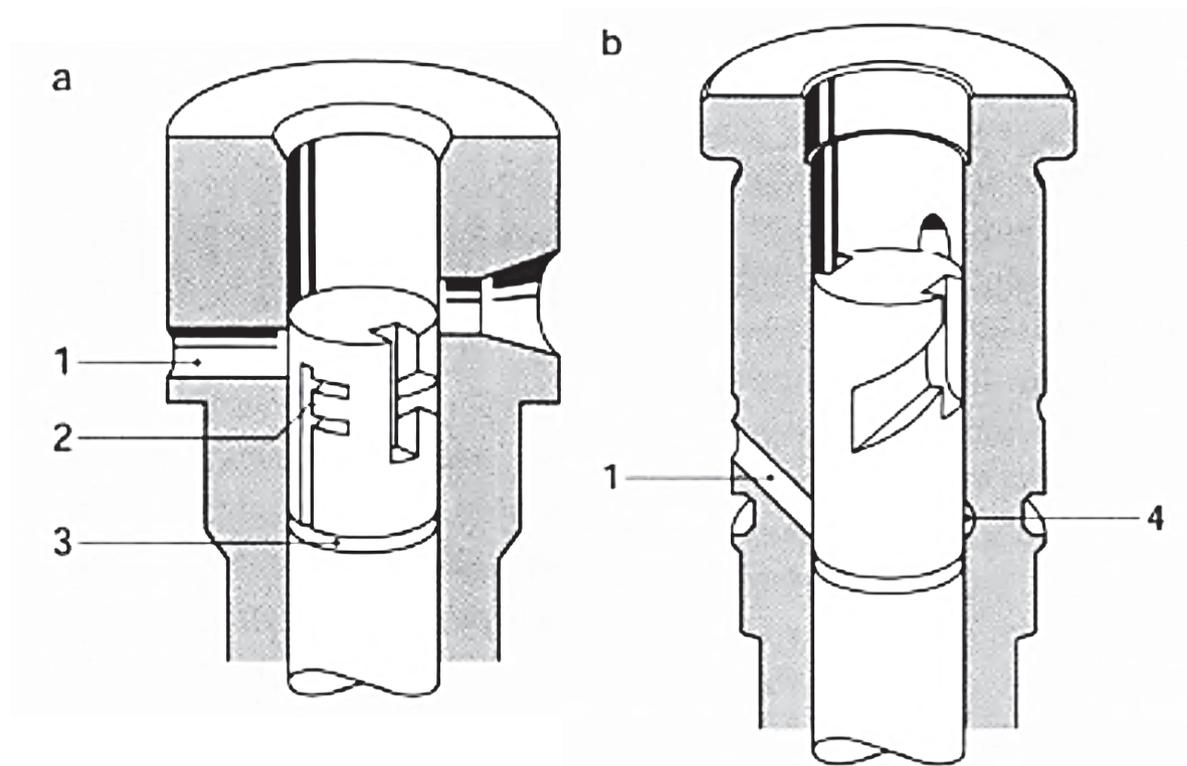


Рис. 2.12. Плунжерные пары с обратным отводом топлива

2.3.3. Формы кулачка

Различные виды камер сгорания и происходящих там процессов требуют индивидуальных условий впрыскивания. Соответственно для каждого типа дизеля требуется специально рассчитывать этот процесс. Скорость плунжера, а вместе с ней и продолжительность впрыскивания: зависит от профиля кулачка. Существуют различные виды профилей кулачка, которые могут выбираться на основе расчета для улучшения таких характеристик, как «закон топливоподачи» и «изменения давления впрыскивания».

Используют также различные профили «сбегающего», или тыльного, участка кулачка (рис. 2.13):

а – симметричные кулачки,

б – кулачки с эксцентричным профилем тыльной части;

с – кулачки с мягким профилем тыльной части, препятствующие пуску двигателя в нежелательном направлении вращения коленчатого вала.

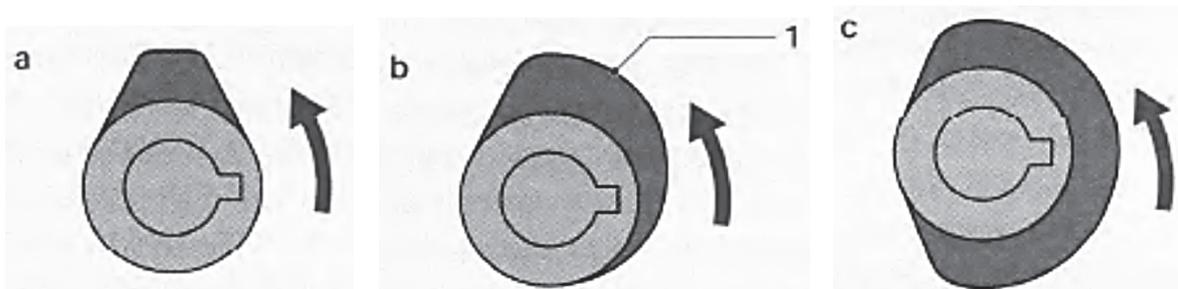


Рис. 2.13. Форма кулачков рядных ТНВД

2.4. Нагнетательный клапан

Между плунжерной парой ТНВД и магистралью высокого давления расположен нагнетательный клапан (рис. 2.14).

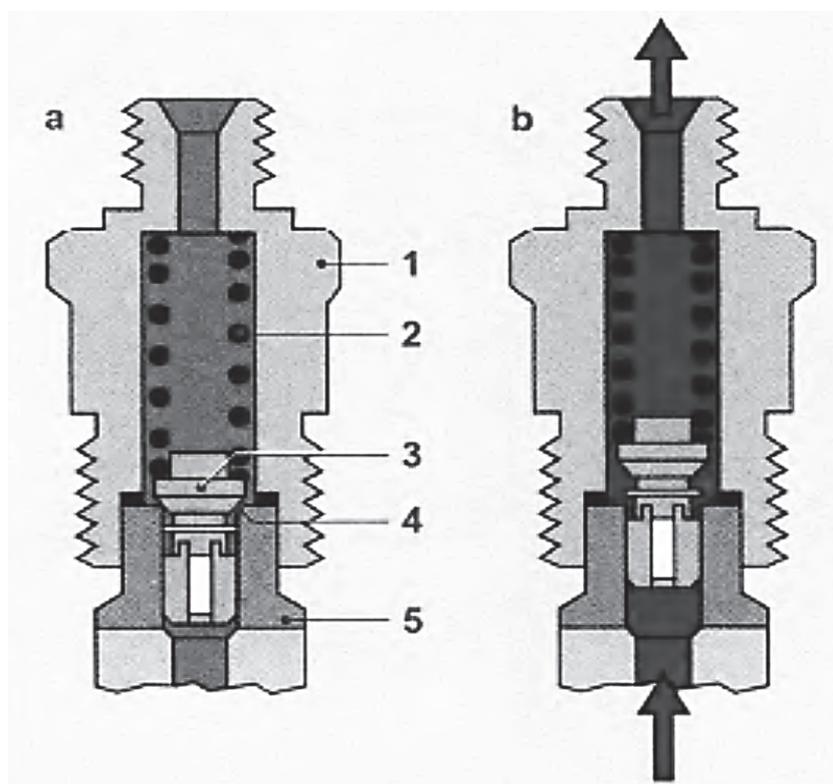


Рис. 2.14. Нагнетательный клапан

Его задача – в контуре высокого давления отделить от магистрали полость над плунжером ТНВД. Кроме того, после впрыскивания клапан разгружает магистраль путем снижения давления до определенного статического уровня, что позволяет быстро и эффективно запереть распылитель форсунки и предотвратить нежелательный подвпрыск топлива в камеру сгорания.

В процессе нагнетания запирающий конус 3 нагнетательного клапана поднимается с седла 4 в направляющей втулке 5 под действием увеличивающегося давления топлива, которое подается через корпус 1 клапана в магистраль высокого давления. Как только регулирующая кромка плунжера ТНВД, управляя процессом впрыскивания, открывает перепускной канал, давление в магистрали падает, при этом возвратная пружина 2 перемещает конус клапана в исходное положение, прижав его обратно к седлу. Таким образом, полость над плунжером ТНВД и магистраль высокого давления оказываются разделенными до следующего цикла нагнетания.

2.4.1. Нагнетательный клапан постоянного объема без перепускного дросселя

В нагнетательном клапане постоянного объема часть его стержня выполнена в виде разгрузочного пояса 2 (рис. 2.15), который входит в направляющую втулку с минимальным зазором. При очередном цикле подачи топлива разгрузочный пояс вместе с конусом клапана приподнимается над направляющей втулкой, открывая топливу свободный доступ в магистраль, ведущую к форсункам. Когда под действием возврат-

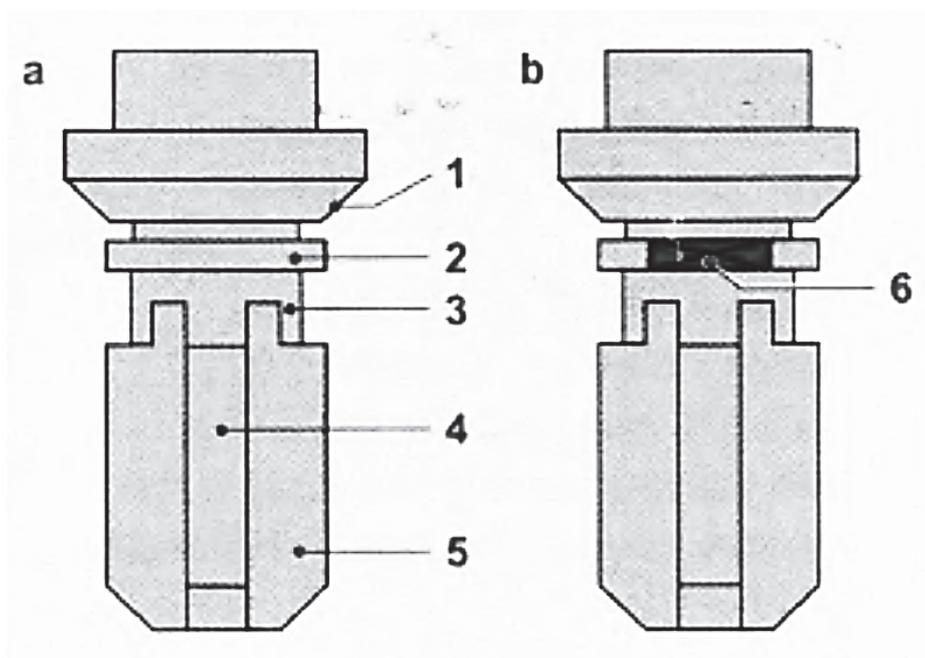


Рис. 2.15. Запирающий конус клапана с разгрузочным поясом

ной пружины клапан занимает исходное положение, разгрузочный пояс вместе с конусом отсекает полость над плунжером ТНВД от магистрали высокого давления.

Чтобы обеспечить более равномерный процесс подачи топлива, в особых случаях предусматривается выравнивающий элемент клапана. Он представляет собой дополнительную лыску δ на разгрузочном пояске. С ее помощью выравнивается давление по обе стороны разгрузочного пояска.

2.4.2. Конструктивные особенности топливного насоса высокого давления

Границы использования рядных ТНВД для дизелей по мощности – 10...200 кВт на цилиндр. Различные модификации ТНВД позволяют обеспечить этот широкий диапазон мощностей. Все модели ТНВД составляют конструктивные ряды, которые частично перекрывают диапазоны их мощностного использования.

Существуют два вида направления подачи топлива к плунжерным парам (рис. 2.16). При продольном направлении подачи (а) топливо протекает последовательно через все плунжерные пары. При поперечном направлении подачи (б) все плунжерные пары питаются параллельно от одного канала. Этим уменьшается чувствительность плунжерных пар к их расположению в картере ТНВД, улучшается равномерность их работы, а также уравнивается величина подачи топлива по секциям ТНВД.

2.5. Эксплуатация рядных топливного насоса высокого давления

Для надежном эксплуатации ТНВД должен быть правильно установлен, а система впрыска – полностью освобождена от воздуха и при необходимости подключена к системе смазки двигателя. Момент начала впрыскивания устанавливается по двигателю. Только при этих условиях достигается оптимальное соотношение между расходом топлива и мощностью, а также соответствие строгим нормам токсичности ОГ. Для обеспечения этого необходим испытательный стенд для ТНВД.

2.5.1. Устранение воздушных пробок

Воздушные пробки в топливе нарушают или вовсе делают невозможным эксплуатацию ТНВД. После каждой смены фильтра ТНВД из системы впрыска следует устранять воздух. Во время эксплуатации этот процесс происходит автоматически при помощи перепускного клапана на топливном фильтре. Там, где его нет, применяется дроссель.

Регулятор частоты вращения коленчатого вала и ТНВД подключены к системе смазки двигателя. В случае крепления ТНВД к двигателю с

помощью площадки в виде ванны или днища картера контур системы смазки проходит через них (рис. 2.16). При фланцевом креплении ТНВД

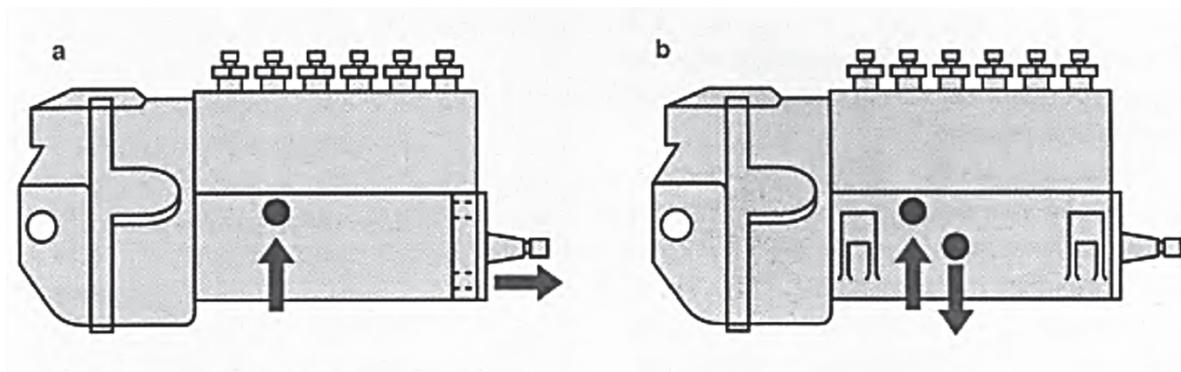


Рис. 2.16. Варианты подвода смазки к ТНВД

систему смазки можно замкнуть через подшипники кулачкового вала или специальные патрубки.

Контроль качества смазки ТНВД возможен одновременно с регламентными работами по смене масла, предписанными изготовителями дизеля, через контрольный винт (он же масляный щуп) на регуляторе.

В ТНВД и регуляторах с разделенным масляным картером уровень масла контролируется отдельно.

