



DTP
Diesel Truck Parts
West Germany
Approved Quality

ЗАО АВТОДЖЕТ

официальный дистрибьютер фирмы DTP Motorteile GmbH в России

Топливная аппаратура
для дизельных двигателей
легковых и грузовых автомобилей:

- форсунки
- распылители
- свечи накалывания
- плунжерные пары
- ремкомплекты и
другие запчасти ТНВД.



109432, Москва,
ул. Автозаводская, 17-1, офис 15
E-mail: dzet@aha.ru
http://www.dzet.aha.ru

Тел.: (095) 275-01-27

(095) 275-44-05

Тел./факс: (095) 275-48-21

Готовится к изданию на русском языке
учебная литература **Bosch**

Radial Plunger Distributor
Fuel Injection Pump Type VR



BOSCH

Роторные ТНВД распределительного типа (VR)

В издании рассмотрены роторные топливные насосы высокого давления фирмы **Bosch** с радиально расположенными плунжерами. Описан принцип работы ТНВД и системы электронного управления дизельным двигателем. Приведены различные типы форсунок, применяемых на дизельных двигателях, а также рассмотрена система облегчения запуска. Дана классификация топливных систем фирмы **Bosch** по их применяемости.

Число страниц 3, стр. обложки

УДК 621.436.038

Л.Н. Голубков, А.А. Савастенко, М.В. Эммиль

Топливные насосы высокого давления распределительного типа:
Учебное пособие / – 7-е изд.

– М.: Легион-Автодата, 2005. 192 с. ил.

Рецензенты: Кафедра "Поршневые двигатели" МГТУ
им. Баумана;
канд. техн. наук С.Н. Девянин.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлениям "Наземные транспортные системы", "Энергомашиностроение" и по специальностям 150100, 150200, 230100, 101200. Пособие может быть также полезно инженерно-техническим работникам и владельцам автомобилей.

Пособие содержит описание, анализ конструкций, проверку и регулировки дизельных топливных насосов высокого давления распределительного типа, а также краткое изложение метода гидродинамического расчета. В пособии рассмотрены плунжерные насосы распределительного типа НД и VE, в которых распределителем топлива является плунжер, а также роторные насосы Lucas серии DP. Наибольшее внимание уделено распределительным насосам Bosch VE, Lucas DPC и DPS, которые устанавливаются на целый ряд дизелей легковых автомобилей и микроавтобусов, эксплуатируемых в Российской Федерации, такие как: Alfa Romeo, Audi, BMW, Chrysler, Citroen, DAF, Daihatsu, FIAT, Ford, Hyundai, Isuzu, Iveco, Lancia, Land Rover, MAN, Mazda, Mercedes-Benz, Mitsubishi, Nissan, Opel, Peugeot, Renault, Rover, SEAT, Suzuki, Volkswagen, Volvo, Toyota.

© ЗАО "Легион-Автодата", 2005

ISBN 5-88850-090-9

Лицензия ИД №00419 от 10.11.99

Подписано в печать 17.03.05. Формат 60×90 1/16

Бумага офс. Печать офс. Печатных листов 12. Тираж 3000 экз.

Отпечатано с готовых диапозитивов в ГУП МО «Коломенская типография».

140400, Моск. обл., г. Коломна, ул. III Интернационала, д. 2а.

Заказ 1351-05.

Л.Н. Голубков, А.А. Савастенко, М.В. Эммиль

ТОПЛИВНЫЕ НАСОСЫ

ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ТИПА

Допущено Министерством образования Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров "Наземные транспортные системы", "Энергомашиностроение", по специальности "Двигатели внутреннего сгорания" направления подготовки дипломированных специалистов "Энергомашиностроение", по специальности "Автомобиле- и тракторостроение" направления подготовки дипломированных специалистов "Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы" и специальностям "Автомобили и автомобильное хозяйство", "Эксплуатация и обслуживание транспортных и технологических машин и оборудования (по отраслям)" направления подготовки дипломированных специалистов "Эксплуатация транспорта и транспортного оборудования".

Москва

Легион - Автодата

2005

3

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1. Плунжерные распределительные насосы семейства НД.....	10
1.1. Одноплунжерные топливные насосы НД.....	10
1.2. Топливные насосы НД-22.....	18
1.3. Автоматические регуляторы частоты вращения ТНВД НД.....	20
1.4. Проверка и регулировка топливных насосов НД.....	23
1.4.1. Подготовительные и проверочные операции.....	23
1.4.2. Проверка и настройка пусковой подачи.....	24
1.4.3. Предварительная настройка натяжения пружины регулятора.....	26
1.4.4. Регулировка подачи топлива на режиме номинальной мощности.....	26
1.4.5. Проверка и регулировка корректоров подачи топлива.....	28
2. Одноплунжерные распределительные насосы VE.....	36
2.1. Конструкция топливного насоса Bosch VE.....	36
2.1.1. Общее устройство насоса Bosch VE.....	36
2.1.2. Роторно-лопастной подкачивающий насос и система низкого давления.....	40
2.1.3. Плунжер-распределитель и линия высокого давления.....	41
2.1.4. Нагнетательные клапаны в линии высокого давления.....	47
2.2. Автоматические регуляторы частоты вращения.....	51
2.2.1. Всережимные регуляторы.....	53
2.2.2. Двухрежимные регуляторы.....	60
2.3. Автоматические устройства в топливных насосах VE.....	66
2.3.1. Автомат опережения впрыскивания топлива.....	68
2.3.2. Корректоры по давлению наддува и высотный корректор.....	69

2.3.3. Автоматическое устройство адаптации работы насоса по нагрузке	72
2.3.4. Ускоритель холодного пуска дизеля	74
2.4. Топливные системы с насосом VE, имеющим электронное регулирование	77
2.5. Проверка и регулировки топливных насосов VE	82
2.5.1. Подготовительные и проверочные операции	82
2.5.2. Проверка и корректировка основных установочных размеров	85
2.5.3. Контроль и регулировка насосов VE	87
3. Роторные распределительные ТНВД типа Lucas	102
3.1. Номенклатура и назначение ТНВД Lucas CAV	102
3.2. Конструкция топливных насосов Lucas CAV	105
3.2.1. Общее устройство топливных насосов Lucas CAV	105
3.2.2. Роторно-лопастной насос низкого давления	105
3.2.3. Нагнетание и распределение топлива	108
3.2.4. Пусковая подача топлива	111
3.2.5. Автоматические регуляторы частоты вращения	114
3.2.5.1. Двухрежимный регулятор	114
3.2.5.2. Всережимный регулятор	116
3.2.6. Регулирование угла опережения впрыскивания	118
3.2.6.1. Автомат опережения впрыскивания	118
3.2.6.2. Регулирование угла опережения впрыскивания на режимах малых нагрузок	120
3.2.6.3. Дополнительные устройства регулирования угла опережения впрыскивания	123
3.2.7. Корректор по давлению наддува	127
3.2.8. Привод топливного насоса	130
3.2.9. Устройство выключения подачи топлива	132
3.2.10. Демпфер рычага управления	133
3.3. Регулировки и испытания топливных насосов Lucas DPC	134
3.4. Система EPIC электронного регулирования ТНВД Lucas типа DP	150
3.5. ТНВД Lucas DPS	159
4. Метод гидродинамического расчета топливных систем с насосами распределительного типа	171
Литература	182

По методу дозирования (управления цикловой подачей топлива) распределительные ТНВД делятся на насосы с регулированием цикловой подачи отсечкой, дросселированием на всасывании, изменением хода плунжера и клапанным регулированием.

Можно также разделить распределительные насосы по схеме привода плунжера: с внешним кулачковым профилем, с торцовым кулачковым профилем и с внутренним кулачковым профилем. Первые две схемы используют в плунжерных насосах, последнюю схему — в роторных.

В соответствии с описанной классификацией рассматриваемые в учебном пособии распределительные насосы НД и VE относятся к плунжерным ТНВД с дозированием отсечкой подачи. Насосы НД имеют привод плунжера с внешним кулачковым профилем, в насосах VE используется торцовый кулачковый привод плунжера.

Первые попытки создания распределительных топливных насосов были осуществлены на основе дополнения одно- или двухплунжерных серийных ТНВД автономными распределителями (ТНВД PRS фирмы Sigma, ТНВД PH-1 конструкции ЦНИДИ (Центрального научно-исследовательского дизельного института), ТНВД фирмы IHC). Однако они уступили место более компактным распределительным насосам, в которых роль распределителя выполнял плунжер или ротор.

Если не принимать во внимание опытные образцы или партии ТНВД, то первой фирмой, освоившей в начале 1950-х гг. серийный выпуск плунжерных распределительных насосов, является American Bosch. Впоследствии фирма стала называться United Technologies Diesel Systems и в настоящее время — AMBAK International. Первый серийный насос PSA имел привод плунжера с внешним кулачковым профилем и дозирование дросселированием на всасывании. В дальнейшем фирма перешла на дозирование отсечкой. Все модели ТНВД (PSB, PSH, PSV, PSU модель 50, модель 100) традиционно имеют привод плунжера с внешним кулачковым профилем и, как правило, общий для всех топливопроводов высокого давления нагнетательный клапан. Разрабатываются модели ТНВД с электронным управлением (например, M 300E).