2.5.2. Хранение

В дизелях, находящихся на консервации, не следует оставлять дизельное топливо в ТНВД. Из-за загустения топлива плунжеры и нагнетательные клапаны могут «залечь» и начать корродировать. Поэтому дизельное топливо с максимально допустимой 15-процентной добавкой в топливный бак масла, с антикоррозионной присадкой, прогоняют через систему впрыска в течение примерно 15 мин. Такая добавка масла оказывает влияние и на смазку кулачкового вала.

Современные ТНВД, оснащаемые эффективной антикоррозионной защитой, имеют в названии индекс.

2.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение, основные элементы и принцип действия одного и двухходового топливopодкачивающего насоса.
2. Назначение, основные элементы и принцип действия ручного топливopодкачивающего насоса.
3. Назначение, применение, основные элементы и принцип действия рядных ТНВД.
4. Что понимается под цикловой подачей топлива?
5. Устройство плунжерной пары. Принцип действия.
6. Что понимается под полным и активным ходом плунжера?
7. Как регулируется цикловая подача топлива?
8. Что понимается под моментом впрыска топлива в цилиндр и моментом начала подачи секции ТНВД?
9. Виды форм кулачка кулачкового вала ТНВД?
10. Назначение и работа нагнетательного клапана секции ТНВД?
11. Способы подвода топлива к плунжерным парам?
12. Техническое обслуживание рядных ТНВД.
13. Как регулируют момент начала подачи топлива секцией ТНВД секционного типа?
14. Как отрегулировать насосы секционного и распределительного типа на равномерность подачи топлива?
15. Перепускной клапан в головке ТНВД. Назначение, регулировка и последствия его неплотной «посадки».
16. К каким последствиям в работе ТНВД приводит наличие воды в топливе?
17. Какими конструктивными мерами обеспечивается удаление воздуха из головки ТНВД?

Задания для самостоятельной работы

1. Определить время смесеобразования в дизельном двигателе при частоте вращения коленчатого вала 2000об/мин, учитывая, что смесеобразование продолжается в течение 10...12 поворота коленчатого вала.
2. Записать последовательность операций по проверке и регулировкам угла начала подачи топлива насосом на двигателе (марку двигателя указывает преподаватель).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ТОПЛИВНЫЕ НАСОСЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ТИПА

Цель лабораторной работы

Изучить назначение, технические характеристики, классификацию, общее устройство, принцип работы и характерные неисправности ТНВД распределительного типа автотракторных двигателей. Ознакомиться с регулированием ТНВД и уяснить необходимость их проведения. Уметь производить их обслуживание и регулировку.

Оборудование

Картограммы, планшеты, натурные образцы и разрезы ТНВД, прецезионные пары (плунжер-втулка плунжера, обратный клапан с седлом).

Последовательность выполнения работы

1. Запишите в отчете цель работы.

2. Изучите классификацию и назначение ТНВД. Пользуясь картограммами и наглядными пособиями, изучите устройство и работу насосов НД.

Обратите внимание: на место установки топливного насоса на двигателе и как осуществляется привод к топливному насосу; на количество и расположение насосных секций, количество и геометрические параметры плунжеров, связь плунжера с толкателем и управляющей рейкой. В отчете запишите марки ТНВД и их основные характеристики (тип, диаметр и ход плунжера, угла начала подачи топлива и т.д.).

3. Изучите работу плунжера пар и насосных секций.

Высокое давление топлива создаваемое ТНВД (30 МПа и более), обеспечивается малыми зазорами (3...5 мкм) между плунжером и втулкой. Синхронизация подачи топлива в камеру сгорания рабочему процессу ДВС в каждом из цилиндров определяется разворотом кулачков на кулачковом валу в соответствии с порядком работы цилиндров. Регулирование мощности дизеля, путем изменения цикловой подачи, осуществляется поворотом плунжера вокруг своей оси. При изучении насосов распределительного типа обратите внимание на принципиальные отличия в работе его секций от многоплунжерного: за один оборот кулачкового вала насоса; плунжер совершает несколько активных ходов (число ходов равно числу обслуживаемых цилиндров); кроме возвратно-поступательных движений плунжер также совершает вращательное движение относительно своей оси; дозирование топлива осуществляется

изменением момента окончания подачи топлива (изменением положения шайбы дозатора), вместо нагнетательного клапана с разгрузочным поясом используются два клапана нагнетательный и обратный. В отчете дайте сравнительную характеристику многоплунжерному и распределительному типу насосов.

4. Уясните принцип и необходимость основных регулировок ТНВД на равномерность подачи топлива по цилиндрам, угла начала подачи топлива каждой насосной секцией и насосом в целом. *Первая* регулировка производится на стенде разворотом плунжера относительно управляющей рейки, у насосов распределительного типа изменением длины регулировочной тяги. *Вторая* – на стенде при помощи регулировочного болта толкателя каждой насосной секции или изменением толщины нижней тарелки плунжера у насосов распределительного типа. *Третья* – непосредственно на двигателе поворотом кулачкового валика насоса на соответствующий угол через шлицевую шайбу и втулку. В насосах распределительного типа НД равномерность подачи по цилиндрам одной секции регулируется подбором нагнетательного и обратного клапанов и их пружин.

В отчете опишите регулировки указанного преподавателем ТНВД.

5. Изучите характерные неисправности ТНВД, их признаки и возможные причины. Основными неисправностями ТНВД являются: потеря гидравлической плотности плунжерной пары; заедание и зависание плунжера во втулке; износ нагнетательного клапана; неисправность перепускного клапана головки насоса; неправильная установка топливного насоса на двигатель; заедание рейки топливного насоса или поломка звена, соединяющего рейку с механизмом регулятора.

В отчете запишите признаки неисправностей и их возможные причины.

6. Получите у преподавателя задание на самостоятельную работу. Проверьте знание темы по вопросам самоконтроля.

Процессы сгорания в дизельном двигателе зависят в решающей мере от того, как подготовлено топливосистемой впрыска. Существенную роль при этом играет ТНВД, создающий давление топлива, под которым оно нагнетается через магистрали высокого давления к форсункам и впрыскивается ими в камеры сгорания. Для малоразмерных быстроходных дизелей требуются системы впрыска с высокой мощностью, большой цикличностью, малым весом и минимальными конструктивными размерами. Этим требованиям отвечают так называемые распределительные ТНВД, которые при компактном размере объединяют в себе топливоподкачивающий насос, ТНВД и регулятор частоты вращения коленчатого вала.

Распределительные ТНВД благодаря своей компактной конструкции и всесторонней приспособляемости, чаще всего устанавливаются на

легковые и легкие грузовые автомобили, стационарные двигатели, а также на строительные и сельскохозяйственные машины.

Номинальная мощность, частота вращения коленчатого вала и вид конструкции дизеля определяют эксплуатационные параметры и комплектацию распределительных ТНВД, которые используются в двигателях с числом цилиндров от трех до шести.

ТНВД с аксиальным движением плунжера применяются для двигателей мощностью до 30 кВт на цилиндр, с радиальным движением плунжеров – до 45 кВт на цилиндр.

Распределительные ТНВД смазываются топливом и поэтому практически не требуют обслуживания.

3.1. Виды конструкций

Распределительные ТНВД различаются по способу регулирования, методу управления цикловой подачей и развиваемому ими максимальному давлению (рис. 3.1).

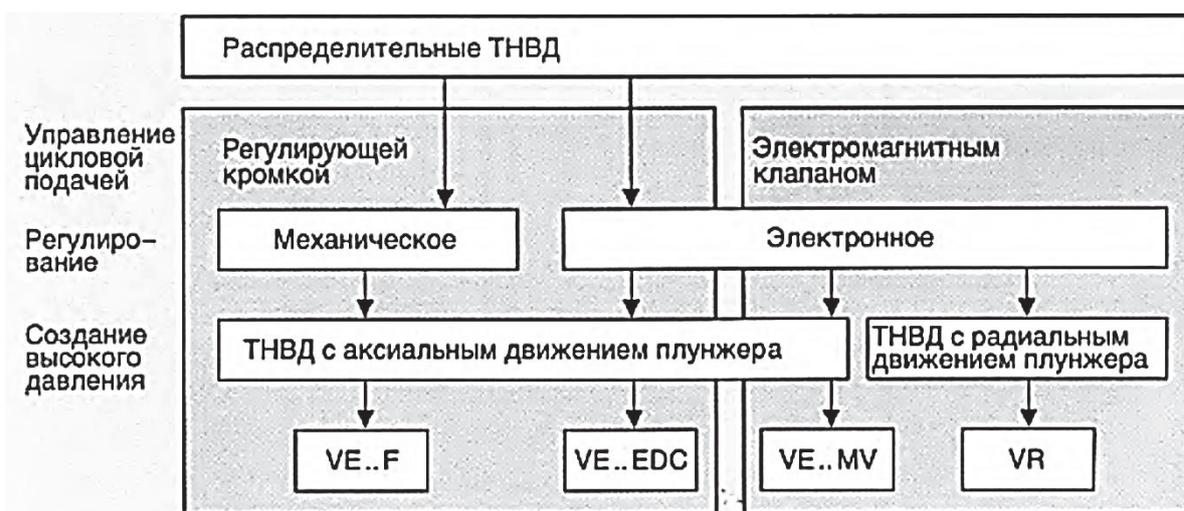


Рис. 3.1. Виды распределительных ТНВД

3.1.1. Способ управления цикловой подачей

ТНВД с управлением регулирующей кромкой

Продолжительность впрыскивания изменяется регулирующей кромкой, каналами ТНВД и подвижной втулкой. Гидравлическое устройство опережения изменяет момент начала впрыскивания.

ТНВД, управляемые электромагнитным клапаном

Электромагнитный клапан высокого давления запирает магистраль высокого давления и определяет, таким образом, момент начала впры-

скивания и его продолжительность. ТНВД с радиальным движением плунжеров управляются только при помощи электромагнитных клапанов.

3.1.2. Способ создания высокого давления

Распределительные ТНВД с аксиальным движением плунжера

Они создают давление топлива при движении плунжера в направлении, соосном валу привода насоса.

Распределительные ТНВД с радиальным движением плунжеров

Они создают давление несколькими плунжерами, движущимися перпендикулярно оси вала привода ТНВД. В результате может развиваться гораздо большее давление, чем в первом случае.

3.1.3. Способ регулирования

Механическое регулирование

ТНВД регулируется устройством, состоящим из нескольких узлов, включающих ряд рычагов, пружин, мембранных датчиков и т. д.

Электронное регулирование

Водитель устанавливает желаемые параметры (крутящий момент или частоту вращения коленчатого вала) нажатием на педаль акселератора, что фиксируется специальным датчиком. В блок управления заложены поле характеристик цикловых подач для пуска, холостого хода и полной нагрузки, характеристика хода педали газа, ограничение по дымности и характеристика ТНВД. По этим данным и действительному показанию датчика определяется величина управляющего сигнала, поступающего на исполнительный механизм ТНВД. Одновременно учитывается текущее состояние двигателя и условия его эксплуатации (например, угол поворота и частота вращения коленчатого вала, давление наддува, температуры охлаждающей жидкости, масла системы смазки и воздуха на впуске, скорость автомобиля и т. д.). Учитывая все это, блок управления подает команды на исполнительный механизм или электромагнитный клапан ТНВД.

Использование системы электронного регулирования работы дизеля в сравнении с механической позволяет получить много преимуществ, а именно:

1. меньший расход топлива и выброс отработанных газов (ОГ), более высокая мощность и крутящий момент благодаря улучшенному ре-

гулированию величины цикловой подачи и более точной установке момента начала впрыскивания;

2. меньшую частоту вращения коленчатого вала на холостом ходу и лучшее регулирование работы дополнительного оборудования (например, климатических агрегатов);

3. лучшее обеспечение комфортности (например, активным демпфированием пульсации, регулированием равномерности движения и скорости автомобиля);

4. расширение параметров диагностики;

5. возможность использования дополнительных управляющих и регулирующих функций (например, управление временем работы свечей накаливания, рециркуляцией ОГ, давлением наддува, электронной блокировкой торможения автомобиля);

6. цифровой обмен информацией с другими электронными системами (например, системами регулирования сцепления с почвой или управления коробкой передач), что дает возможность интеграции электронной системы управления работой дизеля в общую систему управления автомобилем.

3.1.4. Системы с управлением с регулирующей кромкой

Распределительные ТНВД с механическим регулированием

Механическое регулирование применяется только в распределительных ТНВД с аксиальным движением плунжера. Преимуществами такого решения являются меньшая стоимость изготовления и относительно более простое обслуживание.

Механическое регулирование частоты вращения коленчатого вала достаточно для различных условий эксплуатации и обеспечивает высокое качество смесеобразования. Дополнительно подключаемые узлы обеспечивают необходимое согласование момента и величины цикловой подачи топлива, впрыскиваемого при различных эксплуатационных состояниях двигателя: частоте вращения коленчатого вала, нагрузке на двигатель, температуре охлаждающей жидкости, давлении наддува и атмосферном давлении.

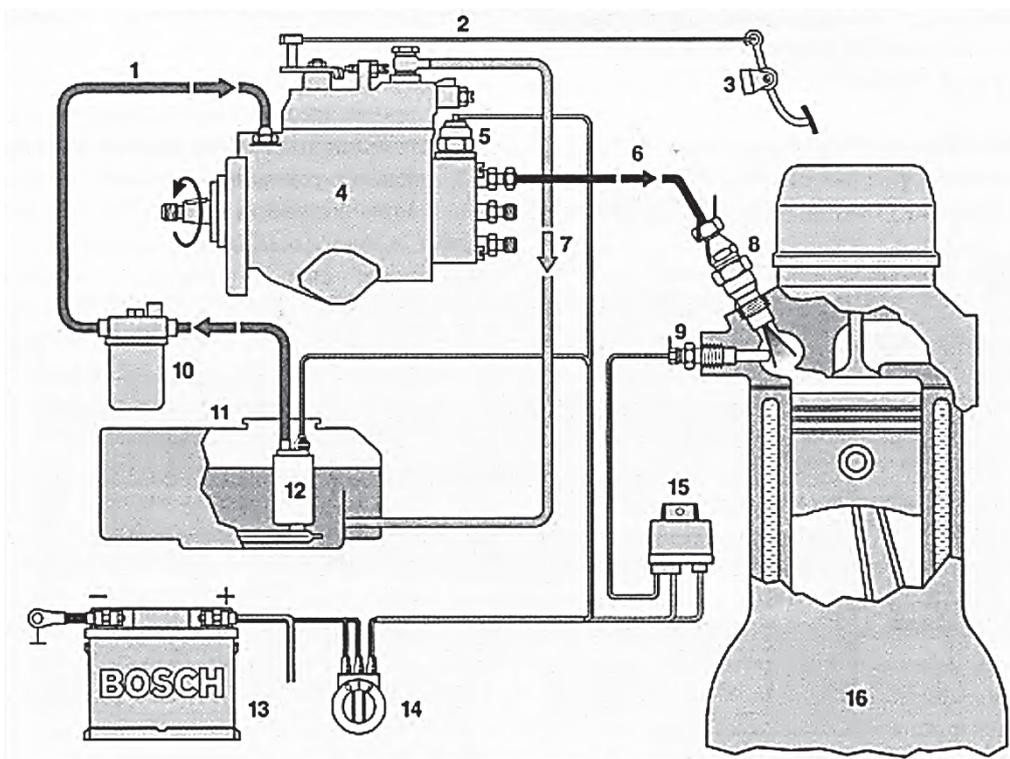


Рис. 3.2. Схема ТНВД с механическим регулированием

К системе впрыска топлива дизельного двигателя (рис. 3.2) относятся, наряду с ТНВД 4, топливный бак 11, топливный фильтр 10, топливоподкачивающий насос 12, форсунки 8 в сборе и топливные магистрали 1,6 и 7. Важнейшими элементами системы впрыска являются распылители в форсунках. Их конструкция существенно влияет на процесс впрыскивания и форму факела распыленного топлива. Электромагнитный останочный клапан 5 при обесточенной системе электрооборудования прерывает подачу топлива в контур высокого давления ТНВД. Через педаль 3 газа и тягу 2 водитель воздействует на регулятор ТНВД. Кроме того, с помощью соответствующих механизмов может регулироваться частота вращения коленчатого вала на холостом ходу, при максимальной нагрузке и на частичных режимах работы дизеля.