ВВЕДЕНИЕ

На ближайшую перспективу дизели рассматриваются как самые экономичные двигатели. В дизеле топливо впрыскивается и распыливается непосредственно в камере сгорания, в которой находится сжатый и нагретый в процессе сжатия воздух. Топливо, впрыснутое в сжатый воздух, смешивается с ним, испаряется, воспламеняется и сгорает. Качество рабочего процесса в основном зависит от того, как и когда подается топливо, как оно распыливается и распределяется по объему камеры сгорания, то есть от результатов работы топливной системы дизеля, которая относится к наиболее ответственному его агрегатам.

Топливные системы (ТС) дизелей принято делить на ТС непосредственного действия и аккумуляторные. В ТС непосредственного действия топливо подается от плунжера топливного насоса высокого давления (ТНВД) через топливопровод к форсунке. В аккумуляторных ТС плунжер ТНВД подает топливо в аккумулятор (большой или малой емкости), а из аккумулятора в распылитель форсунки. ТС можно также определить как разделенные (насос—топливопровод—форсунка) и неразделенные (насос—форсунка). В автотракторных дизелях в основном используются разделенные топливные системы непосредственного действия.

ТНВД делят на многоплунжерные, в которых на каждый цилиндр приходится один плунжер, и распределительного типа, в которых один или два плунжера обслуживают все цилиндры, для чего увеличивается цикличность работы плунжеров и вводится распределитель топлива.

По способу распределения топлива по цилиндрам распределительные насосы делятся на плунжерные (чаще одноплунжерные) и роторные. В плунжерных распределительных насосах топливо по цилиндрам распределяет плунжер (плунжер-распределитель), в роторных — ротор (распределительный золотник). В плунжерных распределительных насосах плунжер не только совершает поступательное движение, нагнетая топливо, но и вращается, распределяя топливо по цилиндрам. В роторных распределительных насосах топливо нагнетают плунжеры, встроенные в ротор, а вращающийся ротор распределяет топливо по цилиндрам.

Фирма Bosch (Robert Bosch) выпускает плунжерные распределительные насосы с начала 1960-х гг. Первый серийный насос (EP/VM) имел дозирование дросселированием на всасывании, в последующих моделях дозирование осуществлялось отсечкой. ТНВД EP/VM, как и все последующие модели плунжерных распределительных насосов (EP/VA, EP/VH, EP/VE), имеют торцовый кулачковый привод плунжера. С 1976 г. фирма Bosch приступила к массовому производству модели VE (EP/VE). В настоящее время разработаны и производятся ТНВД VE с электронным управлением. Насосами VE, выпускаемыми как непосредственно фирмой Bosch, так и по лицензии японскими фирмами Zexel (Diesel Kiki) и Nippon Denso, оснащаются в настоящее время большинство дизелей импортных легковых автомобилей и микроавтобусов, эксплуатирующихся в РФ.

В СССР первым плунжерным распределительным насосом, прошедшим многолетнюю проверку в эксплуатации, был насос ОНМ-4, выпускаемый НЗТА (Ногинским заводом топливной аппаратуры). В 1967 г. промышленность СССР приступила к серийному выпуску плунжерных распределительных насосов НД. Насос НД-21/4, спроектированный ЦНИТА (Центральным научно-исследовательским и конструкторским институтом топливной аппаратуры автотракторных и стационарных двигателей) с учетом преимуществ конструкций насосов ОНМ-4 и 1П4, является базовым насосом семейства НД. Это одноплунжерный распределительный насос с внешним кулачковым приводом плунжера и дозированием отсечкой. В настоящее время насосы НД выпускаются в Вильнюсе (Литовская Республика) и Чугуеве (Украина) и используются на тракторных дизелях.

Серийный выпуск роторных распределительных насосов был начат в США в начале 1950-х гг. Верноном Рузе, по имени которого был и назван насос "Roosa Master". Насос имел привод плунжеров с внутренним кулачковым профилем и дозирование дросселированием на всасывании. В настоящее время семейство этих ТНВД выпускается фирмой Stanadyne Diesel System (ранее имевшей название Hartford Mashine Screw Company). Вначале выпускались насосы Roosa Master моделей CB и DB, затем были созданы семейства насосов DB2 и DM4. Фирмой разрабатываются и совершенствуются модели ТНВД с электронным управлением (PCF, PCL).

В 1956 г. фирма CAV (Lucas-CAV) начала выпуск роторных распределительных насосов Roosa Master (по лицензии). Совершенствуя конструкцию и расширяя производство Lucas CAV выпускала и выпускает в настоящее время ряд моделей роторных ТНВД (DPA, DPC, DPS). Электронное управление используется в ТНВД моделей ESP и EPIC, в котором традиционное дозирование дросселированием на впуске заменено на дозирование изменением хода плунжеров. С целью увеличения давления впрыскивания топлива концерном Lucas разрабатываются модели DP-200-203.

В последние годы в связи с тенденцией к увеличению давления впрыскивания топлива фирма Bosch также приступила к разработке и выпуску роторных распределительных насосов (модель VP44).

В СССР опытные партии роторных распределительных насосов были сконструированы и выпущены ЧТЗ (Челябинским тракторным заводом) совместно с ЦНИДИ (ТНВД РНС) и НЗТА (ТНВД РТНГ и РТН500).

Основными общими преимуществами насосов распределительного типа по сравнению с многоплунжерными ТНВД являются существенно меньшие масса и габаритные размеры (в 1,5—2 раза), а также меньшее число деталей (прежде всего прецизионных). Не меньшее значение имеет сравнительно небольшое перестановочное усилие органа, управляющего цикловой подачей топлива, будь то дозатор (например, в насосах НД и VE) или дозирующий золотник, обеспечивающий дозирование в насосах с дросселированием на всасывании. Меньшее перестановочное усилие позволяет упростить конструкции как регулятора частоты вращения, так и различных корректирующих устройств и разместить регулятор с дополнительными устройствами в корпусе ТНВД.

Отдельно следует отметить, что в большинстве топливных насосов распределительного типа (VE, роторные ТНВД) смазка производится топливом, заполняющим корпус ТНВД. Вследствие этого отпадает необходимость подвода к ТНВД масла под давлением из системы смазки дизеля и исключается попадание топлива в масло. Важно, что в таких конструкциях ТНВД конструктивно просто реализуется автомат опережения впрыскивания топлива (см. 2.3.1). В то же время смазка топливом предъявляет повышенные требования к топливу и к системе фильтрации.

В насосах распределительного типа один или два плунжера обслуживают все цилиндры, что позволяет обеспечить большую стабильность в эксплуатации равномерности подачи топлива по цилиндрам. В то же время отсутствие возможности регулировки равномерности подачи топлива по цилиндрам предъявляет более жесткие требования к технологии изготовления узлов ТНВД, топливопроводов и форсунок.

Топливные насосы распределительного типа уступают многоплунжерным по долговечности прецизионных деталей и нагруженности сочленения ролика толкателя - кулачковый профиль. Это особенно сказывается в дизелях с большими рабочими объемами цилиндров и повышенными требованиями к давлениям впрыскивания топлива. Таким образом, насосы распределительного типа находят преимущественное распространение на легковых автомобилях, легких грузовиках и микроавтобусах (~85%). В тракторных двигателях применение насосов распределительного типа также высока и составляет примерно 60%.

Повышенные требования к топливной экономичности и экологическим показателям приводят к постепенному переходу дизелей, в которых используются насосы распределительного типа, от разделенных камер сгорания к неразделенным. В этих случаях требуются более высокие давления впрыскивания топлива. С точки зрения нагруженности привода плунжера ТНВД с торцовым кулачковым приводом плунжера (например, VE) и с внутренним кулачковым приводом плунжеров (роторные ТНВД) имеют преимущества, так как в этих ТНВД отсутствуют силовые нагрузки от давления топлива на подшипниковые узлы приводного вала. Однако в торцовом кулачковом приводе плунжера линейные скорости профиля меняются пропорционально радиусу кулачковой шайбы, что приводит к проскальзыванию ролика относительно кулачка. Для уменьшения проскальзывания требуется использовать сложные в изготовлении конические ролики. Этого недостатка лишен привод плунжера с внутренним кулачковым профилем, применяющийся в роторных распределительных насосах. Кроме того, роторный принцип устройства ТНВД позволяет встраивать в ротор оппозитно расположенные пары плунжеров с малыми диаметрами и малыми рабочими ходами плунжеров, что позволяет обеспечить требуемые давления впрыскивания топлива при высокой долговечности ТНВД.

1. ПЛУНЖЕРНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ НАСОСЫ СЕМЕЙСТВА НД

1.1. Одноплунжерные топливные насосы НД

Одноплунжерные (односекционные) топливные насосы семейства НД используются в основном на двигателях Владимирского тракторного завода. Четырехштурный ТНВД НД-21 является базовой моделью семейства НД. Эти ТНВД устанавливаются на четырехцилиндровые дизели Д-144 (4Ч 10,5/12). Двухштурные ТНВД НД-21 — на двухцилиндровые дизели Д-21А (2Ч 10,5/12). Модернизированные четырехштурные ТНВД НДМ-21 устанавливаются на дизели Д-144 и Д-145Т (4Ч 10,5/12). Двухштурные НДМ-21 — на двухцилиндровые дизели Д-21А и Д-120 (2Ч 10,5/12).

В одноплунжерном ТНВД распределительного типа подача топлива в цилиндры дизеля осуществляется одной секцией высокого давления. Плунжер этой секции за один оборот вала ТНВД должен совершить столько нагнетательных ходов, сколько цилиндров имеет дизель. Распределение топлива по цилиндрам плунжер-распределитель осуществляет при своем вращении. На рис. 1.1, а) схематично показан процесс наполнения секции. Плунжер 3 движется во втулке 1 вначале вниз, к нижней мертвой точке (НМТ), затем топливо через наполнительные отверстия 2 поступает в надплунжерную полость 4. При дальнейшем движении плунжера вверх давление в надплунжерной полости возрастает и топливо перетекает через отверстия 2 в полость низкого давления. В момент, когда торец плунжера перекрывает наполнительные отверстия, начинается активный ход плунжера (рис. 1.1, б). К этому времени плунжер должен повернуться таким образом, чтобы топливо под давлением из надплунжерной полости по центральному 5 и радиальному 6 каналам в штуцере поступало в его распределительный паз 7. Отсечное отверстие (паз) 10 в процессе нагнетания перекрыто дозатором 9, и топливо под высоким давлением по каналу 8 поступает в нагнетательный клапан и трубку высокого давления к форсунке. Нагнетание топлива продолжается до выхода отсечного отверстия 10 в плунжере из дозатора 9 (рис. 1.1, в). Давление топлива в надплунжерной полости падает, и нагнетание прекращается.

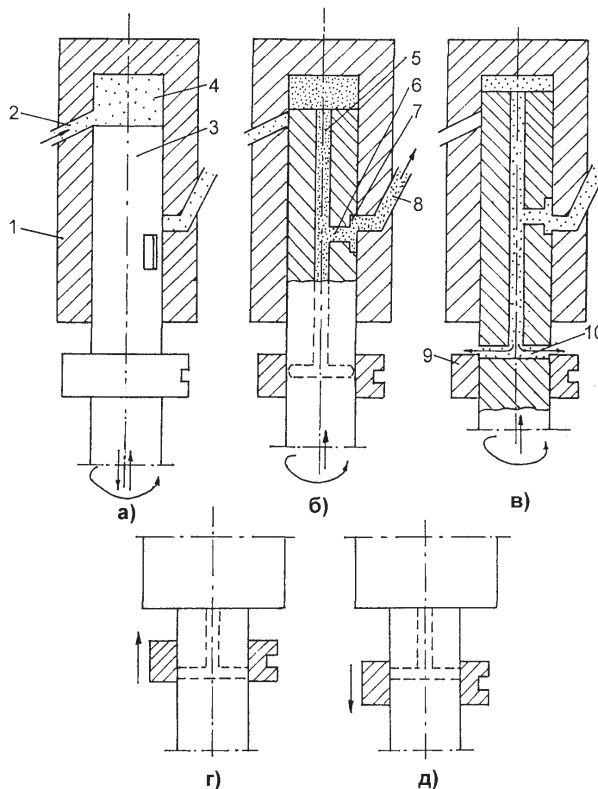


Рис. 1.1. Схема рабочих процессов ТНВД НД-21.

Процессы: а - наполнения, б - нагнетания, в - отсечки подачи
Положения дозатора: г - при больших $V_{ц}$, д - при малых $V_{ц}$ ($V_{ц}$ - цикловая подача)
1 - втулка, 2 - наполнительные отверстия, 3 - плунжер, 4 - надплунжерная полость, 5 и 6 - центральный и радиальный каналы, 7 - распределительный паз, 8 - канал высокого давления, 9 - дозатор, 10 - отсечные отверстия.

Изменение цикловой подачи топлива (дозирование) осуществляется перемещением дозатора 9 вдоль плунжера. Так, например, перемещение дозатора вверх (рис. 1.1, г) приведет к тому, что нагнетание закончится позже, и, следовательно, будет подано большее количество топлива. Для осуществления меньших цикловых подач топлива дозатор перемещают вниз, сокращая тем самым активный ход плунжера (рис. 1.1, д).

В топливных насосах НД используется привод плунжера с внешним цилиндрическим профилем (рис. 1.2). Поступательное движение плунжера обеспечивается кулачковым валом 1, на котором имеется столько кулачков 2, сколько цилиндров обслуживает плунжер. Кулачковый вал действует на плунжер с помощью роликового толкателя 3, прижимаемого к кулачку пружиной 4. Вращательное движение плунжера обеспечивается конической передачей 5, валком 6 и цилиндрической передачей 7. Плунжер 10 в той части 9, которая сопрягается с зубчатой втулкой 8, имеет квадратное сечение. Таким образом плунжер получает вращательное движение одновременно с возможностью двигаться возвратно-поступательно, проскальзывая своим квадратным сечением в зубчатой втулке 7. На рис. 1.2 также схематично показаны втулка 11 плунжера и дозатор 12.

На рис. 1.3 приведена конструкция цельной (неразъемной) головки ТНВД НД-21. До 1974 года выпускалась разъемная головка, в которой втулка плунжера и верхняя часть головки соединялись с помощью установочного штифта и специальной гайки. Использование цельной головки позволило существенно повысить надежность ТНВД. Нижняя часть корпуса 1 головки ТНВД представляет из себя втулку, в которой расположен плунжер 2. В верхнюю часть корпуса головки соосно с плунжером вворачивается пробка 3. В верхней части головки размещены штуцеры 4, в которых располагаются вытеснители (на рис. не показаны) и детали нагнетательных клапанов 6. Управление цикловой подачей осуществляется изменением положения дозатора 7, который через вильчатый рычаг управления и тяги связан с регулятором. Плунжер 2 имеет центральное отверстие, с которым соединены отсечной паз треугольного профиля и распределительный паз. Полость низкого давления снизу уплотняется с помощью резинового кольца 8. Вращательное движение плунжера обеспечивается с помощью зубчатой втулки 12. Пружина 9, установленная между шайбой 11 и тарелкой 10 плунжера, прижимает плунжер к толкателю к профилю кулачка вала ТНВД.

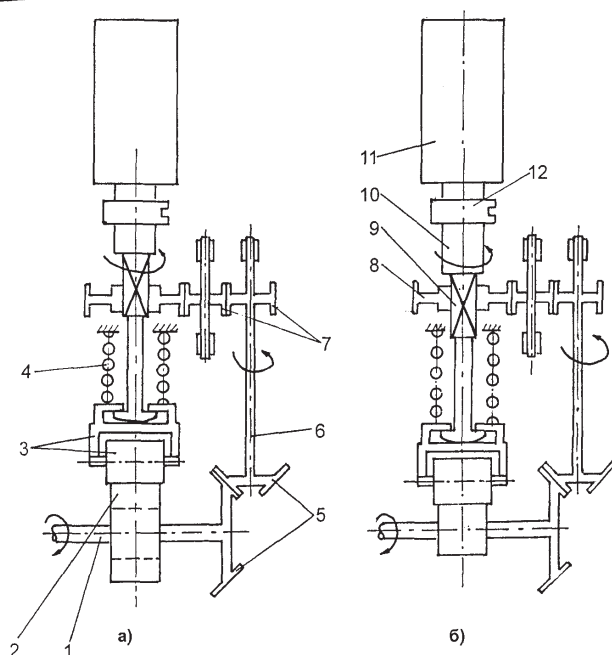


Рис. 1.2. Схема привода плунжера с внешним цилиндрическим кулачковым профилем:

а) плунжер находится в ВМТ; б) плунжер находится в НМТ.

Распределительные насосы НД укомплектованы нагнетательными клапанами двойного действия, состоящими из основного и дополнительного клапанов с плоскими запирающими поверхностями. Основной (прямой) клапан 17 прижимается пружиной 5 к седлу 15, а дополнительный (обратный) клапан 14 прижимается пружиной 13 к основному клапану 17. На рис. 1.4 приведены схемы работы нагнетательного клапана двойного действия. Перед началом процесса нагнетания топлива основной клапан прижат к седлу, а обратный своей пружиной - к основному (рис. 1.4, а).