Распределительные ТНВД с электронным регулированием

Электронное регулирование работы дизеля ПО сравнению с механическим предусматривает дополнительные возможности. Благодаря электрическим измерениям оно позволяет осуществить гибкую электронную обработку сигналов и создание контура регулирования с электрическими исполнительными механизмами.

Дополнительно может учитываться ряд специальных параметров, что невозможно при механическом регулировании.

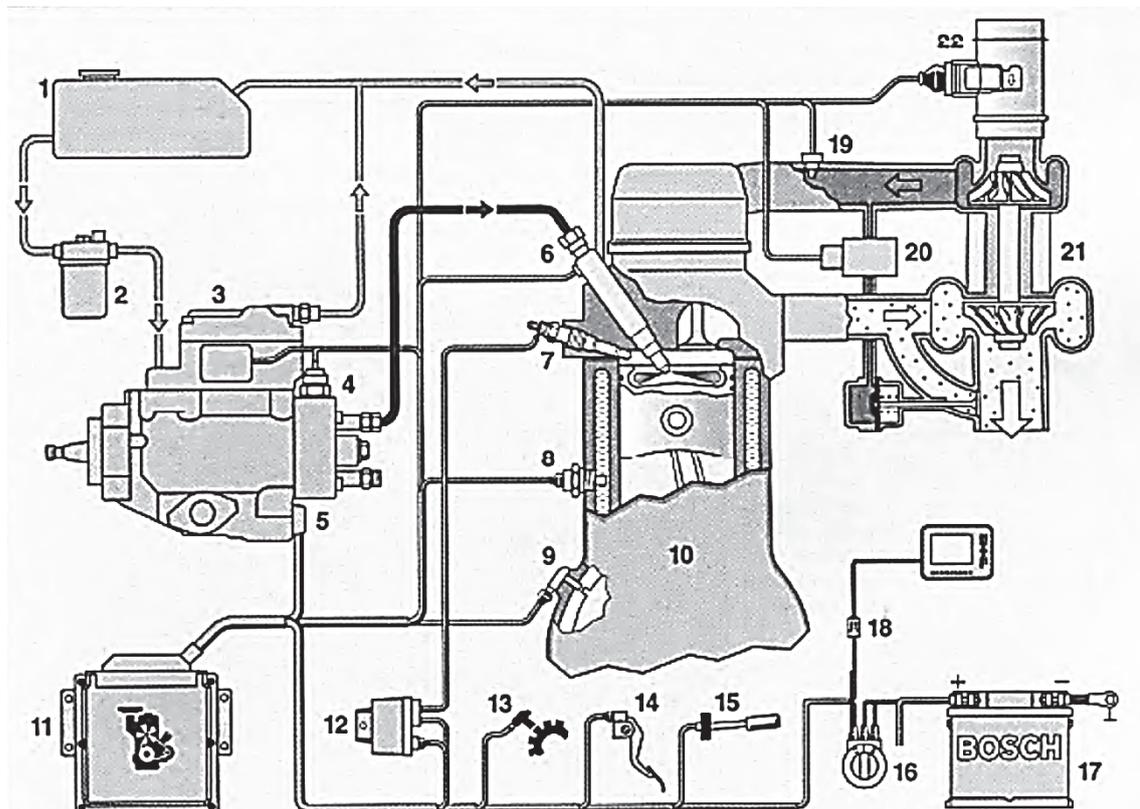


Рис. 3.3. Системы впрыска, с ТНВД и аксиальным движением плунжера, работа которой регулируется электронным блоком

На рис. 3.3 показаны агрегаты системы впрыска, собранной на основе распределительного ТНВД с аксиальным движением плунжера, работа которой регулируется электронным блоком управления. В зависимости от вида установки и типа автомобиля отдельные компоненты могут отсутствовать.

Система состоит из четырех элементов:

- контур снабжения топливом (магистраль низкого давления);
- ТНВД;
- электронная система регулирования работы дизеля с системными блоками датчиков, блоком управления и исполнительными механизмами;
- периферия (например, турбонагнетатель, системы рециркуляции ОГ и управления временем работы свечей накаливания).

Исполнительный механизм с электромагнитом на распределительном ТНВД (так называемое управление поворотом) используется вместо механического регулятора и узлов привода. Он воздействует на параметры цикловой подачи через вал управления регулирующей втулкой. Как и при механическом регулировании, величина проходного сечения канала подачи топлива зависит от положения регулирующей втулки, которая изменяет также угол опережения впрыскивания. Блок управления в зависимости от заложенных в него характеристик и истинных показа-

ний датчиков выдает управляющий сигнал для электромагнитного исполнительного механизма на ТНВД.

Датчик угла поворота исполнительного механизма (например, полудифференциальный короткозамкнутый кольцевой датчик) с помощью блока управления также определяет положение регулирующей втулки.

Зависимое от частоты вращения внутреннее давление в ТНВД через электромагнитный клапан управляет муфтой опережения впрыскивания, которая изменяет момент начала впрыскивания.

3.1.5. Системы управления с электромагнитным клапаном

Системы управления с электромагнитным клапаном обеспечивают большую гибкость при дозировании топлива и изменении момента начала впрыскивания, чем системы с управлением регулирующей кромкой. Они делают возможными также предварительное впрыскивание для уменьшения шума и коррекцию равномерности цикловой подачи по цилиндрам.

Подобные системы состоят из четырех элементов (рис. 3.4):

- контура снабжения топливом (магистрالی низкого давления);
- контура высокого давления со всеми компонентами системы впрыска;

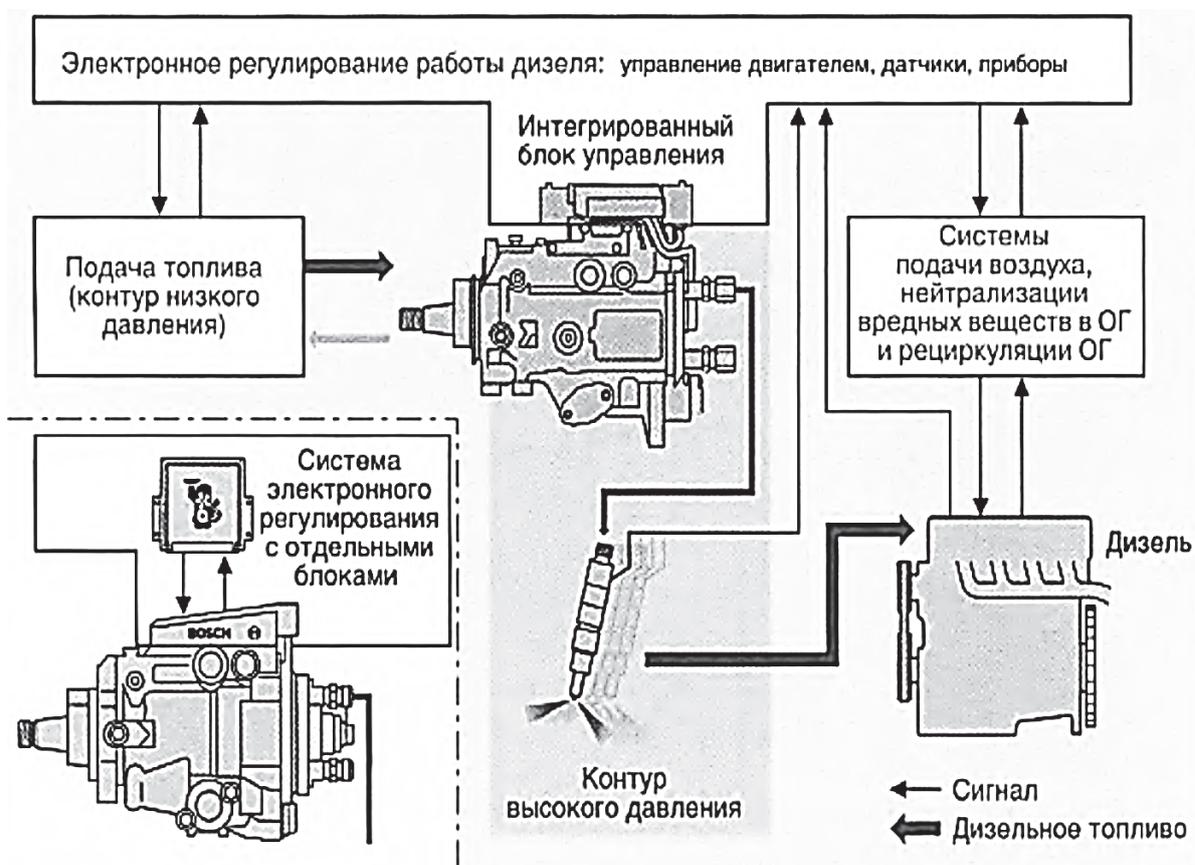


Рис. 3.4. Системы управления впрыска с электромагнитным клапаном

- контура электронного регулирования работы дизеля с системными блоками датчиков, блоком управления и исполнительными механизмами;
- систем управления подачей воздуха, нейтрализации вредных веществ в ОГ и их рециркуляции.

3.2. Распределительные ТНВД с управлением регулирующей кромкой

Распределительные ТНВД с управлением регулирующей кромкой используются для малых быстроходных дизелей как с непосредственным впрыском топлива, так и с разделенными камерами сгорания.

Номинальная частота вращения коленчатого вала, мощность и конструкция дизеля определяют границы применимости и исполнения ТНВД. Распределительные ТНВД используются для легковых, малых грузовых автомобилей, тягачей и стационарных двигателей с мощностью до 30 кВт на цилиндр.

Эти ТНВД рассчитаны на двигатели с числом цилиндров от трех до шести. Максимальная цикловая подача доходит до 125 мм^3 . Реализуемое давление впрыскивания зависит от конструкции двигателя и находится в пределах 350–1250 бар.

ТНВД крепится через фланец непосредственно на двигатель, который приводит вал ТНВД через зубчатый ремень, торцевую зубчатую муфту, шестерню или цепь.

ТНВД этого типа смазываются топливом, поэтому считаются необслуживаемыми. Так как в конструкции имеется много прецизионных деталей, в системе питания необходим соответствующий топливный фильтр. Требуется также топливо хорошего качества. При техническом обслуживании топливные магистрали и форсунки не должны меняться местами.

3.2.1. Конструкция

В распределительном ТНВД модели, в отличие от рядного, даже многоцилиндровый двигатель обслуживает только одна плунжерная пара. Нагнетаемое плунжером топливо направляется через канавку распределителя к соответствующим выходным отверстиям, общее количество которых соответствует числу цилиндров дизеля. Закрытый корпус ТНВД объединяет в себе следующие конструктивные узлы (рис. 3.5):

- шиберный ТПН;
- ТНВД с распределителем;
- механический регулятор частоты вращения;
- электромагнитный запирающий клапан;
- гидравлическое устройство опережения впрыскивания;
- регулирующие устройства, специфичные для каждого двигателя.

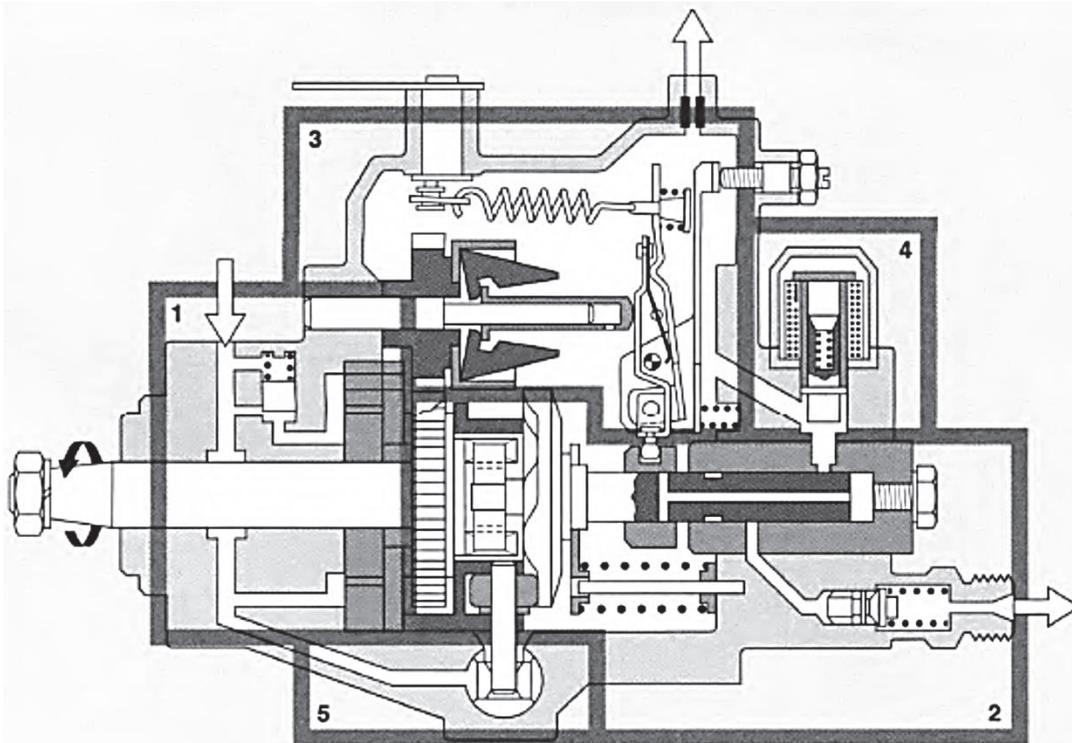


Рис. 3.5. Основные узлы распределительного ТНВД

Дополнительно к этому распределительный ТНВД может быть оборудован различными механизмами, которые обеспечивают индивидуальное соответствие конструкции конкретной модели дизеля. На приводном валу, расположенном в корпусе ТНВД, размещается шиберный топливоподкачивающий насос 1. От него топливо направляется в кольцевое пространство, создаваемое роликовым кольцом, которое также находится в корпусе ТНВД, но не связано с приводным валом. На это кольцо через ролики опирается кулачковая шайба, которая приводится во вращение приводным валом и обеспечивает вращательно-поступательное движение плунжера – распределителя 2. Соединенная с картером ТНВД головка распределителя одновременно является и направляющей этого плунжера. В ней установлен электромагнитный запирающий клапан 4, для прерывания подачи топлива, дополнительный штуцер с винтом для удаления воздушных пробок и клапан давления в сборе. Если ТНВД снабжен дополнительно механической муфтой опережения впрыскивания, то она находится в крышке регулятора.

При механическом регулировании работы ТНВД ведущий вал (шестерня с резиновым демпфером) приводит регулятор через пару шестерен. Регулятор снабжен центробежными грузами и муфтой. Механические элементы регулятора 3, включая регулировочный, пусковой и натяжной рычаги, подвижно установлены в картере. Они влияют на поло-

жение регулирующей втулки на плунжере ТНВД. В верхней части механического узла находится регулировочная пружина, которая связана через валик с расположенным снаружи установочным рычагом. Крышка регулятора закрывает ТНВД сверху. В ней расположены винт установки максимальной цикловой подачи, перепускной дроссель или клапан, а также винт установки частоты вращения коленчатого вала. В нижней части ТНВД перпендикулярно к его продольной оси встроено гидравлическое устройство изменения опережения впрыскивания. Оно функционирует в зависимости от внутреннего давления в ТНВД, которое определяется топливо подкачивающим насосом и клапаном регулирования давления, и с обеих сторон закрыто крышками. Конструкция распределительного ТНВД представлена на рис.3.6.

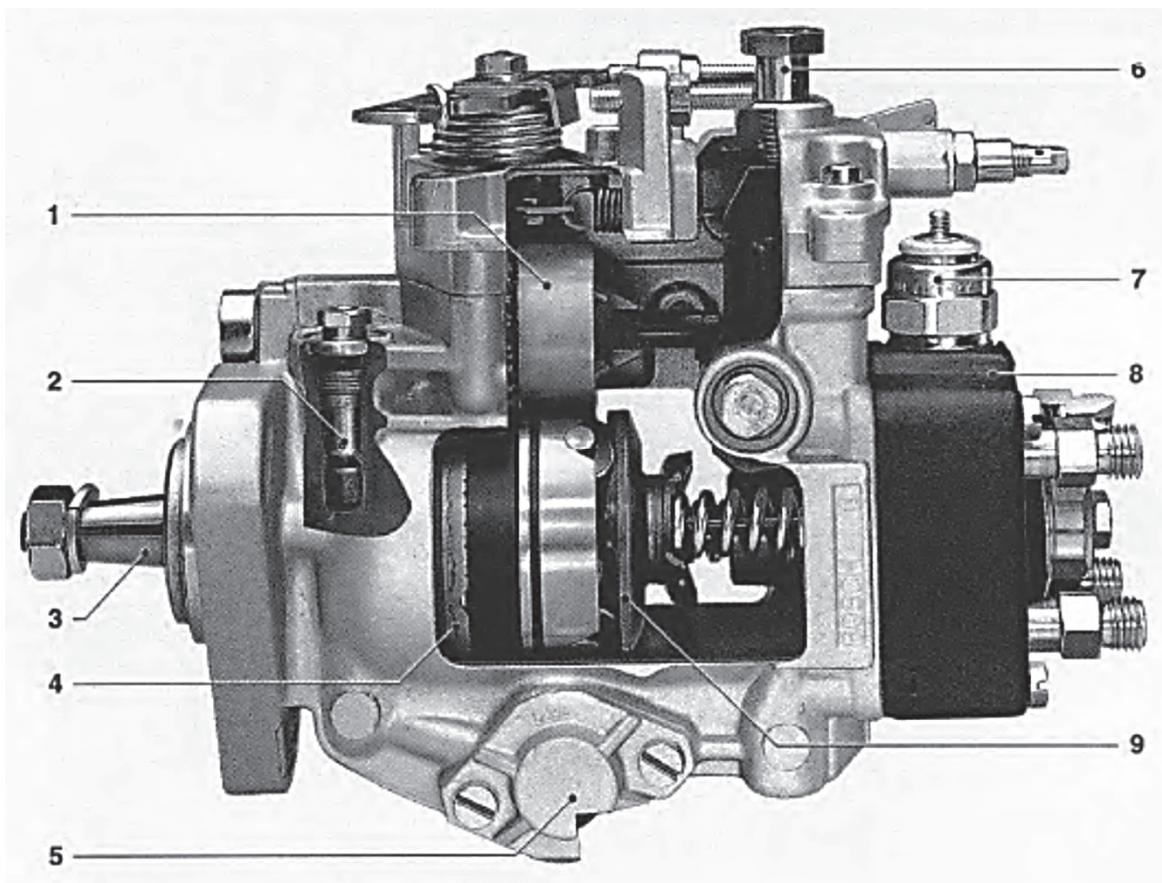


Рис. 3.6. Конструкция распределительного ТНВД:

1 – регулятор, 2 – клапан регулирования давления, 3 – приводной вал, 4 – шиберный ППН, 5 – гидравлическое устройство опережения впрыскивания топлива, 6 – перепускной дроссель, 7 – электромагнитный запирающий клапан, 8 – головка распределителя, 9 – кулачковая шайба

3.2.2. Привод топливного насоса

Крутящий момент от коленчатого вала дизеля передается на вал ТНВД через специальный привод. Для четырехтактных двигателей частота вращения вала ТНВД составляет половину частоты вращения коленчатого вала. Привод ТНВД в зависимости от конструкции осуществляется зубчатым ремнем, торцевой зубчатой муфтой, шестернями или цепью, что позволяет полностью синхронизировать работу ТНВД с вращением коленчатого вала.

Существуют ТНВД правого и левого вращения, в соответствии с чем, различается порядок впрыскивания топлива по цилиндрам.

Чтобы предотвратить неправильное подключение выпускных патрубков ТНВД к цилиндрам двигателя в соответствии с порядком их работы, патрубки обозначаются метками. *Распределительные ТНВД рассчитаны на эксплуатацию с двигателями, число цилиндров которых не превышает шести.*

3.2.3. Нагнетание топлива

В системе впрыска с распределительным ТНВД различаются контуры низкого и высокого давления.

Контур низкого давления включает в себя топливный бак, топливные магистрали, топливный фильтр, шиберный ТПН, клапан регулирования давления и перепускной дроссель.

3.2.4. Шиберный насос

Топливоподкачивающий насос распределительного ТНВД (рис. 3.7), расположенный на приводном валу, имеет концентричный с валом ротор с подпружиненными шиберами. Расположенное в корпусе эксцентриковое кольцо охватывает ротор снаружи.

Действующая при вращении ротора центробежная сила прижимает четыре шибера к поверхности эксцентрикового кольца. Топливо, находящееся между шиберами, кольцом и ротором, движется вместе с этими шиберами. Таким образом оно подается в верхнюю выемку в корпусе ТНВД. Одновременно часть топлива через другое отверстие направляется к клапану регулирования давления.

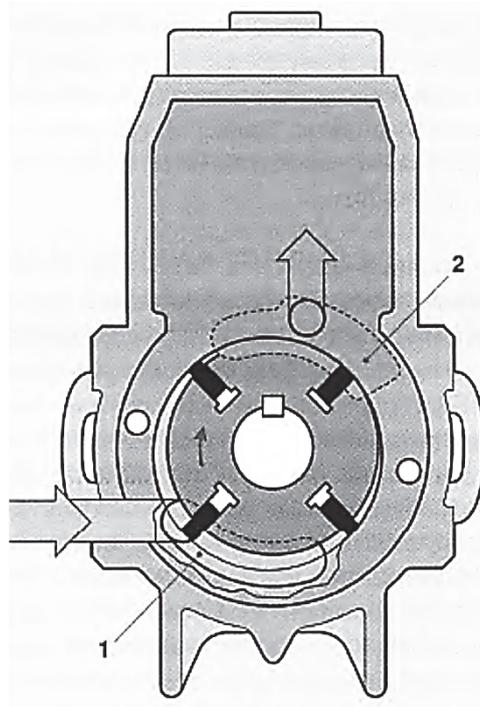


Рис. 3.7. Шиберный ТПН:
1 – подвод топлива,
2 – отвод топлива

3.2.5. Клапан регулирования давления

Клапан регулирования давления (рис. 3.8) расположен над топливоподкачивающим насосом и соединен через отверстие с верхней выемкой в корпусе ТНВД. Клапан имеет нагруженный плунжер, с помощью которого в зависимости от количества подаваемого топлива регулируется внутреннее давление в ТНВД. Если давление топлива превышает заданную величину, плунжер преодолевает действие пружины и открывает отверстие обратного слива, ведущее к линии подачи топлива. Если давление топлива падает, это отверстие закрывается благодаря усилию пружины.

Предварительное натяжение пружины определяет величину давления открытия магистрали обратного слива.

3.2.6. Перепускной дроссель

Перепускной дроссель (рис. 3.9) винчивается в крышку регулятора распределительного ТНВД и связан с его внутренним пространством. Дроссель позволяет варьировать количество топлива, сливаемого в бак через имеющиеся в полый трубке небольшие отверстия.

Диаметр этих отверстий подобран таким образом, чтобы они создавали некоторое сопротивление потоку топлива, поддерживая определенное внутреннее давление в ТНВД. Поскольку это давление должно иметь четко фиксированную величину, зависящую от частоты вращения коленчатого вала, характеристики перепускного дросселя и клапана регулирования давления должны быть согласованы между собой.

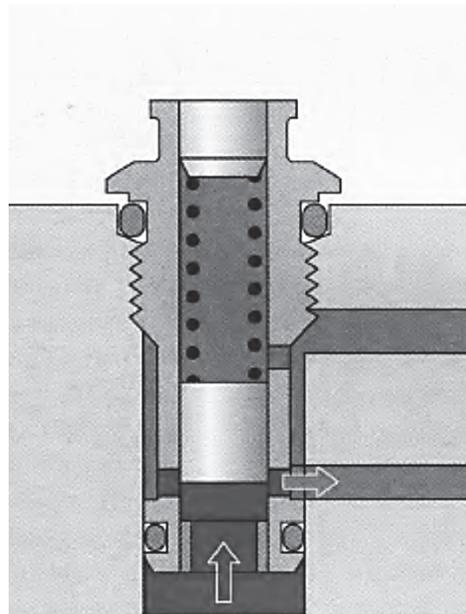


Рис. 3.8. Клапан регулирования давления

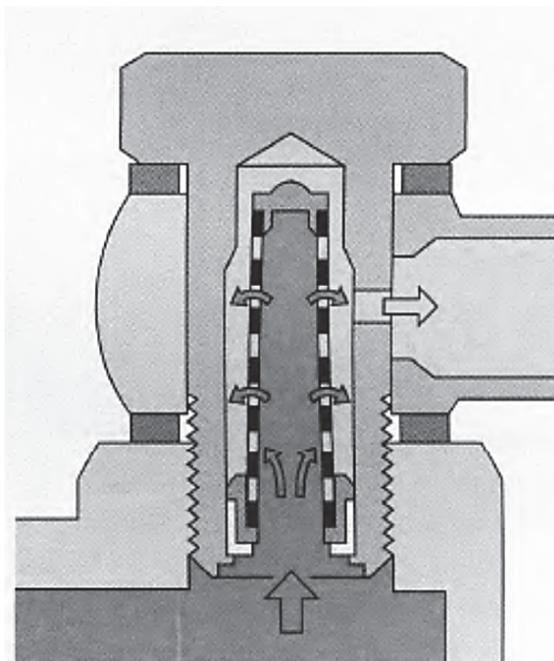


Рис. 3.9. Перепускной дроссель

3.2.7. Контур высокого давления

В контуре высокого давления (КВД) создается давление топлива, необходимое для впрыскивания его в цилиндр. При этом топливо подается через нагнетательный клапан, магистраль высокого давления и форсунку к распылителю.

3.2.8. Привод плунжера-распределителя

Крутящий момент от приводного вала передается на плунжер-распределитель, через соединительный узел (рис. 3.10). Для передачи вращательного движения выступы приводного вала и кулачковой шайбы 3 входят в расположенную между ними крестовину 1.

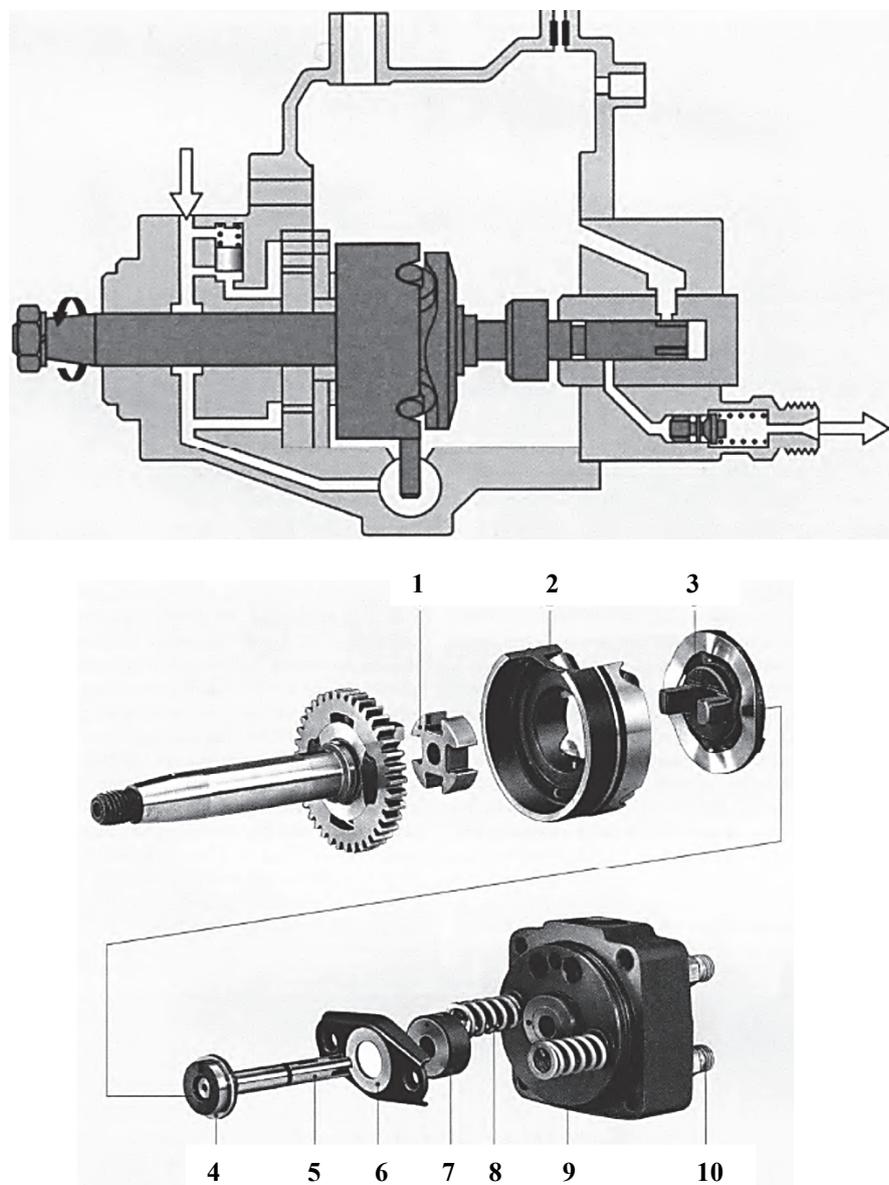


Рис. 3.10. Приводной вал и плунжер-распределитель ТНВД

Кулачковая шайба с профилированным в виде кулачков торцом, обкатываясь по роликам кольца 2, преобразует вращение приводного вала, во вращательно-поступательное движение плунжера-распределителя, на котором имеются цилиндрические вставные элементы и зафиксированный штифт.