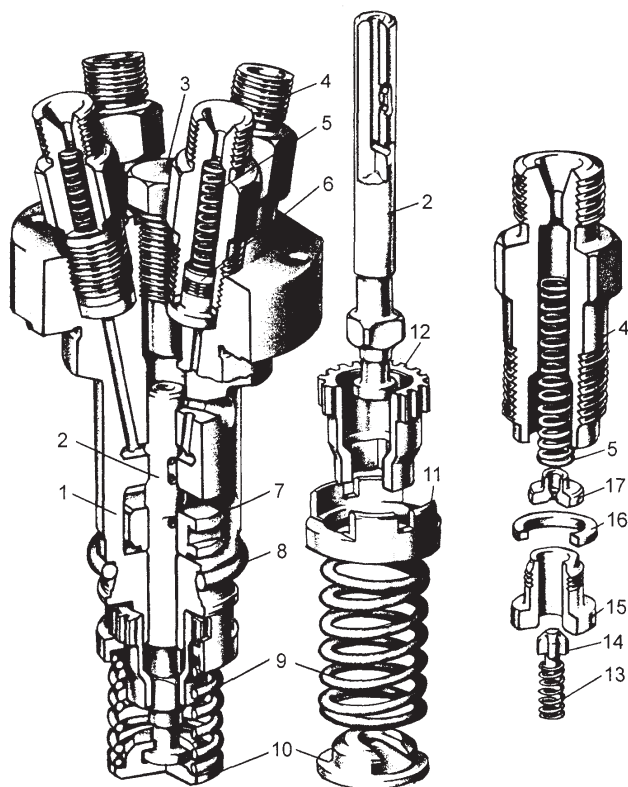


Рис. 1.3. Головка распределительного топливного насоса НД-21:

1 - корпус; 2 - плунжер; 3 - пробка; 4 - штуцер ТНВД; 5 - пружина нагнетательного клапана (основного); 6 - нагнетательный клапан; 7 - дозатор; 8 - уплотнительное кольцо; 9 - пружина; 10 - тарелка плунжера; 11 - шайба; 12 - зубчатая втулка; 13 - пружина обратного клапана; 14 - обратный клапан; 15 - седло клапана; 16 - уплотнительная прокладка; 17 - основной (прямой) клапан.

В процессе нагнетания (рис. 1.4, б) основной клапан совместно с прижатым к нему обратным приподнимаются и пропускают топливо к топливопроводу и форсунке. В период отсечки основной клапан (совместно с прижатым к нему обратным) садится на седло (рис. 1.4, в). После подхода к штуцеру ТНВД отраженной от форсунки обратной волны давления давление топлива в штуцере ТНВД повышается, что приводит к открытию обратного клапана (рис. 1.4, г) и перетеканию топлива через жиклер основного клапана, распределительное окно и отсечное отверстие плунжера в линию низкого давления. Нагнетательный клапан двойного действия позволяет путем воздействия на натяжку пружины обратного клапана регулировать остаточное давление в топливопроводе и поддерживать его на примерно постоянном уровне во всем рабочем диапазоне рабочих режимов. Кроме того, изменяя остаточное давление, можно влиять в определенной степени на цикловую подачу с целью регулировки равномерности подачи топлива по цилиндрам.

На показатели топливных насосов распределительного типа большое влияние оказывает выбор и технологическое обеспечение точности фаз распределения топлива по линиям нагнетания. Распределительные окна каждой линии нагнетания должны открываться сразу после начала процесса нагнетания и закрываться после того, как закончится перетекание топлива из штуцера через обратный клапан в линию низкого давления. Это обстоятельство требует также достаточно точной установки фаз распределения относительно ВМТ после сборки ТНВД.

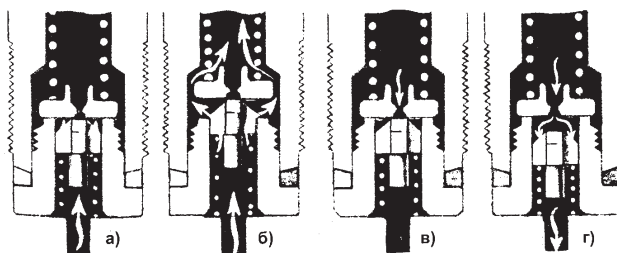


Рис. 1.4. Схемы работы нагнетательного клапана:

а) начало открытия нагнетательного клапана; б) нагнетание топлива; в) отсечка подачи; г) открытие обратного клапана.

На рис. 1.5 показана конструкция распределительного четырехштыцерного насоса НД-21. Кулачковый вал 1 ТНВД размещен в подшипниках 2, устанавливаемых в корпусе 3 насоса. Роликовый толкатель 4 прижимается пружиной 5 к кулачкам вала ТНВД. В насосах НД-21 используются кулачки вогнутого профиля, в насосах НД-22 — тангенциального. Вогнутый профиль кулачка позволяет обеспечить более высокие скорости плунжера, однако требует усложнения технологии изготовления кулачкового вала. Головка 6 ТНВД закрепляется в корпусе с помощью шпилек 7. Насосы НД смазываются маслом, поэтому объем полости низкого давления меньше, чем, например, в насосах ВЕ или в многоплунжерных ТНВД. В полость низкого давления топливо попадает через штыцер 8. Малый объем полости низкого давления не обеспечивает нужного демпфирования колебаний давления топлива, возникающих при отсечке и при закрытии выпускных окон. Для улучшения условий наполнения в выпускном штыцере 9 установлен клапан-демпфер. Поршень клапана-демпфера при резком нарастании давления топлива перемещается в штыцере, преодолевая сопротивление пружины, что временно увеличивает объем полости низкого давления и сглаживает колебания. Кроме того, с целью уменьшения отрицательного действия колебаний давления в отсечной полости на наполнение выпускная полость отделена узким кольцевым зазором 10 от полости у дозатора.

Вращательное движение плунжера обеспечивается конической передачей 12, валом 15, цилиндрическими шестернями 16 и зубчатой втулкой 17. Валик 15 является также валиком регулятора и имеет частоту вращения в два раза большую, чем кулачковый вал.

В линию низкого давления топливо подается топливоподкачивающим насосом 21, который приводится от эксцентрика, расположенного на валике 11. По своему устройству топливоподкачивающий насос аналогичен топливоподкачивающим насосам многоплунжерных ТНВД (например, ТНВД УТН-5, ЯЗТА).

Перемещение дозатора с целью изменения цикловой подачи осуществляется с помощью валика 19 управления дозатором, с левой стороны которого размещен поводок 18, с правой — рычаг 20 регулятора.

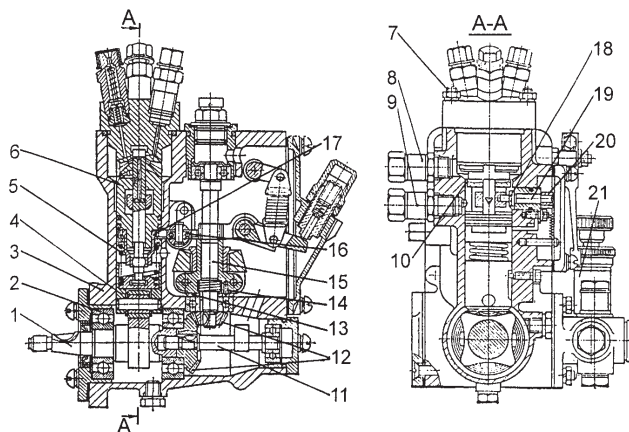


Рис. 1.5. Конструкция топливного насоса НД-21:

1 - кулачковый вал; 2 - подшипник; 3 - корпус ТНВД; 4 - роликовый толкатель; 5 - пружина; 6 - головка; 7 - шпилька; 8 - штыцер подвода топлива; 9 - штыцер слива топлива с клапаном-демпфером; 10 - кольцевой зазор; 11 - вал привода топливоподкачивающего насоса; 12 - коническая передача; 13 - предохранительная шайба; 14 - штифт; 15 - валик регулятора; 16 - цилиндрические шестерни; 17 - зубчатая втулка; 18 - поводок управления дозатором; 19 - валик управления дозатором; 20 - рычаг регулятора; 21 - топливоподкачивающий насос.

Модернизация насосов НД-21, кроме использования, как было указано выше, цельной головки (рис. 1.4), заключается в следующих основных конструктивных изменениях. В насосах НДМ-21 используется кулачковый вал, выполненный как одно целое с валом привода подкачивающего насоса. В ряде моделей ТНВД (например, у насоса типа 53.1111004) диаметр плунжера равен 9 мм и в дальнейшем планируется все модификации перевести на диаметр плунжера 9 мм (вместо 8 мм). Насос НДМ-21 типа 53.1111004-30 имеет циркуляционную (централизованную) смазку. Эта модификация ТНВД, устанавливаемая на дизеле Д-145Т (4ЧН 10,5/12), имеет также корректор по давлению наддува (ограничитель дымления) мембранного типа.

1.2. Топливные насосы НД-22

Двухплунжерные (двухсекционные) топливные насосы НД-22 используются на тракторных и комбайновых дизелях семейства СМД (6ЧН 13/11,5). ТНВД НД-22 отличается от базовой модели НД-21 наличием двух секций (головок). Каждая головка имеет 3 штыцера, что позволяет подавать топливо в цилиндры шестичилиндрового дизеля.

На рис. 1.6 приведена конструкция ТНВД НД-22 с разъемными головками без пневмокорректора (корректора по давлению наддува). Кулачковый вал 3 имеет два кулачковых профиля, каждый из которых обеспечивает за один оборот вала три подъема плунжера. Вращательное движение плунжеров обеспечивается валиком 9 регулятора через цилиндрическую передачу, состоящую из шестерни на валике регулятора, двух промежуточных шестерен 20 и двух зубчатых втулок 7, установленных в головках ТНВД.

В связи с увеличением числа плунжеров и обслуживаемых цилиндров в ТНВД НД-22 по сравнению с НД-21 изменен также корпус насоса, имеющий большие габариты и размеры регулировочного люка. Отличается конструктивными размерами топливоподкачивающий насос 19.

Модернизация ТНВД НД-22 заключается в следующих основных конструктивных изменениях. Как и в ТНВД НД-21, используются цельные (неразъемные) головки. Все модификации ТНВД НД-22 комплектуются корректорами по давлению наддува мембранного типа (пневмокорректорами). В модернизированных ТНВД типа 58.1111004, по сравнению с исходными моделями типа 221.1111004, используются плунжеры диаметром 10 мм (вместо 9 мм). В связи с этим увеличены размеры распределительного паза, размеры квадрата под зубчатую втулку и размеры отсечного окна (паза). Нагнетательные клапаны ТНВД модели 58.1111004 имеют увеличенный жиклер диаметром 1 мм (в нагнетательном клапане модели 221.1111004 диаметр жиклера равен 0,72 мм). Применение циркуляционной централизованной смазки в моделях 58.1111004 привело к ряду изменений в корпусе ТНВД. На моделях 58.1111004 устанавливается обратный корректор, который при работе на малых частотах вращения коленчатого вала (меньше частоты вращения, соответствующей максимальному крутящему моменту) уменьшает цикловую подачу топлива с целью снижения выброса дыма.

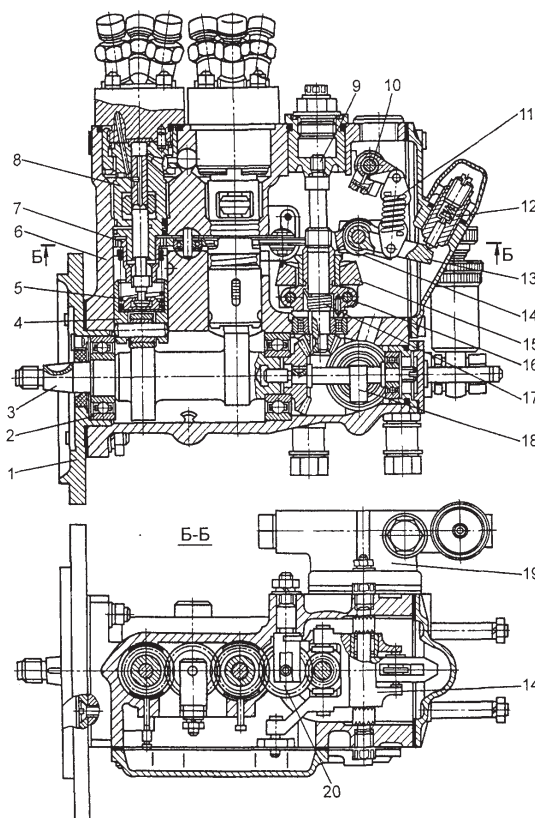


Рис. 1.6. Конструкция топливного насоса НД-22 без пневмокорректора:

1 - установочный фланец; 2 - подшипник; 3 - кулачковый вал; 4 - толкатель; 5 - пружина; 6 - корпус; 7 - зубчатая втулка; 8 - головка; 9 - валик регулятора; 10 - рычаг управления; 11 - пружина регулятора; 12 - корректор в сборе; 13 - рычаг корректора; 14 - вильчатый рычаг; 15 - груз; 16 - ступица грузов; 17 - упругое звено; 18 - валик привода подкачивающего насоса; 19 - подкачивающий насос; 20 - промежуточная шестерня.

1.3. Автоматические регуляторы частоты вращения ТНВД НД

Регулятор топливных насосов НД — механический, все-режимный, прямого действия. Он расположен в одном корпусе с топливным насосом. Валик 15 регулятора ТНВД НД-21 установлен на двух шариковых подшипниках (рис. 1.7, а и б). Ступица с грузами 12 связана с валом регулятора демпферной пружиной 14. Один конец пружины прикреплен к валу, другой — к ступице. Такое соединение предохраняет регулятор от влияния резких колебаний нагрузки на дизель. В случае поломки демпферной пружины ступица с грузами регулятора будет приводиться с помощью предохранительной шайбы 13 и штифта 14 (рис. 1.5).

При пуске дизеля рычаг управления 10 (рис. 1.7, а, схема I) устанавливается в среднее положение. Стартовая пружина 1 с помощью основного (вилчатого) рычага 11 преодолевает незначительную центробежную силу грузов и перемещает дозатор 3 по плунжеру 4 в сторону увеличения подачи топлива.

На максимальных оборотах холостого хода (рис. 1.7, а, схема II) грузы перемещают муфту 13 с вилчатым рычагом 11 вверх. Дозатор 3 с помощью тяги 16 и рычага 2 перемещается вниз, в сторону уменьшения цикловой подачи топлива.

Работа дизеля на режиме номинальной мощности и по регуляторной ветви при частоте вращения, большей $n_{ном}$, осуществляется при полностью нажатой педали управления. В этом случае рычаг управления 10 находится в положении, при котором рычаг 6 упирается в головку регулировочного винта 5 (рис. 1.7, б, схема III), а рычаг 9 корректора касается штока 8. Пружина регулятора 7 натягивается, и ее действие через вилчатый рычаг 11 уравновешивается центробежной силой грузов 12. При снижении нагрузки грузы расходятся, муфта 13 перемещается вверх и с помощью рычагов 11, 2 и тяги 16 передвигает дозатор в сторону уменьшения цикловой подачи топлива. При повышении нагрузки дозатор передвигается в сторону увеличения цикловой подачи. При кратковременной перегрузке (работа по внешней характеристике дизеля при частоте вращения, меньшей номинальной ($n_{ном}$), но большей, чем частота вращения, соответствующая максимальному крутящему моменту) рычаг управления 10 также прижимает рычаг 6 к головке регулировочного винта 5 (рис. 1.7, б, схема IV). Частота вращения коленчатого вала снижается, и

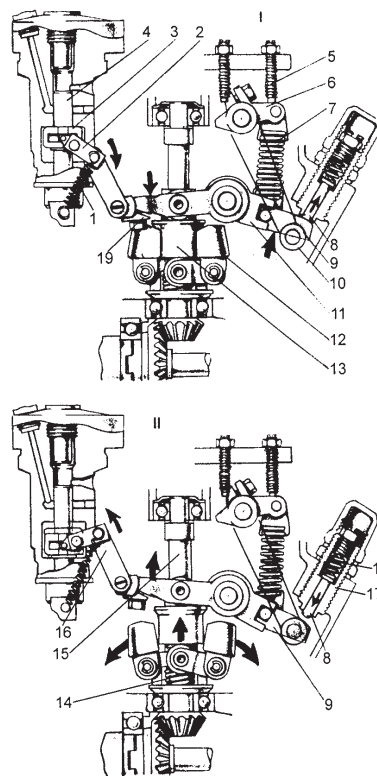


Рис. 1.7, а. Схемы работы регулятора топливного насоса НД на режиме пуска (схема I) и максимальной частоты вращения холостого хода (схема II): 1 - стартовая пружина; 2 - рычаг управления дозатором; 3 - дозатор; 4 - плунжер; 5 - регулировочный винт; 6 - рычаг пружины; 7 - пружина регулятора; 8 - шток корректора; 9 - рычаг корректора; 10 - рычаг управления регулятором; 11 - основной (вилчатый) рычаг; 12 - грузы; 13 - муфта регулятора; 14 - демпферная пружина; 15 - валик регулятора; 16 - тяга; 17 - корпус корректора; 18 - пружина корректора; 19 - стяжной болт эксцентрикового пальца.