Движение плунжера-распределителя в направлении его ВМТ осуществляется под действием кулачков кулачковой шайбы. Для возвращения плунжера в исходное положение (в сторону НМТ) служат две симметрично расположенные возвратные пружины 8, которые давят на пружинный мостик 6, а через него на тело плунжера-распределителя. Кроме того, возвратные пружины плунжера уменьшают возможность отхода кулачковой шайбы от роликов кольца при резком разгоне.

Кулачковая шайба и форма кулачков

Кулачковая шайба, сообразно форме своих кулачков, влияет на величину давления впрыскивания и его продолжительность. Определяющими критериями являются также величина и скорость хода кулачков. В зависимости от формы камеры сгорания и способа сгорания в различных типах двигателей должна производиться индивидуальная настройка характеристик впрыскивания. Исходя из этого, для каждого типа двигателя рассчитывается своя форма кулачков, которая затем воспроизводится на торцевой стороне кулачковой шайбы. Кулачковые шайбы разной размерности устанавливаются в соответствующие распределительные ТНВД, которые поэтому не взаимозаменяемы.

Распределитель

В этот узел входят плунжер-распределитель, втулка распределителя и регулирующая втулка, причем они так точно подогнаны (притерты) друг к другу, что сохраняют между собой минимальный зазор при очень высоких давлениях. Небольшие утечки топлива неизбежны и даже необходимы для смазки плунжера-распределителя. В случае надобности следует заменять весь узел, а не ограничиваться заменой одного из составляющих элементов.

Дозирование топлива

Нагнетание топлива является динамическим процессом, который включает несколько фаз движения плунжера. Необходимое для впрыскивания давление создает плунжер насоса.

Фазы подачи топлива и нагнетания давления плунжером-распределителем показаны на рис. 3.11 применительно к одному цилиндру двигателя. При этом в четырехцилиндровом дизеле для движения

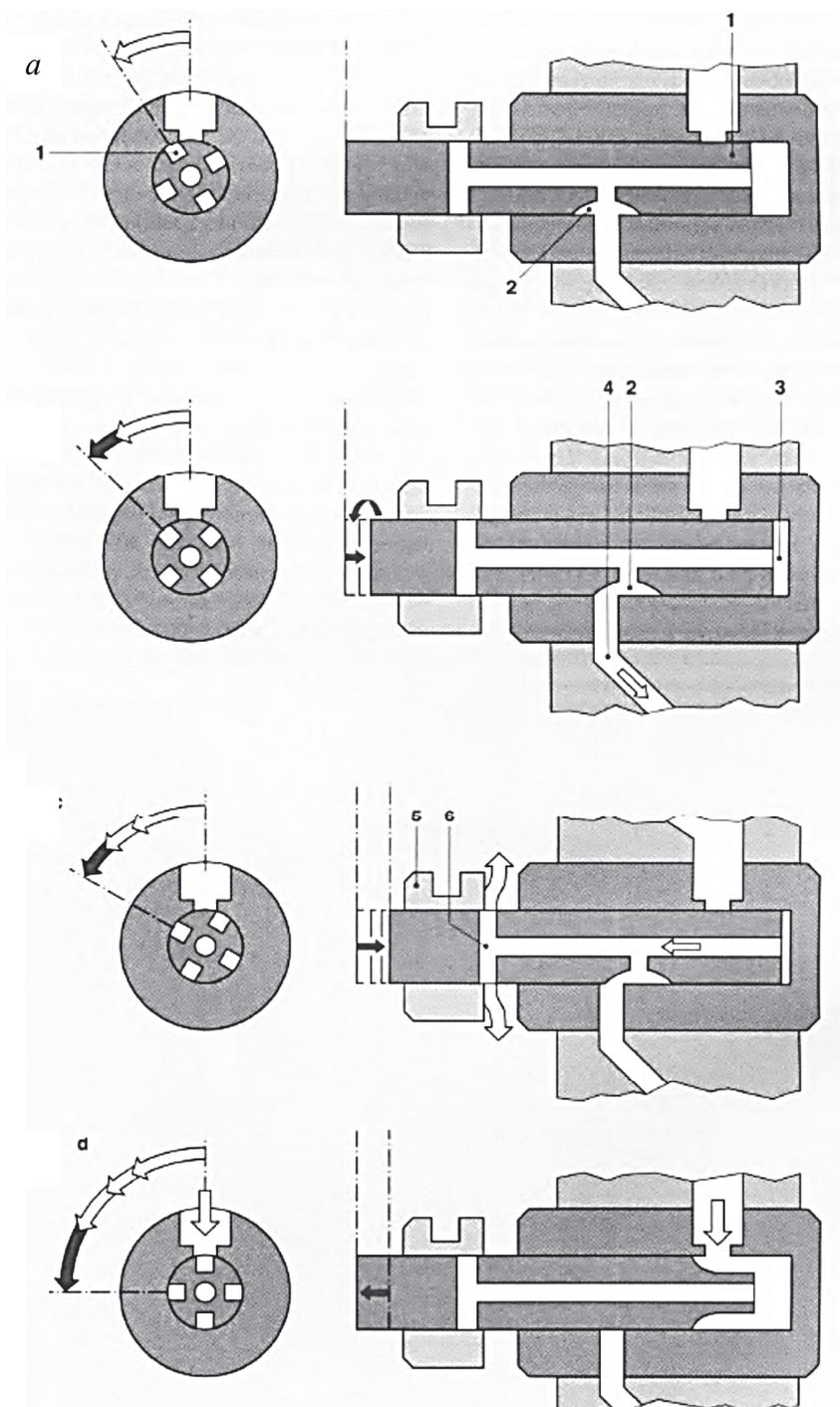


Рис. 3.11. Фазы подачи топлива и нагнетания давления плунжером-распределителем

плунжера – распределителя между НМТ и ВМТ используется четверть его оборота, а в шестицилиндровом двигателе одна шестая часть оборота.

Вращающаяся кулачковая шайба благодаря профилю кулачков преобразует вращение приводного вала во вращательно-поступательное движение плунжера – распределителя

При движении плунжера к НМТ впускное отверстие перекрывается, а распределительная канавка открывает впускное отверстие (рис. 3.11а).

Давление, возникшее в камере высокого давления и во внутреннем отверстии плунжера, открывает нагнетательный клапан, и топливо через магистраль высокого давления подается к форсунке (рис.3.11b). Рабочий ход прекращается, как только поперечно расположенное управляющее отверстие плунжера – распределителя достигает кромки регулирующей втулки (конец впрыскивания по принципу падения давления) (рис. 3.11c). С этого момента топливо больше не нагнетается к форсунке, и нагнетательный клапан закрывает магистраль. При движении плунжера-распределителя к ВМТ топливо направляется во внутреннее пространство ТНВД. В этой фазе впускное отверстие вновь открыто. При обратном движении плунжера поперечно расположенное распределительное отверстие закрывается. Камера высокого давления благодаря открытой впускной полости снова заполняется топливом (рис. 3.11d).

3.2.9. Нагнетательный клапан

Нагнетательный клапан отсекает топливную магистраль высокого давления от ТНВД после окончания фазы нагнетания. При этом обеспечивается четкое завершение впрыскивания порции топлива в объеме цикловой подачи. Одновременно в магистрали высокого давления создаются стабильные условия для последующего повторного впрыскивания независимо от величины цикловой подачи топлива.

В нагнетательном клапане используется поршень, который открывает канал под давлением топлива и закрывает его под действием возвратной пружины.

Между фазами подачи топлива плунжером-распределителем в цилиндр нагнетательный клапан закрыт. При этом КВД и впускное отверстие распределителя, разделены. Во время подачи топлива поршень 5 нагнетательного клапана (рис. 3.12) под действием высокого давления отходит от своего седла. Минуя кольцевую и продольную канавки, топливо проходит через корпус нагнетательного клапана и магистраль высокого давления к форсунке и впрыскивается в камеру сгорания.

Как только завершается подача топлива (закрывается управляющее отверстие, поперечно расположенное в плунжере распределителя), давление в камере высокого давления распределителя снижается до уровня внутреннего давления в ТНВД, при этом под действием пружины 4 нагнетательного клапана и давления в магистрали высокого давления поршень клапана прижимается к своему седлу.

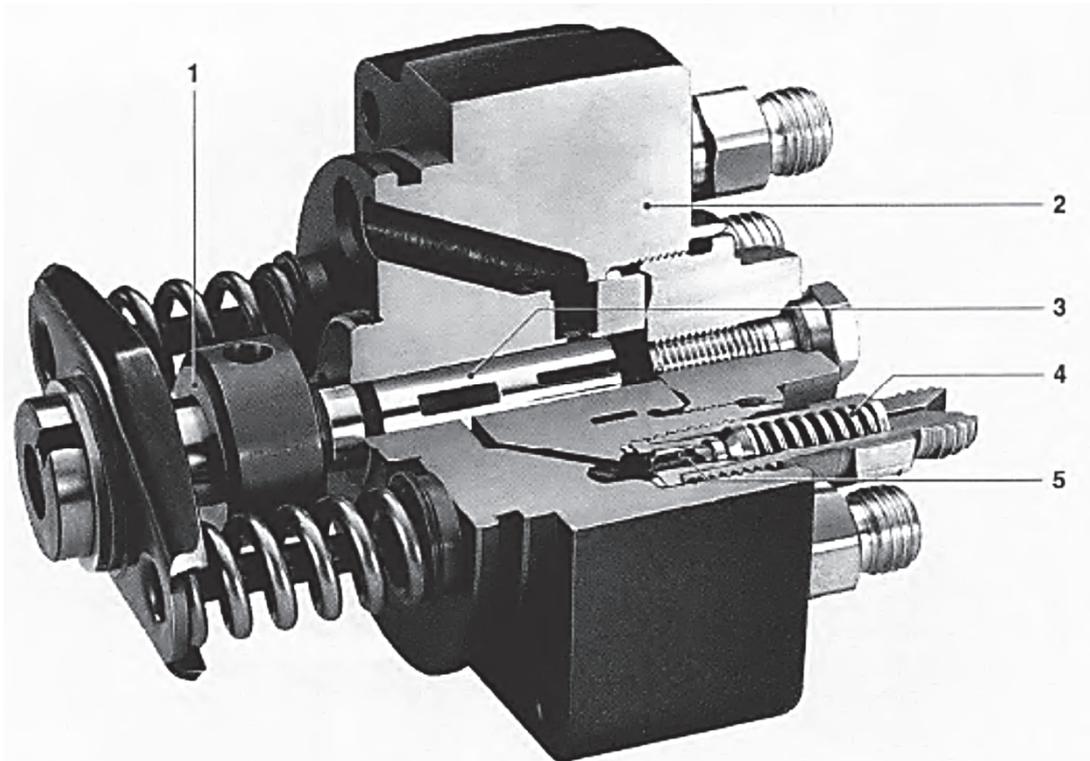


Рис. 3.12. Распределитель с распределительным клапаном

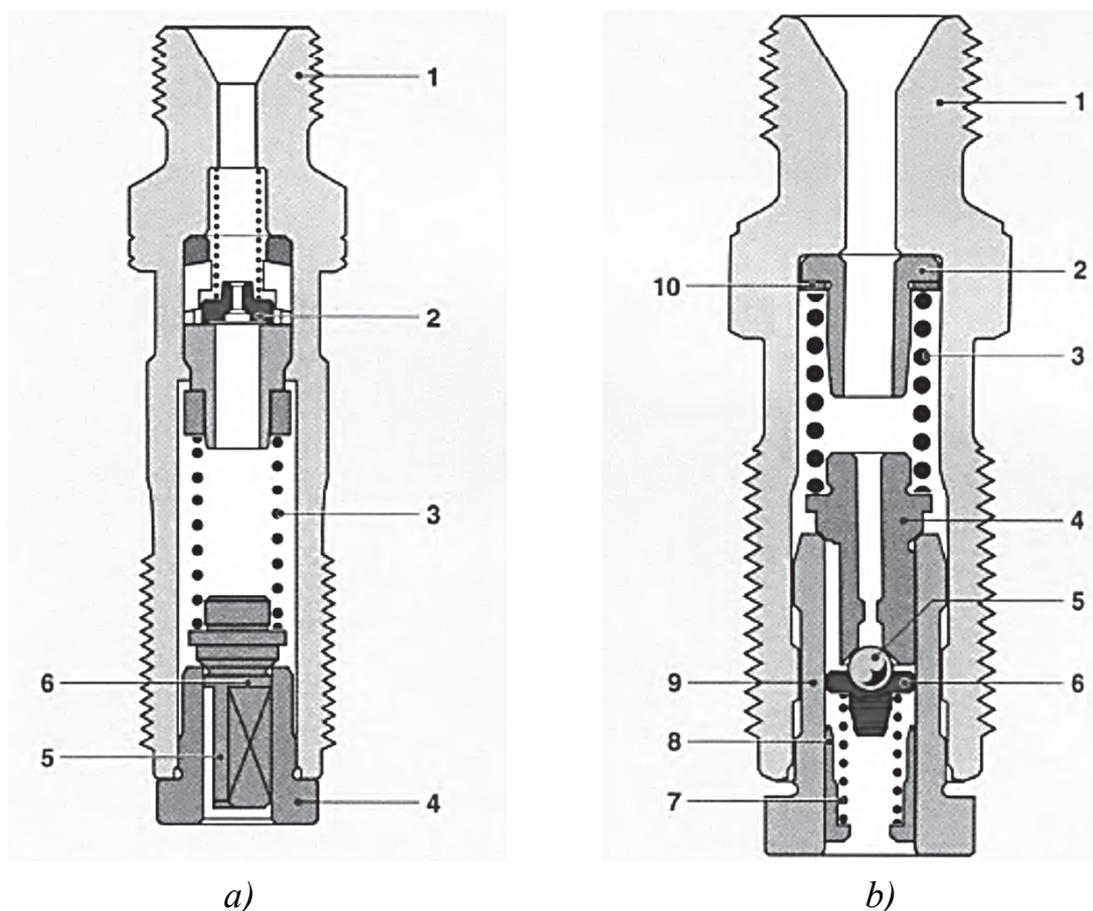
3.2.10. Нагнетательный клапан с дросселем обратного потока

Из-за необходимости точного сброса давления в конце впрыскивания возникают волны давления, которые отражаются от нагнетательного клапана и приводят к повторному подъему иглы распылителя или к фазам разрежения в магистрали высокого давления

Последствиями этих процессов являются подвпрыск топлива с негативным влиянием на уровень выбросов ОГ. Чтобы предотвратить отражение волн давления топлива, на нагнетательном клапане имеется дросселирующее отверстие работающее только при обратном движении потока. Дроссель обратного потока состоит из шайбы с обратным клапаном 2 и пружины, поэтому он не оказывает воздействия в направлении подачи топлива, а в обратном направлении, наоборот, осуществляет демпфирование (гашение) волн топлива (рис 3.13а).