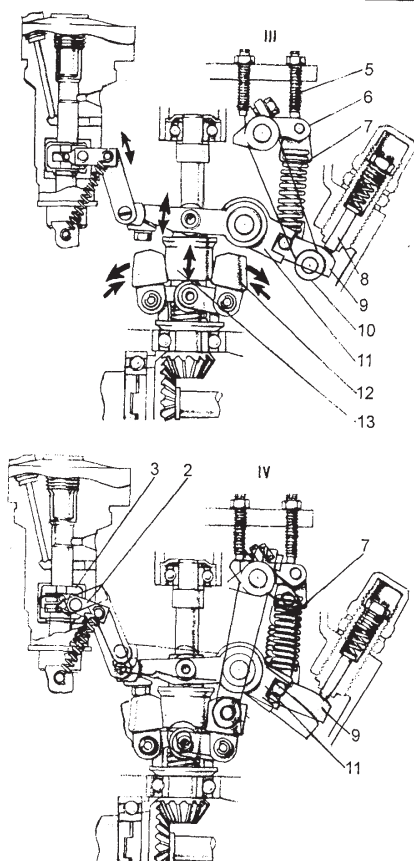


Рис. 1.7, б. Схемы работы регулятора топливного насоса НД на режимах: работы дизеля под нагрузкой (схема III), работы дизеля при перегрузке и при остановке дизеля (схема IV).

пружина 7 регулятора, преодолевая сопротивление пружины 18 корректора, через рычаг 9 корректора, рычаги 11, 2 и тягу 16 передвигают дозатор в сторону некоторого увеличения цикловой подачи. Таким образом осуществляется прямое корректирование внешней скоростной характеристики, позволяющее обеспечить заданный запас крутящего момента.

Остановка дизеля (рис. 1.7, б, схема IV, тонкие линии) осуществляется с помощью перемещения рычага управления 10 в крайнее левое положение. Рычаг 10 через пружину 7 действует на рычаги 9, 11, 2 и тягу 16, передвигая дозатор до упора вниз, в положение полного выключения подачи топлива.

Регулятор топливного насоса НД-22 в отличие от регулятора ТНВД НД-21 имеет дополнительные тяги для управления двумя дозаторами. Кроме того, на всех моделях НД-22 установлены пневматические корректоры по давлению наддува, а модели 58.1111004 оборудованы обратными (отрицательными) корректорами.

1.4. Проверка и регулировка насосов НД

Проверка и регулировка топливных насосов НД проводится на аттестованных универсальных стендах для испытания топливных насосов (КИ-15716, КИ-15736Ю, разработанных в ГОСНИТИ, а также на стендах фирм Фридман-Майер, Бош, Моторпал, Хартридж и других). Испытания и регулировку ТНВД НД рекомендуется выполнять в последовательности, приведенной в разделе 1.4. Это касается как насосов, взятых из эксплуатации, так и насосов, собранных после ремонта.

1.4.1. Подготовительные и проверочные операции

До установки насоса на стенд следует проверить отсутствие заеданий в различных механизмах при проворачивании вручную кулачкового вала и при проворачивании рычага управления.

После установки насоса на стенд проверяют отсутствие гидроударов (ударов в насосной секции, вызванных резким нарастанием давления топлива). Явление гидроудара может иметь место в начале нагнетания в случае, если распределительный паз плунжера еще не открыл распределительное окно втулки, или в конце нагнетания, когда распределительный паз плунжера

раньше начала отсечки закрыл окно втулки. Наличие гидроудара является следствием неправильной сборки ТНВД. Для его устранения необходимо скорректировать угловое положение плунжера относительно головки (провести «перезакрутку» насоса) [10].

Давление питания на входе во впускную полость насоса должно быть 0,18 МПа (1,8 кгс/см²) для насосов НД-21 и НДМ-21 и 0,12 МПа (1,2 кгс/см²) для НД-22. Также должен быть обеспечен свободный (без противодействия) слив топлива через клапан-демпфер.

Следует проверить также отсутствие течи топлива (масла) в местах соединений. Исключается поступление пузырьков воздуха в головку насоса.

Для насосов НД-22 при необходимости производят предварительное выравнивание подачи топлива между двумя секциями [10]. При необходимости следует обеспечить выравнивание подачи изменением длины регулировочной тяги 6, соединяющей рычаги управления дозаторами (см. рис. 1.8). Удлинение тяги 6 увеличивает подачу топлива первой секции (ближайшей к переднему концу кулачкового вала, то есть расположенной слева на рис. 1.8).

1.4.2. Проверка и настройка пусковой подачи

Пусковую подачу проверяют при частоте вращения 100^{±5} мин⁻¹ в соответствии с табл. 1.1—1.3. Изменить пусковую подачу можно поворотом эксцентрикового пальца, соединяющего основной (вилочный) рычаг 11 с тягой 20 при ослабленном стяжном болте 19 (рис. 1.7). После регулировки затянуть стяжной болт. При повороте эксцентрикового пальца вниз подача ТНВД НД-21 увеличивается. В насосе НД-22 (рис. 1.8) также необходимо ослабить стяжной болт 27 и поворачивать эксцентриковый палец 8, соединяющий основной рычаг 26 с тягой 9. Причем при повороте эксцентрикового пальца 8 вниз увеличивается подача второй секции (ближней к регулятору). При необходимости подачу первой секции можно изменять за счет длины регулировочной тяги 6 (рис. 1.8), как было описано в разделе 1.4.1.

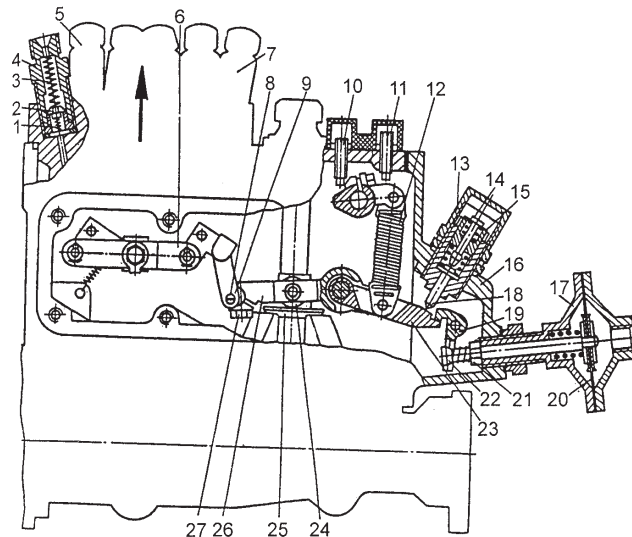


Рис. 1.8. Топливный насос НД-22 с пневмокоректором:

- 1 - пружина обратного клапана; 2 - нагнетательный клапан; 3 - пружина нагнетательного клапана; 4 - штуцер высокого давления; 5 - первая насосная секция; 6 - регулировочная тяга; 7 - вторая насосная секция; 8 - эксцентриковый палец; 9 - тяга; 10 - винт включения подачи; 11 - винт максимальной частоты вращения; 12 - пружина регулятора; 13 - механический корректор; 14 - ограничитель хода штока; 15 - регулировочный винт корректора; 16 - задняя крышка; 17 - пневмокоректор (ограничитель дымления); 18 - шток корректора; 19 - рычаг пневматического корректора; 20 - мембрана пневматического корректора; 21 - гайка; 22 - контргайка; 23 - рычаг корректора; 24 - подшипник основного рычага; 25 - муфта регулятора; 26 - основной рычаг регулятора; 27 - стяжной болт.

После настройки пусковой подачи необходимо проверить правильность функционирования насоса. Проверка предусматривает контроль: проворачивания подшипников основного рычага; подвижности деталей привода дозаторов; отсутствия гидроудара в насосных секциях. Гидроудара (см. раздел 1.4.1) в насосных секциях не должно быть. Проверку проводят в течение 30 - 60 с. при частоте вращения вала 50 - 70 мин⁻¹ и включенной подаче.

1.4.3. Предварительная настройка натяжения пружины регулятора

Следует иметь в виду, что в насосах НД натяжение пружины регулятора настраивают по изменению величины цикловой подачи (без наблюдения за перемещением муфты регулятора). Важно отметить, что последующие регулировки могут изменить настройку регулятора, поэтому в разделе 1.4.4 после регулировки номинального режима вновь рекомендуется провести контроль начала действия регулятора.

Необходимое натяжение пружины регулятора (предварительную настройку начала действия регулятора) по заданной подаче (см. табл. 1.1 - 1.3) устанавливают выворачиванием (заворачиванием) регулировочного винта 5 (рис. 1.7), ограничивающего положение рычага 10 управления максимальной частоты вращения, при вынутом (полностью вывернутом) корректоре 17 из крышки регулятора и частоте вращения приводного вала, соответствующей среднему значению частоты вращения начала действия регулятора (см. табл. 1.1 - 1.3). После настройки регулировочный винт должен быть законтрен контргайкой.

Для насосов НД-21 настройку натяжения пружины регулятора дополнительно контролируют величиной цикловой подачи топлива на режиме максимальной частоты вращения холостого хода согласно табл. 1.1 и 1.2. При необходимости изменяют число витков пружины (7, рис. 1.7) регулятора (в пределах одного витка).

Для насосов НД-22 настройку натяжения пружины регулятора дополнительно контролируют изменением частоты вращения при выключении подачи топлива регулятором. При необходимости регулируют частоту вращения вала, соответствующую выключению подачи, изменением числа витков пружины регулятора.

1.4.4. Регулировка подачи топлива на режиме номинальной мощности

Величину номинальной подачи следует регулировать заворачиванием (выворачиванием) корпуса 17 (рис. 1.7) механического корректора в крышку регулятора. При заворачивании корректора (и касании им рычага корректора) подача уменьшается. После регулировки корректор должен быть надежно законтрен контргайкой на крышке регулятора. Цикловые подачи и частоты вращения номинального режима указаны в табл. 1.1 - 1.3.

Неравномерность подачи между двумя насосными секциями ТНВД НД-22 регулируют изменением длины регулировочной тяги, соединяющей приводы дозаторов первой и второй секции (см. раздел 1.4.1). Неравномерность подачи топлива по цилиндрам для насосов НД-21 не должна превышать 4%, для насосов НД-22 - 5% на номинальном режиме.

Неравномерность возникает из-за неидентичности линий нагнетания, нестационарности процесса наполнения и отклонения от заданного углового положения фазы распределения.

Основным приемом корректировки цикловых подач топлива с целью уменьшения неравномерности в насосах НД является изменение параметров двойных нагнетательных клапанов в пределах допусков. Для проверки влияния узла нагнетательного клапана меняют местами штуцеры нагнетательных клапанов вместе с клапанными узлами линий нагнетания, имеющих наибольшую и наименьшую подачу (при перестановке протереть клапаны). Если заданная неравномерность не обеспечивается после перестановки штуцеров с нагнетательными клапанами, то проводят настройку неравномерности подбором деталей нагнетательного (или обратного) клапанов. При большем жиклере нагнетательного клапана, меньшей жесткости и длине пружины обратного клапана подача линии нагнетания будет меньше (за счет большего перепуска топлива при разгрузке линии высокого давления).

В случае если разница в цикловых подачах большая, уменьшают неравномерность путем большего смещения начала нагнетания относительно фазы распределения. При этом уменьшается вероятность появления влияния малых проходных сечений нагнетательного тракта в начале нагнетания. Перезакатку следует проводить согласно требованиям на сборку насосов типа НД [10].

Проверку отклонения угла начала впрыскивания на номинальном режиме проводят с использованием фазотаксочетчика или стробоскопа стенда относительно угла начала впрыскивания первого штуцера. Допустимое отклонение угла начала впрыскивания должно быть не более $\pm 40'$. При необходимости регулировки настройку проводят подбором компенсационных нижних тарелок 10 пружин плунжера (рис. 1.3).

После регулировки подачи топлива на номинальном режиме рекомендуется повторно проверить величину пусковой подачи.

Обязателен повторный контроль частоты вращения начала действия регулятора, который проводят сравнением средних подач при заданных частотах вращения. Номинальная и заданные (контрольные) частоты вращения начала действия регулятора приведены в табл. 1.3. Регулировку проводят натяжением пружины регулятора путем изменения положения винта 5 максимальной частоты вращения (рис. 1.7).

При регулировке следует помнить, что увеличение натяжения пружины регулятора увеличивает частоту вращения начала действия регулятора и уменьшает разность подач на втором контрольном и номинальном режимах (при регулировке неизменности номинальной подачи обеспечивается упором рычага корректора в шток корректора).

После регулировки частоты вращения начала действия регулятора проверить частоту вращения полного автоматического выключения подачи топлива регулятором (раздел 1.4.3).

1.4.5. Проверка и регулировка корректоров подачи топлива

Коэффициент положительного корректирования вычисляют путем деления средней цикловой подачи, замеренной на режиме максимального крутящего момента, на среднюю цикловую подачу на номинальном режиме. Величины коэффициента положительного корректирования приведены в табл. 1.1—1.3. Как видно из табл. 1.3, у насосов НД-22 рекомендуется также проверять диапазон начала действия положительного корректора. В случае несоответствия коэффициента корректирования требуемым значениям в насосах НД-22 следует осуществить настройку корректора.

В насосах НД-21 коэффициент положительного корректирования регулируют изменением натяжения пружины 18 корректора (рис. 1.7), а в насосах НДМ-21 — изменением хода штока 8 корректора. После завершения проверки положительного корректирования дополнительно проверяют подачу топлива на номинальном режиме.

корректора должно обеспечивать величину средней подачи топлива при выключении ограничителя дымления согласно табл. 1.2 и 1.3.

Проверку герметичности камеры пневмокорректора (ограничителя давления) проводят путем подачи в камеру за мембраной 20 воздуха под давлением не менее 0,12 МПа. Контроль давления начала отключения ограничителя дымления (начала срабатывания пневмокорректора) проводят при номинальной частоте вращения. Давление начала срабатывания пневмокорректора указано в табл. 1.2 и 1.3. Контроль давления конца отключения пневмокорректора проводят выборочно путем регистрации средних цикловых подач топлива на номинальной частоте вращения при давлениях в рабочей камере пневмокорректора $0,025 \pm 0,001$ МПа и $0,04 \pm 0,001$ МПа. Средняя подача при давлении 0,04 МПа должна быть равна средней подаче на номинальном режиме. Средняя подача при давлении 0,025 МПа должна быть меньше средней подачи при давлении 0,04 МПа не менее чем на $0,4 \text{ см}^3$ (за 200 циклов) [10].

Заключительные операции проверки ТНВД включают подтяжку ответственных соединений, слив масла из картера насоса и проверку герметичности внутренней полости ТНВД.

Отрицательный корректор установлен на насосах НД-22 модификаций 58.111004 (табл. 1.3). Коэффициент отрицательного корректирования вычисляется путем деления средней цикловой подачи топлива, замеренной при частоте вращения 600 ± 50 мин⁻¹, на величину средней подачи при $n = 750^{+50}_{-20}$ мин⁻¹. Величина коэффициента отрицательного корректирования должна быть не более 1,05. Конструктивно отрицательный корректор (антикорректор) располагается на основном (вильчатом) рычаге регулятора. При необходимости коэффициент отрицательного корректирования разрешается регулировать изменением предварительного натяжения пружины антикорректора (рис. 1.9). Затем необходимо проверить величину цикловой подачи на номинальном режиме.

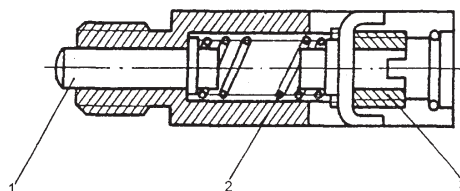


Рис. 1.9. Отрицательный корректор:
1 - штифт; 2 - пружина; 3 - регулировочный винт.

Корректор по давлению наддува (ограничитель дымления) устанавливается на большинстве выпускаемых в настоящее время насосов НД-22 и на насосе НДМ-21 модификации 54.111004-30. Все предшествующие регуляторы насоса, укомплектованного корректором по давлению наддува (пневмокорректором), выполняют при отключенном пневмокорректоре. После их завершения приступают к проверке и регулировке пневмокорректора.

Положение пневмокорректора 17 относительно крышки 16 регулятора настраивают на номинальной частоте вращения вала ТНВД выворачиванием (заворачиванием) пневмокорректора 17 из крышки 16 регулятора (рис. 1.8). Такая регулировка меняет положение рычагов 19, 23 и основного рычага 26, управляющего цикловой подачей топлива. Необходимое положение пневмо-

Регулировочные параметры топливных насосов НД-21

№	Наименование параметра	Модификация насоса (марка двигателя, на котором он устанавливается)				
		211.1111004 (Д-144-80)	211.1111001-14 (Д-144-32)	211.1111004-20 (Д-144-07)	212.1111004 (Д-21А2)	212.1111004-14 (Д-21А1)
1	Средняя пусковая подача при 100±5 мин ⁻¹ для 100 циклов, см ³	10 ⁻³	16 ⁻³	16 ⁻³	16 ^{-2,6}	16 ^{-2,6}
2	Показатели для настройки натяжения пружины регулятора:					
3	частота вращения, мин ⁻¹	810±5	910±5	1010±5	910±5	910±5
4	средняя подача топлива по линиям магистралей, см ³	22,4±0,2	23,2±0,2	20,4±0,2	23,6±0,2	20,4±0,2
5	Частота вращения начала действия регулятора, мин ⁻¹ :					
6	первая контрольная	810±2	910±5	1010±5	810±5	910±5
7	вторая контрольная	805±2	905±2	1005±2	805±2	905±2
8	уменьшение средней подачи по линиям нагнетания на контрольной подаче при номинальной частоте вращения за 400 циклов, см ³ :	825±2	925±2	1025±2	825±2	925±2
9	на первой контрольной частоте вращения (не более)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
10	на второй контрольной частоте вращения (не менее)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
11	Режим максимального крутящего момента:					
12	частота вращения, мин ⁻¹	600 ⁺⁵⁰	650 ⁺⁵⁰	750 ⁺⁵⁰	600 ⁺⁵⁰	650 ⁺⁵⁰
13	коэффициент полезного использования	1,12 - 1,18	1,12 - 1,18	1,12 - 1,18	1,12 - 1,18	1,12 - 1,18
14	Частота вращения полного автоматического выключения подачи					
15						