Нагнетательный клапан постоянного давления

В быстроходных дизелях с системой непосредственного впрыска топлива одного нагнетательного клапана зачастую недостаточно, чтобы на всех режимах надежно предотвращать кавитацию и под впрыски топлива, а также проникновение газов из камеры сгорания в форсунку. В



*Рис.3.13 Нагнетательный клапан с дросселем
 а – обратного потока, б – постоянного давления*

этом случае используется клапан постоянного давления, который разгружает магистраль высокого давления и форсунку, защищая систему от вышеперечисленных эффектов. Фактически это односторонний обратный клапан, рассчитанный на определенное, заранее установленное давление, например 60 бар (рис.3.13).

3.3. Дополнительные элементы (модули) ТНВД с аксиальным движением плунжера

Эти модули регулируют в ТНВД с аксиальным движением плунжера момент начала и величину подачи топлива в камеру сгорания. Они приводят в точное соответствие работу ТНВД с рабочими параметрами двигателя (например, нагрузкой, частотой вращения коленчатого вала, давлением наддува).

В ТНВД с электронным регулированием электромагнитный исполнительный механизм заменяет механические модули регулирования.

Обзор

Модули распределительных ТНВД приводят момент начала и продолжительность подачи топлива в соответствии с рабочими параметрами двигателя и желанием водителя (рис. 3.14).

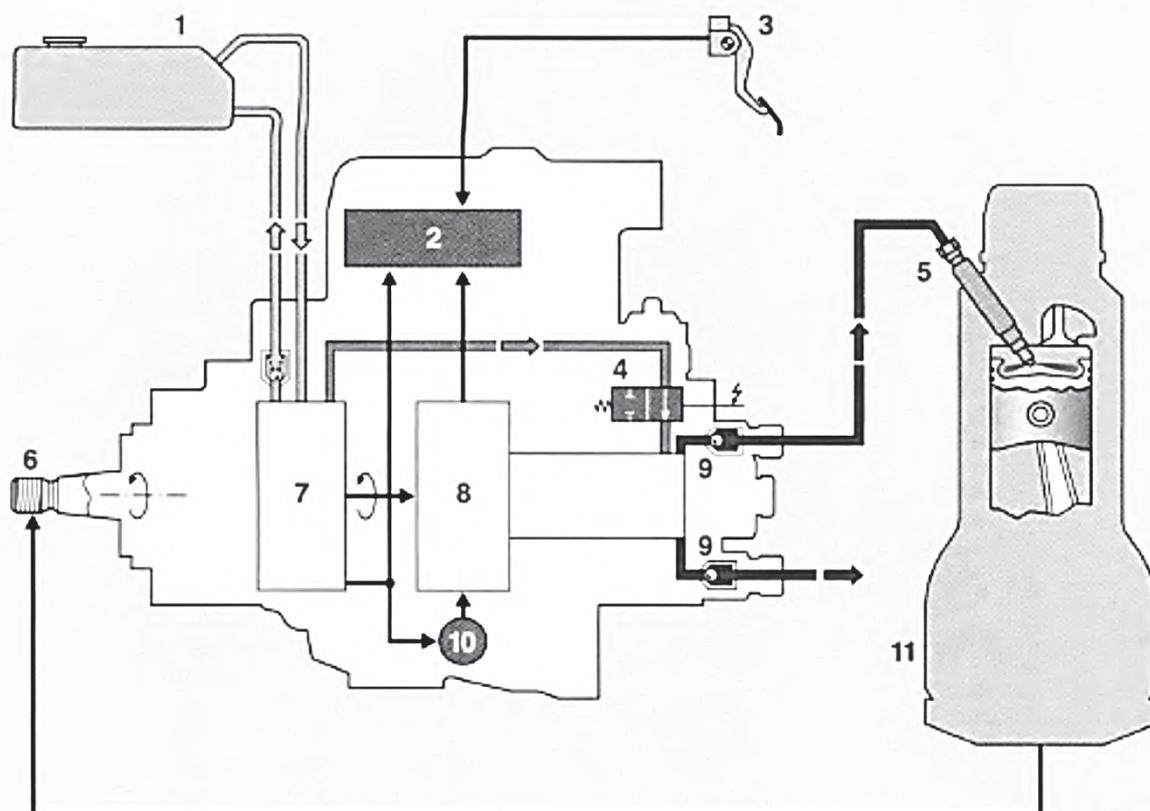


Рис. 3.14. Модули распределительного ТНВД с аксиальным движением плунжера:

1 – топливный бак, 2 – регулирующее устройство, 3 – педаль акселератора, 4 – электромагнитный запирающий клапан, 5 – форсунка, 6 – привод ТНВД, 7 – контур низкого давления (насос низкого давления, клапан), 8 – ТНВД с распределителем топлива, 9 – нагнетательный клапан, 10 – гидравлическое устройство опережения впрыска топлива, 11 – дизель

С начала использования в 1962 года первых распределительных ТНВД разработано большое количество регуляторов для самых разных условий применения. Кроме того, существует множество разнообразных конструкций, точно соответствующих требованиям различных моделей двигателей. Наиболее важнейшие модули, это:

- регулятор частоты вращения коленчатого вала (рассмотрим в отдельной ЛПЗ);
- гидравлическое устройство опережения впрыскивания;
- корректирующие приспособления;

- переключатели и датчики;
- останавливающие приспособления;
- электромагнитные исполнительные механизмы;
- защита дизеля от несанкционированного пуска (составная часть электронного устройства защиты автомобиля от угона).

3.3.1. Механизм опережения впрыскивания топлива

Назначение

Благоприятное протекание процесса сгорания топлива и более полная отдача дизеля достигаются тогда, когда топливо впрыскивается в цилиндр при определенном положении коленчатого вала (или поршня). Следовательно, момент начала подачи топлива должен варьироваться соответственно изменению частоты вращения коленчатого вала. При этом следует учитывать два важных фактора – задержку впрыскивания и период задержки воспламенения.

Задержка впрыскивания

Нагнетание топлива начинается после перекрытия управляющего отверстия в плунжере-распределителе (начало подачи). Создается волна давления топлива, которая, дойдя до форсунки, обеспечивает впрыскивание топлива в цилиндр через распылитель (момент начала впрыскивания). Эта волна давления перемещается по магистрали высокого давления со скоростью звука, поэтому необходимое время распространения давления зависит не от частоты вращения коленчатого вала, а от длины магистрали и скорости распространения звука в дизельном топливе (около 1500 м/с). Все вместе взятое определяет требуемое время между моментом начала подачи и моментом начала впрыскивания и называется задержкой впрыскивания.

Естественно, что начало впрыскивания происходит после начала подачи. Из-за этого эффекта форсунка (относительно положения коленчатого вала) при большей частоте вращения коленчатого вала открывается позже, чем при меньшей частоте вращения. В связи с этим требуется корректировка подачи путем изменения опережения ее начала в зависимости от частоты вращения коленчатого вала или вала ТНВД.

Период задержки воспламенения

После попадания в цилиндр топливу требуется определенное время, чтобы перейти в газообразное состояние и образовать пригодную для воспламенения смесь с воздухом. Необходимый для этого временной

интервал между началом впрыскивания и началом сгорания называется периодом задержки воспламенения.

Период задержки воспламенения зависит от:

- воспламеняемости дизельного топлива (что определяется цетановым числом);
- степени сжатия дизеля;
- температуры всасываемого воздуха;
- характеристик распыливания топлива.

Как правило, длительность периода задержки воспламенения по времени составляет несколько миллисекунд.

При постоянном моменте начала впрыскивания и увеличивающейся частоте вращения угол поворота коленчатого вала между началом впрыскивания и началом сгорания растет, так что момент начала сгорания топлива по отношению к положению поршня наступает при разных частотах вращения не в один и тот же момент. Чтобы компенсировать задержки впрыскивания и воспламенения, момент начала подачи топлива может изменяться в зависимости от частоты вращения с помощью находящегося в ТНВД гидравлического устройства опережения впрыскивания. Этим достигается более благоприятное протекание процесса сгорания и обеспечивается более высокая мощность чизеля на всех режимах работы.

3.3.2. Гидравлическое устройство опережения впрыскивания топлива

Конструкция

Гидравлическое устройство опережения впрыскивания расположено в корпусе ТНВД, в нижней его части (рис. 3.15).

Поршень 7 (рис. 3.15), регулирующий момент начала впрыскивания, перемещается по камере, расположенной поперек продольной оси корпуса 1 ТНВД. С обеих сторон камера закрывается крышками 6. Через канал 5 в поршне проходит топливо, а с противоположной стороны поршня расположена пружина 9. Поршень соединен с роликовым кольцом 2 через опору 8 и палец 4.

Принцип действия

Под действием предварительного натяжения пружины поршень гидравлического устройства находится в исходном положении (рис. 3.15а). При работе клапан регулирования давления поддерживает внутри ТНВД давление топлива, *пропорциональное частоте вращения*. Пружина со стороны поршня находится под воздействием давления топлива.

Как только частота вращения приводного вала ТНВД превысит значение 300 мин^{-1} давление топлива преодолевает силу пружины и пе-

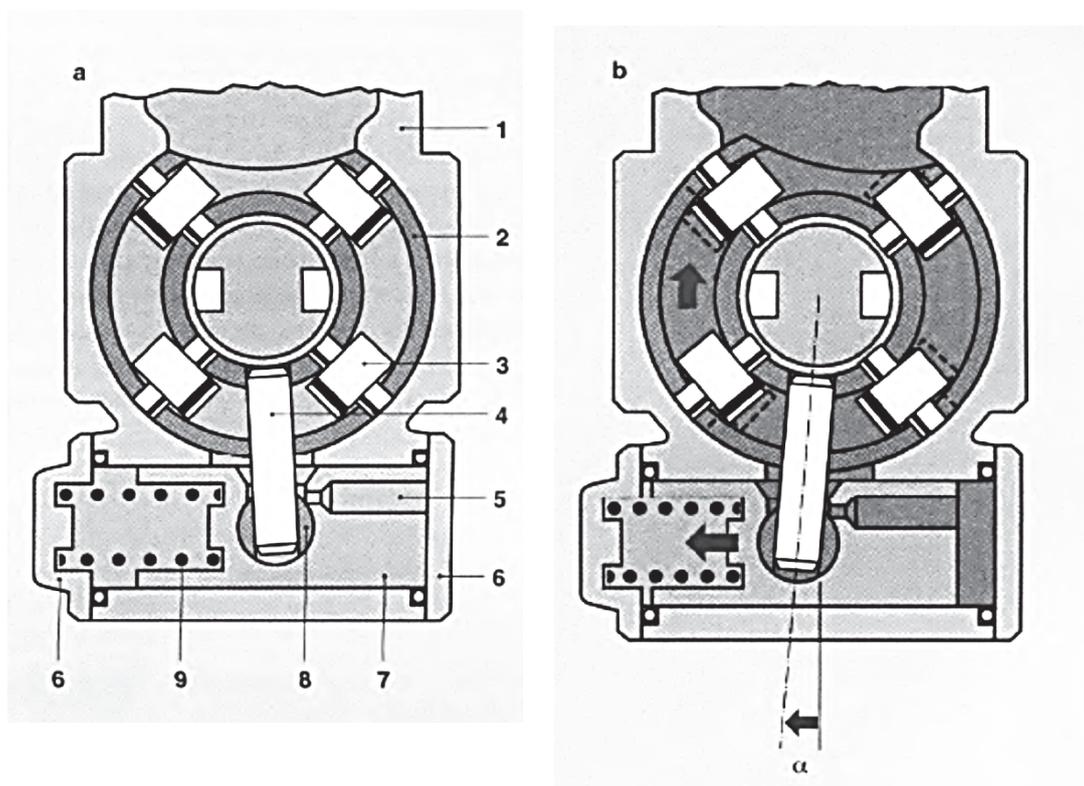


Рис. 3.15. Принцип действия устройства опережения впрыска топлива

редвигает поршень в ее сторону (на рис. 3.15b – влево). Осевое перемещение поршня передается через опору и палец на ролик-кольцо 2, которое поворачивается вокруг своей оси. Благодаря этому изменяется взаимное расположение кулачковой шайбы, имеющей возможность вращательного и аксиального перемещений, и ролик-кольца. Вращающаяся кулачковая шайба, а вместе с ней и плунжер-распределитель сдвигаются вдоль оси, перемещаются роликами кольца в сторону более раннего угла опережения впрыскивания. Таким образом, ролик-кольцо поворачивается в зависимости от частоты вращения на определенный угол α по отношению к кулачковой шайбе и плунжер-распределителю. Максимально возможный угол обычно составляет примерно 12° поворота распределительного вала (24° поворота коленчатого вала).

3.3.3. Коррекция по давлению во впускном трубопроводе (пневмокорректор подачи топлива)

Назначение

В дизелях с наддувом воздуха величина цикловой подачи топлива определяется повышенным воздушным зарядом цилиндра двигателя.

Если двигатель с наддувом работает при меньшем наполнении воздухом (т.е. при меньшем давлении во впускном трубопроводе), следует

ограничить величину цикловой подачи топлива в соответствии с зарядом воздуха. Это достигается с помощью компенсатора давления во впускном трубопроводе, который определяет величину максимальной цикловой подачи топлива при падении давления во впускном трубопроводе ниже определенной (заданной) величины (рис.3.16).

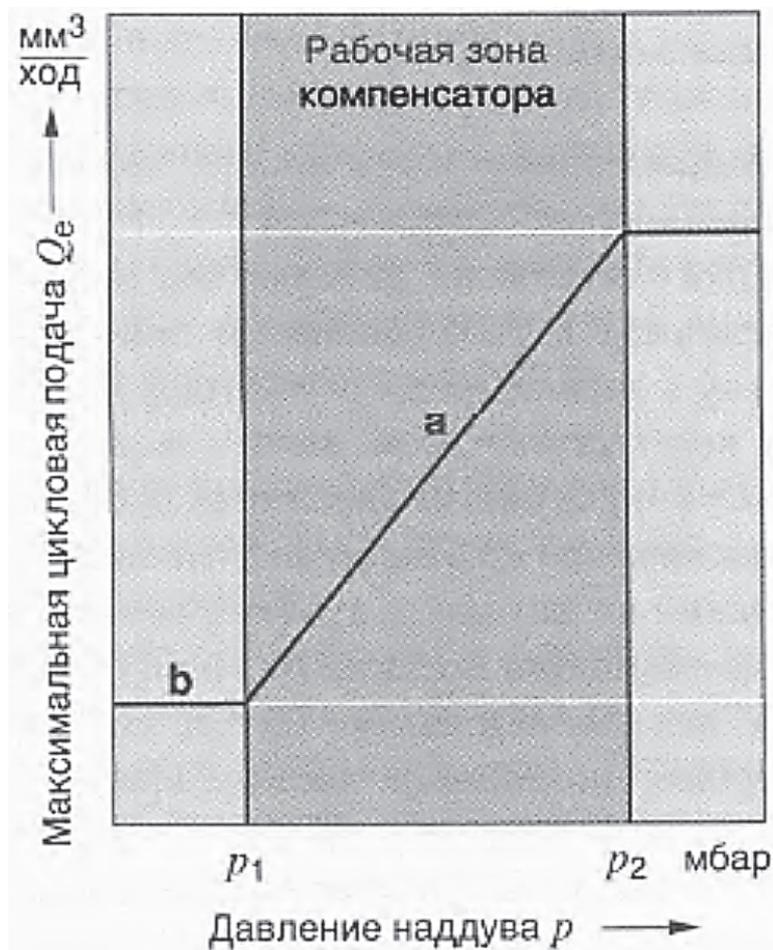


Рис. 3.16. Рабочая зона компенсатора давления

Конструкция пневмокорректора

Компенсатор давления во впускном трубопроводе расположен в верхней части ТНВД (рис. 3.17). Сверху расположен штуцер 7 для подвода воздуха из впускного трубопровода под давлением и канал 10 подвода воздуха с атмосферным давлением. Внутреннее пространство герметично разделено мембраной 8 на две камеры. Против действия мембраны работает давление возвратной пружины 9, которая установлена с противоположной стороны при помощи регулировочной гайки 5. С помощью этой гайки может регулироваться предварительный натяг пружины. Таким способом, в зависимости от давления во впускном трубопроводе, определяется момент начала регулирования максимальной

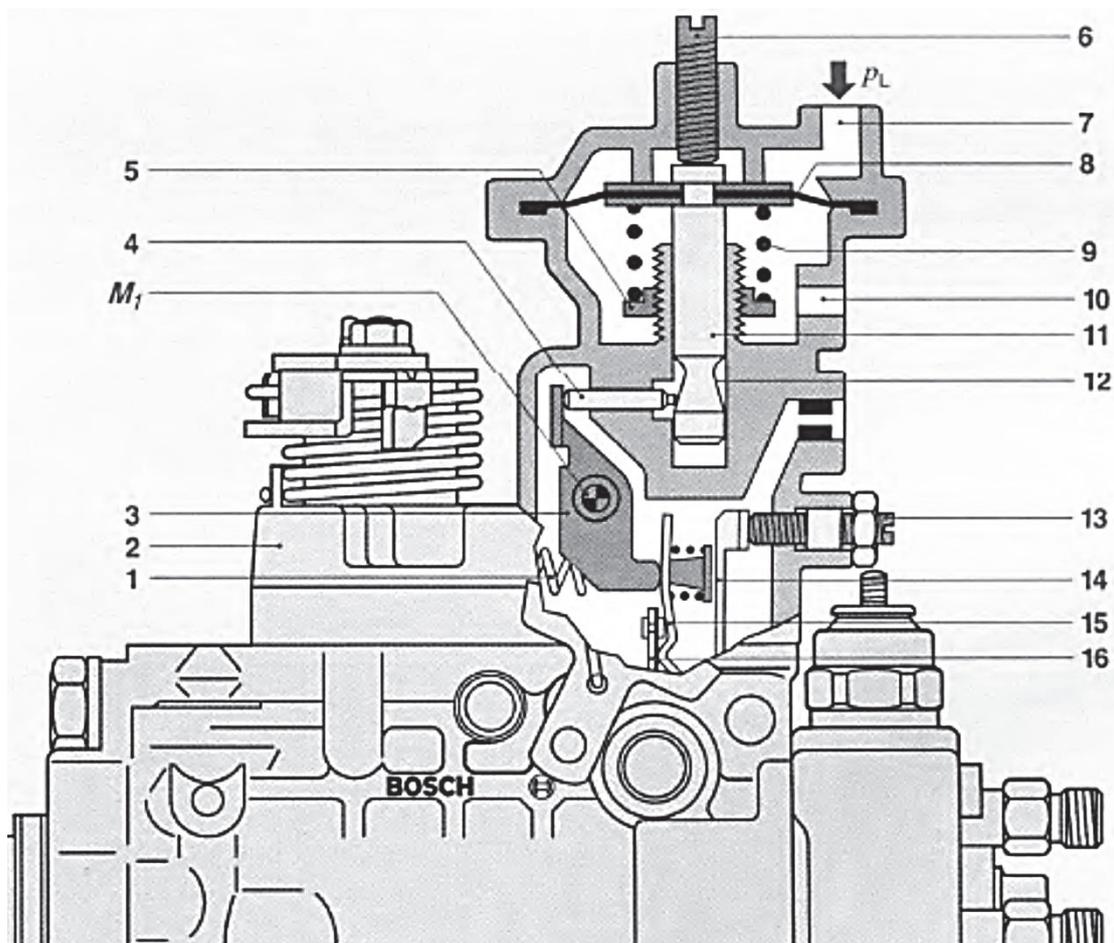


Рис. 3.17. Конструкция пневмокорректора
 p_L – давление наддува

подачи. Мембрана соединена с передвижным валиком 11. На последнем имеется направляющий конус 12, который связан со штифтом 4. Штифт, в свою очередь, преобразует обратно поступательное движение направляющего конуса в качение управляющего рычага 3, изменяющего положение ограничителя максимальной подачи. С помощью расположенной в верхней части корректора установочного винта 6 выставляется исходное положение мембраны и передвижного валика.

Принцип действия

В диапазоне малых частот вращения коленчатого вала давления воздуха, создаваемого турбонагнетателем, недостаточно для того, чтобы преодолеть действие пружины. Мембрана находится в исходном положении. Как только давление воздуха p_L на мембрану увеличивается, последняя вместе с передвижным валиком начинает движение вниз, против действия пружины. Штифт под действием направляющего конуса смещается по направляющей, заставляя управляющий рычаг поворачиваться вокруг оси M_1 (рис.3.17). Благодаря силе тяги пружины 1 регули-

тора обеспечивается взаимодействие между натяжным и управляющим рычагами, штифтом и направляющим конусом. Управляющий рычаг, перемещаясь, поворачивает пусковой и натяжной рычаги вокруг их общей оси поворота так, что они передвигают регулировочную втулку в направлении большей подачи. Таким образом, величина цикловой подачи топлива корректируется в соответствии с увеличением подачи воздуха в камеру сгорания.

При снижении давления во впускном трубопроводе возвратная пружина отжимает мембрану вверх. Рычажный механизм также возвращается в исходное положение, соответственно уменьшая величину цикловой подачи топлива.

При падении давления компенсатор давления во впускном трубопроводе переходит в исходное положение и обеспечивает максимальную подачу топлива в объеме, гарантирующем бездымное сгорание. Величина максимальной цикловой подачи при наддуве ограничивается положением упора в крышке регулятора.

3.3.4. Коррекция по атмосферному давлению

На больших высотах над уровнем моря масса потребляемого двигателем воздуха уменьшается из-за его меньшей плотности. Большая величина цикловой подачи топлива может привести к неполному сгоранию смеси, что послужит причиной дымления и повышения температуры охлаждающей жидкости. Для предотвращения этого явления используется компенсатор атмосферного давления (*ADA*), способный в зависимости от атмосферного давления изменять величину максимальной цикловой подачи.

Конструкция

Конструктивная схема компенсатора атмосферного давления идентична аналогичному компенсатору давления во впускном трубопроводе. К нему добавляется сильфон (анероид), который соединен с вакуумной системой (например, сервосистемой тормозов). Сильфон обеспечивает постоянное опорное давление в 700 Мбар (абсолютное давление).

Принцип действия

Мембрана ограничителя находится под давлением с двух сторон: сверху на нее действует атмосферное давление, снизу – опорное давление, постоянная величина которого поддерживается сильфоном.

Если атмосферное давление уменьшается (например, при движении на большой высоте над уровнем моря), поршень ограничителя движется в вертикальном направлении от нижнего упора. С помощью управляю-

щего рычага, как и при наддуве воздуха, происходит изменение величины цикловой подачи.

Остановка дизеля

Принцип работы с самовоспламенением смеси подразумевает, что дизель может остановиться только при прекращении подачи топлива.

В обычных условиях распределительный ТНВД с механическим регулированием прекращает работу с помощью электромагнитного остановочного клапана. Только в особых случаях двигатель снабжается дополнительным механическим остановочным устройством.

3.3.5. Электромагнитный остановочный клапан

Электромагнитный остановочный клапан чаще всего управляется при помощи выключателя стартера и свечей накаливания, что создает водителю дополнительные удобства.

Этот клапан, перекрывающий подачу топлива, встраивается в верхнюю часть корпуса (рис. 3.18) распределительного ТНВД. Во включенном положении выключателя стартера и свечей накаливания, т. е. при работающем двигателе, к электромагниту 4 подводится ток, якорь с уплотняющим конусом втягивается (6), открывается отверстие 1 подвода топлива в надплунжерное пространство. При выключении выключателя стартера и свечей накаливания катушка электромагнита 4 обесточивается, и пружина 5 сажает якорь с уплотнительным элементом в седло. Таким

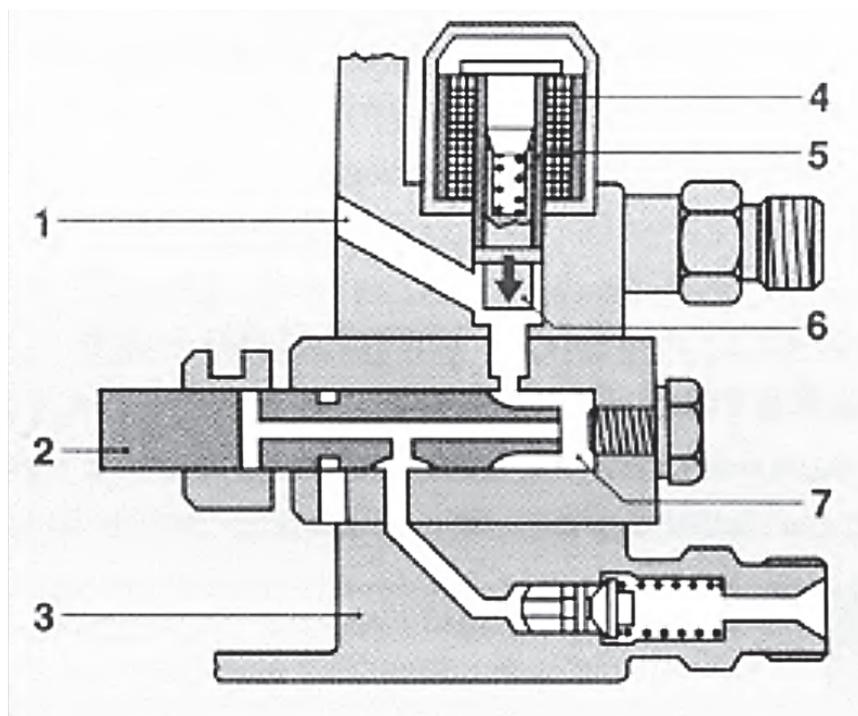


Рис. 3.18. Электромагнитный клапан

образом, канал подвода топлива отсекается от надплунжерного пространства, и плунжер-распределитель не может больше нагнетать топливо. В разных исполнениях электромагнит, совершая рабочий ход, может перемещать якорь с уплотняющим конусом либо к себе, либо от себя.

3.4. Распределительные ТНВД с электронным управлением

Постоянно сужающиеся границы допустимого уровня выбросов ОГ для дизелей и требования дальнейшего снижения расхода топлива приводят к совершенствованию распределительных ТНВД с электронным управлением. Управление высоким давлением с помощью электромагнитного клапана подразумевает более высокую точность определения моментов начала и окончания подачи топлива, а также более высокую точность его дозирования, чем при управлении регулирующей кромкой. Кроме того, становятся возможными осуществление предварительного впрыскивания и корректировка равномерности величин цикловых подач по цилиндрам.

Существенным отличием от распределительных ТНВД с управлением регулирующей кромкой в этом случае являются:

- управление высоким давлением с помощью электромагнитного клапана;
- расположение на ТНВД прибора регулирования;
- управление работой электромагнитного клапана высокого давления по принципу «угол-время» с помощью встроенного в ТНВД датчика угла поворота приводного вала ТНВД.

3.4.1. Классификация

Принципиально различаются два типа распределительных ТНВД:

- с аксиальным движением плунжера;
- с радиальным движением плунжеров.

Имеющиеся модификации различаются по области применения числу цилиндров двигателя конструкции привода и т.д.

Гидравлические характеристики первого типа ТНВД разнообразны и подходят как для двигателей с разделенными камерами, так и для моторов с непосредственным впрыском топлива с давлением у форсунки порядка 1400 бар.

Для обеспечения более высоких требований к давлению у форсунок на дизелях с непосредственным впрыском с 1996 года в серию вошли распределительные ТНВД с радиальным движением плунжеров, способные обеспечивать давление у форсунки до 1900 бар.

3.4.2. Способы применения и конструкция

ТНВД с электронным управлением применяются для быстроходных малых дизелей любой конструкции – как с непосредственным впрыском топлива, так и с разделенными камерами сгорания.

Номинальные значения частоты вращения коленчатого вала и мощности, а также конструкция двигателя определяют пределы применения и выбор распределительных ТНВД, которые используются на легковых и грузовых автомобилях, тягачах и стационарных двигателях с цилиндровой мощностью до 45 кВт. В зависимости от вида блока управления используется бортовая сеть напряжением 12 или 24 В.

Такие ТНВД выпускаются для четырех и шестицилиндровых дизелей. Максимальная величина цикловой подачи составляет порядка 175 мм³. Используемые максимальные давления впрыскивания зависят от конструкции двигателя (разделенные камеры или непосредственный впрыск) и лежат в пределах 800-1830 бар.

Распределительные ТНВД крепятся через фланец прямо к дизелю, который приводит вал ТНВД через зубчатый ремень, зубчатую муфту, шестерни или цепь.

Все распределительные ТНВД не нуждаются в обслуживании весь срок службы, поскольку смазываются топливом, что требует хорошего качества топлива и топливных фильтров.

Для безупречного функционирования двигателя и его топливной системы должна быть оптимизирована связь всех определяющих величин. В частности, после снятия все форсунки и идущие к ним магистрали высокого давления должны быть установлены на свои первоначальные места — менять их местами недопустимо.

3.4.3. Распределительный ТНВД с аксиальным движением плунжера

При управлении с помощью электромагнитного клапана высокого давления, последний устанавливается вместо исполнительного механизма с регулирующей втулкой. Это позволяет широко варьировать как величину дозирования топлива, так и момент начала его подачи.

Конструкция

Насос в своем модульном исполнении сочетает серийный ТНВД с новой электронной системой управления цикловой подачей (рис. 3.19).

У обоих типов ТНВД – с электромагнитным клапаном и управлением регулирующей кромкой – практически одинаковые размеры, области применения и способы привода плунжера–распределителя. Существенно новыми узлами являются:

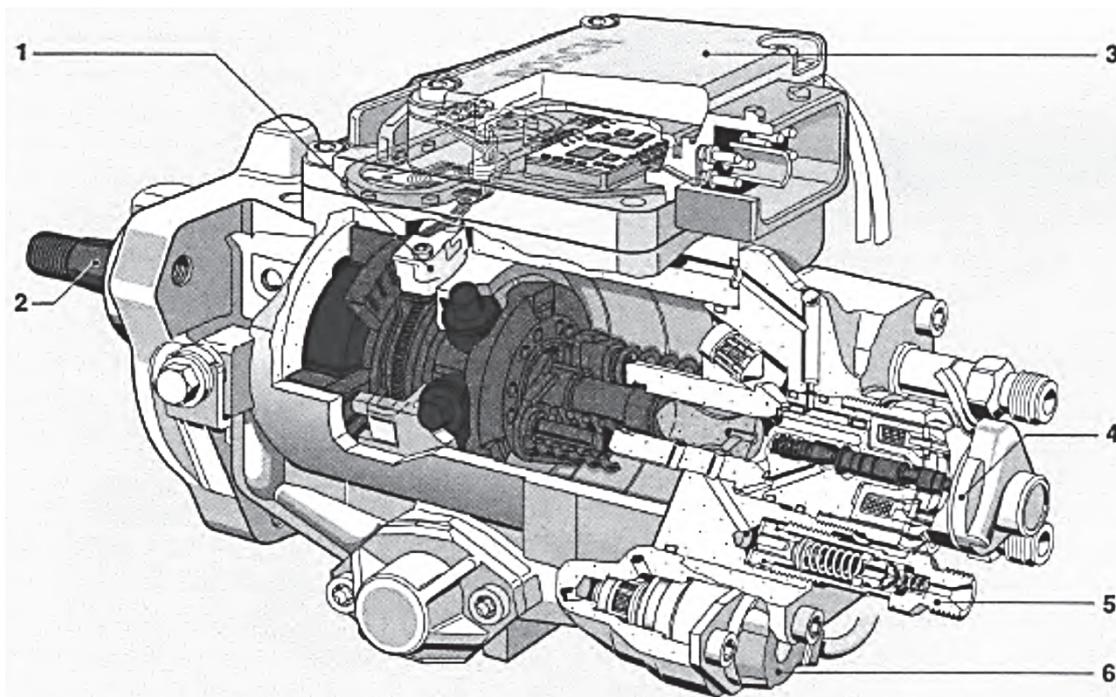


Рис. 3.19. Распределительный ТНВД с аксиальным движением плунжера, с электромагнитным клапаном высокого давления

– датчик 1 угла поворота приводного вала ТНВД (выполненный как система «угол — время»), который располагается на приводном валу ТНВД между лопастным топливоподкачивающим насосом и роликовым кольцом;

– электронный блок 3 управления ТНВД, который компактно смонтирован на верхней крышке ТНВД и связан с блоком управления работой дизеля;

– электромагнитный клапан 4 высокого давления, который расположен горизонтально по оси плунжера-распределителя.

Устройство 6 опережения впрыскивания с электромагнитным клапаном подобно используемой в конструкции при гидравлическом управлении распределительным ТНВД серии с регулирующей кромкой и электронным блоком управления.

Некоторые узлы ТНВД

Датчик угла поворота приводного вала. Функционально устройство определения угла поворота, включающее датчик, элементы его крепления на приводном валу и зубчатое колесо датчика, генерирует сигналы с точным угловым шагом, определяемым зубьями.

Получаемые сигналы подаются на блок управления. Обратная связь датчика с роликовым кольцом ТНВД обеспечивает правильное согласо-

вание углового положения роликового кольца с профилем кулачков при работе механизма управления опережением впрыскивания.

Блок управления ТНВД

ТНВД с электронным управлением используются только при разделенном управлении двигателем и ТНВД. Смонтированный на верхней крышке ТНВД блок управления изготовлен по принципу гибридной технологии. Наряду с механической прочностью, которая необходима из-за размещения его в моторном отсеке, от него требуется:

- обмениваться данными с расположенным отдельно блоком управления работой дизеля;
- использовать сигналы датчика частоты вращения коленчатого вала;
- управлять электромагнитным клапаном высокого давления;
- управлять установкой момента впрыскивания.

В блоке управления ТНВД заложены характеристики заложенные при эксплуатации автомобиля, и некоторые параметры двигателя. Блок управления способен также определять достоверность принимаемых сигналов, составляющих, кроме того, основу для определения различных расчетных величин.

3.4.4. Электромагнитный клапан высокого давления

Электромагнитный клапан высокого давления должен иметь:

- большое сечение клапана для максимального заполнения объема высокого давления даже при большой частоте вращения;
- малую массу движущихся деталей, чтобы снизить силы инерции;
- короткое время срабатывания для точного дозирования топлива;
- силы электромагнита, соизмеримые с создаваемым высоким давлением.

Электромагнитный клапан высокого давления состоит из:

- корпуса;
- иглы;
- электромагнита, соединенного с блоком управления ТНВД.

Кольцевой магнит, соосный с клапаном, входит в компактный механизм, состоящий из электромагнитного клапана высокого давления 4 и корпуса распределителя.

Подача топлива

От лопастного топливоподкачивающего насоса горючее под давлением около 12 бар направляется в камеру высокого давления через кор-

пус распределителя и открытый электромагнитный клапан высокого давления. При открытом клапане топливо не нагнетается. В момент закрытия клапана начинается подача топлива в магистраль высокого давления. Это может происходить на впадине кулачка или на его восходящей поверхности. С открытием клапана подача топлива прекращается. Продолжительность закрытого положения клапана определяет величину цикловой подачи.

Создаваемое в полости над плунжером высокое давление (кулачковая шайба сжимает находящееся над аксиальным плунжером нагнетаемое топливо) открывает нагнетательный клапан 5 (рис.3.19), и топливо подается через магистраль высокого давления к распылителю форсунки. Давление впрыскивания у сопел распылителя достигает 1400 бар. Излишнее топливо сливается обратно через отводящую магистраль в топливный бак.

Поскольку обходные топливные каналы вокруг электромагнитного клапана высокого давления отсутствуют, можно не опасаться того, что при выходе клапана из строя дизель пойдет «вразнос».

3.5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Классификация распределительных ТНВД.
2. Способы регулирования распределительных ТНВД.
3. Основные узлы распределительного ТНВД типа НД (с управлением регулирующей кромкой). Устройство шибера топливopодкачивающего насоса.
4. Назначение и работа клапана регулирования давления. топливopодкачивающего насоса, перепускного дросселя.
5. Как осуществляется дозирование топлива (изменяется цикловая подача) у ТНВД с регулирующей кромкой?
6. Для чего служит нагнетательный клапан?
7. Для чего служит дроссель обратного потока?
8. Для чего в ТНВД с электронным регулированием нужен электромагнитный исполнительный механизм?
9. Функции механизма опережения впрыска топлива?
10. Для чего нужна коррекция подачи топлива по давлению во впускном трубопроводе?
11. Принцип работы пневмокорректора цикловой подачи?
12. Для чего нужна коррекция подачи топлива по атмосферному давлению?
13. Для чего предназначен электромагнитный остановочный клапан?
14. Типы ТНВД с электронным управлением?
15. Основные элементы ТНВД с электронным управлением?
16. Функции электромагнитного клапана высокого давления?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белявцев, А.В. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: конструктивные особенности и эксплуатация / Белявцев А.В., Процеров А.С. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 223 с.
2. Бурлаев, Ю.В. Устройство, обслуживание и ремонт топливной аппаратуры автомобилей: учебник для средних ПТУ/ Бурлаев Ю.В., Мартиров О.А., Кленников Е.В. – М.: Высшая школа, 1987. – 288 с.
3. Двигатель TDI 2,0 л с системой впрыска *Common Rail*. Устройство и принцип работы: программа самообучения. – Service Training, 2010. – 67 с.
4. Голубков, Л.Н. Топливные насосы высокого давления распределительного типа: учебное пособие / Голубков Л.Н., Савистенко А.А., Эмиль М.В. – М.: Легион-Автодата, 2000. – 176 с.
5. Грехов, Л.В. Топливная аппаратура: Учебник для вузов / Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков. – М.: Легион-Автодата, 2004. – 344 с.
6. Дудкин, В.И. Пути совершенствования системы питания дизельного двигателя / Дудкин В.И., Янкин Е.М. // Известия Алтайского государственного университета. – 2002. – № 1. – С. 112–115.
7. Иванов, А.С. Система питания дизельного двигателя / А.С. Иванов // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2015. – № 3 (29). – С. 94–99.
8. Исследование тракторных дизелей при работе на дизельных смесевых топливах и разработка экспериментальных топливных систем // Инновационные разработки по агроинженерии: каталог / А.П. Уханов [и др.]. – М.: Росинформагротех. – 2012. – С. 92–95.
9. Крохотин, Ю.М. Системы питания дизелей: допущено УМО по образованию в области лесного дела в качестве учебного пособия для студентов вузов / Ю.М. Крохотин. – Воронеж, 1999. – 333 с.
10. Макушев, Ю.П. Системы питания дизельных двигателей: учебно-практическое пособие / Макушев, Ю.П., Кавыев А.М. – Омск: СИ-БАДИ, 2007. – 40 с.
11. Неговора, А.В. Специализированное устройство для исследования закона подачи топлива в системах питания дизелей / Неговора А.В., Низамутдинов А.И., Хакимов Р.Т. // Технико-технологические проблемы сервиса. – 2014. – № 3 (29). – С. 11–13.
12. Неговора, А.В. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: учебно-практическое пособие / А.В. Неговора. – Уфа, 2006. – 150 с.
13. Панычев, А.П. Устройство и принцип работы системы питания дизельного двигателя автомобиля «тойота корса» / А.П. Панычев, А.П.

Пупышев, А.Н. Калимулин, Г.О. Монастырев. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. – 11 с.

14. Позин, Б.М. Тяговая характеристика трактора (основы теории и расчет): учебное пособие / Б.М. Позин, И.П. Трояновская. – Челябинск: ЮУрГУ, 2016. – 84 с.

15. Прокофьев, Д.В. Система питания дизеля со встроенной диагностикой / Прокофьев Д.В., Цурихин А.В. // Современная техника и технологии. – 2015. – № 4 (44). – С. 12–15.

16. Салова, Т.Ю. Разработка систем снижения вредных выбросов на неустановившихся режимах работы двигателей внутреннего сгорания / Салова Т.Ю., Усачев Н.А. // Известия Международной академии аграрного образования. – 2015. – № 21. – С. 28–31.

17. Свистула, А.Е. Метод гидродинамического расчёта комбинированной системы питания дизельного двигателя / А.Е. Свистула, М.И. Мыслик // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: сборник статей Российская Академия транспорта. – Барнаул: АлГТУ, 2010. – С. 67–73.

18. Системы управления дизельными двигателями (перевод с немецкого). – М.: За рулем, 2004. – 480 с.

19. Уханов, А.П. Дизельное смесевое топливо: проблемы и инновационные разработки / Уханов А.П., Уханов Д.А., Адгамов И.Ф. // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – Т. 1. – № 2. – С. 46–51.

20. Файнлейб, Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: справочник / Б.Н. Файнлейб. – Л.: Машиностроение, 1990. – 352 с.

21. Хорош, А.И. Дизельные двигатели транспортных и технологических машин / А.И. Хорош, И.А. Хорош – М.: Лань, 2012. – 704 с.

22. Хохлова, Е.А. Модернизация системы питания дизельного двигателя для работы на дизельном смесевом топливе / Хохлова Е.А., Хохлов А.А. // Молодежь и наука XXI века: материалы аграрного форума «Наука, инновации и международное сотрудничество молодых ученых». – 2014. – С. 208–213.

23. <http://www.zao-bmz.ru> (сайт Белгородского моторного завода).

24. <http://avtodizel.gazgroup.ru/> (Автодизель – сайт Ярославского моторного завода).

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ.....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2.	
РЯДНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ НАСОСЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	5
2.1. Топливоподкачивающий насос.....	6
2.1.1. Одноходовой топливоподкачивающий насос.....	8
2.1.2. Двухходовой топливоподкачивающий насос	9
2.1.3. Ручные помпы.....	10
2.2. Рядные топливные насосы высокого давления	11
2.2.1. Монтаж и привод	13
2.2.2. Конструкция и принцип действия.....	13
2.2.3. Плунжерная пара	14
2.3. Принцип действия плунжерной пары (последовательность фаз)	16
2.3.1 . Регулирование цикловой подачи	18
2.3.2. Плунжерная пара с обратным отводом топлива	19
2.3.3. Формы кулачка	19
2.4. Нагнетательный клапан.....	20
2.4.1. Нагнетательный клапан постоянного объема без пере- скального дросселя	21
2.4.2. Конструктивные особенности топливного насоса высоко- го давления.....	22
2.5. Эксплуатация рядных топливного насоса высокого давления... ..	22
2.5.1. Устранение воздушных пробок	22
2.5.2. Хранение.....	23
2.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	24
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. ТОПЛИВНЫЕ НАСОСЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ТИПА.....	25
3.1. Виды конструкций.....	27
3.1. 1. Способ управления цикловой подачей	27
3.1.2. Способ создания высокого давления	28
3.1.3. Способ регулирования.....	28
3.1.4. Системы с управлением с регулирующей кромкой	29
3.1.5. Системы управления с электромагнитным клапаном.....	32
3.2. Распределительные ТНВД с управлением регулирующей кромкой.....	33

3.2.1. Конструкция.....	33
3.2.2. Привод топливного насоса	36
3.2.3. Нагнетание топлива.....	36
3.2.4. Шиберный насос	36
3.2.5. Клапан регулирования давления.....	37
3.2.6. Перепускной дроссель.....	37
3.2.7. Контур высокого давления	38
3.2.8. Привод плунжера–распределителя.....	38
3.2.9. Нагнетательный клапан	41
3.2.10. Нагнетательный клапан с дросселем обратного потока...	42
3.3. Дополнительные элементы (модули) ТНВД с аксиальным движением плунжера.....	43
3.3.1. Механизм опережения впрыскивания топлива	45
3.3.2. Гидравлическое устройство опережения впрыскивания топлива	46
3.3.3. Коррекция по давлению во впускном трубопроводе (пневмокорректор подачи топлива).....	47
3.3.4. Коррекция по атмосферному давлению.....	50
3.3.5. Электромагнитный останочный клапан.....	51
3.4. Распределительные ТНВД с электронным управлением.....	52
3.4.1. Классификация.....	52
3.4.2. Способы применения и конструкция.....	53
3.4.3. Распределительный ТНВД с аксиальным движением плунжера.....	53
3.4.4. Электромагнитный клапан высокого давления.....	55
3.5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	57
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	58

Учебное издание

Краснокутский Василь Васильевич,
Русанов Михаил Алексеевич,
Трояновская Ирина Павловна

**СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ**

Часть 2

ТОПЛИВНЫЕ НАСОСЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Учебное пособие

Техн. редактор *А.В. Миних*

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 06.02.2017. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 3,72. Тираж 50 экз. Заказ 37/102.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.
454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76