Таблица 1.2

Регулировочные параметры четырехступенных односекционных топливных насосов НДМ-21

№	Наименование параметра	Модификация насоса (марка дизеля, на котором он устанавливается)									
		53.1111004-10 (D-120)	53.1111001-70 (D-21A)	53.1111004-40 (D-21A)	53.1111004-60 (D-21A)	54.1111004-40 (D-144-07)	54.1111004-50 (D-144-32)	54.1111004-60 (D-144-32)	54.1111004-70 (D-144-32)	54.1111004-80 (D-144-32)	54.1111004-90 (D-144-32)
1	Средняя пусковая подача при 100-15 мин ⁻¹ за 100 циклов, см ³	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Средняя пусковая подача при 100-15 мин ⁻¹ за 100 циклов, см ³	16 (не менее)	16 ⁺³	16 ⁺³	16 ⁺³	16 ⁺³	16 ⁺³	16 ⁺³	16 ⁺³	16 ⁺³	16 (не менее)
2	Показатели для настройки натяжения пружины регулятора: частота вращения, мин ⁻¹ ; средняя подача топлива по линиям нагнетания, см ³	1010±5	910±5	910±5	910±5	1010±5	910±5	910±5	910±5	810±5	1010±5
3	Показатели для настройки номинального режима: частота вращения, мин ⁻¹ ; средняя подача топлива по линиям нагнетания, см ³	23,6±0,3 за 400 циклов	24,2±0,3 за 400 циклов	20,6±0,3 за 400 циклов	20,8±0,3 за 400 циклов	23,2±0,3 за 400 циклов	23,2±0,3 за 400 циклов	23,2±0,3 за 400 циклов	23,2±0,3 за 400 циклов	22,6±0,3 за 400 циклов	20,6±0,3 за 300 циклов
4	Частота вращения начала действия регулятора, мин ⁻¹ ; первая контрольная вторая контрольная третья контрольная частота вращения, мин ⁻¹	1000±5	900±5	900±5	900±5	1000±5	900±5	900±5	900±5	800±5	1000±5
5	Частота вращения начала действия регулятора, мин ⁻¹ ; первая контрольная вторая контрольная третья контрольная частота вращения, мин ⁻¹	1010±5	910±5	910±5	910±5	1010±5	910±5	910±5	910±5	810±5	1010±5
6	Частота вращения начала действия регулятора, мин ⁻¹ ; первая контрольная вторая контрольная третья контрольная частота вращения, мин ⁻¹	1005±2	905±2	905±2	905±2	1005±2	905±2	905±2	905±2	805±2	1005±2
7	Частота вращения начала действия регулятора, мин ⁻¹ ; первая контрольная вторая контрольная третья контрольная частота вращения, мин ⁻¹	1025±2	925±2	925±2	925±2	1025±2	925±2	925±2	925±2	825±2	1025±2
8	Уменьшение средней подачи по линиям нагнетания на контрольной частоте вращения по сравнению с подачей при номинальной частоте вращения за 400 циклов, см ³	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
9	Уменьшение средней подачи по линиям нагнетания на контрольной частоте вращения по сравнению с подачей при номинальной частоте вращения за 400 циклов, см ³	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Продолжение таблицы 1.2

1	Режим максимального крутящего момента: частота вращения, мин ⁻¹	750 ⁺⁵⁰	650 ⁺⁵⁰	650 ⁺⁵⁰	650 ⁺⁵⁰	750 ⁺⁵⁰	650 ⁺⁵⁰	650 ⁺⁵⁰	650 ⁺⁵⁰	600 ⁺⁵⁰	750 ⁺⁵⁰
2	Коэффициент положительного корректирования	1,12 - 1,20	1,12 - 1,18	1,12 - 1,18	1,12 - 1,18	1,12 - 1,18	1,12 - 1,18	1,12 - 1,18	1,12 - 1,18	1,12 - 1,18	1,12 - 1,20
3	Частота вращения полного автоматического выключения подачи топлива регулятором, мин ⁻¹	1060 - 1115	965 - 1000	970 - 1005	1065 - 1100	965 - 1000	965 - 1000	965 - 1000	965 - 1000	860 - 890	1060 - 1120
4	Средняя подача топлива по линиям нагнетания при включенном ограничителе дымления на номинальном режиме за 300 циклов, см ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,2±0,3
5	Давление начала отключения ограничителя дымления, МПа (кгс/см ²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,013-0,017 (0,13-0,17)

Таблица 1.3

Регулировочные параметры топливных насосов НД-22

№	Наименование параметра	Модификация насоса (марка дизеля, на котором он устанавливается)									
		221.1111004-10 (СМД-60, СМД-68, СМД-69Д)	221.1111003-10 (СМД-62)	221.1111004-20 (СМД-62Т)	221.1111003-20 (СМД-64)	221.1111004-40 (СМД-72)	221.1111003-50 (СМД-72)	58.1111004-43 (СМД-31, СМД-32)	58.1111004-50 (СМД-31, СМД-32)	58.1111004-10 (СМД-31А, СМД-32А)	58.1111004-13 (СМД-31А, СМД-32А)
1	Средняя пусковая подача при 100-15 мин ⁻¹ за 100 циклов, см ³	20 ⁺³	20 ⁺³	20 ⁺³	20 ⁺³	20 ⁺³	20 ⁺³	20 ⁺³	20 ⁺³	20 ⁺³	20 ⁺³
2	Показатели для настройки натяжения пружины регулятора: частота вращения, мин ⁻¹ ; средняя подача топлива по линиям нагнетания, см ³	1030±2	1080±2	1080±2	980±2	1080±2	1080±2	1020±2	1020±2	1020±2	1020±2
3	Показатели для настройки номинального режима: частота вращения, мин ⁻¹ ; средняя подача топлива по линиям нагнетания, см ³	1000±5	1050±5	1050±5	950±5	1050±5	1050±5	1000±5	1000±5	1000±5	1000±5
4	Частота вращения начала действия регулятора, мин ⁻¹ ; первая контрольная вторая контрольная третья контрольная частота вращения, мин ⁻¹	1030±5	1080±5	1080±5	980±5	1080±5	1080±5	1020±5	1020±5	1020±5	1020±5
5	Частота вращения начала действия регулятора, мин ⁻¹ ; первая контрольная вторая контрольная третья контрольная частота вращения, мин ⁻¹	1025±2	1075±2	1075±2	975±2	1075±2	1075±2	1015±2	1015±2	1015±2	1015±2
6	Частота вращения начала действия регулятора, мин ⁻¹ ; первая контрольная вторая контрольная третья контрольная частота вращения, мин ⁻¹	1045±2	1095±2	1095±2	995±2	1095±2	1095±2	1035±2	1035±2	1035±2	1035±2
7	Уменьшение средней подачи по линиям нагнетания на контрольной частоте вращения по сравнению с подачей при номинальной частоте вращения за 400 циклов, см ³	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
8	Уменьшение средней подачи по линиям нагнетания на контрольной частоте вращения по сравнению с подачей при номинальной частоте вращения за 400 циклов, см ³	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0
9	Уменьшение средней подачи по линиям нагнетания на контрольной частоте вращения по сравнению с подачей при номинальной частоте вращения за 400 циклов, см ³	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0

Продолжение табл. 1.3

1	Коэффициент положительного корректирования	1,20-1,25	1,20-1,25	1,20-1,25	1,152-1,25	1,15 - 1,25	1,05 - 1,10	1,05 - 1,10	1,05 - 1,10	1,05 - 1,10	1,05 - 1,10
2	Диапазон начала действия регулятора, мин ⁻¹	900-975	950 - 1025	950-1025	850 - 925	950 - 1025	900 - 975	900 - 975	900 - 975	900 - 975	900 - 975
3	Частота вращения полного автоматического выключения подачи топлива регулятором, мин ⁻¹	1080 ⁺⁵⁰	1130 ⁺⁵⁰	1130 ⁺⁵⁰	1020 ⁺⁴⁰	1120 ⁺⁴⁰	1075 (не более)	1075 (не более)	1075 (не более)	1075 (не более)	1075 (не более)
4	Средняя подача топлива по линиям нагнетания при включенном ограничителе дымления на номинальном режиме за 300 циклов, см ³	13,2 ^{+0,2}	13,2 ^{+0,2}	13,2 ^{+0,2}	12,8 ^{+0,2}	19,8 ^{+0,2}	19,1 ^{+0,2}	19,1 ^{+0,2}	19,1 ^{+0,2}	17,7 ^{+0,2}	17,7 ^{+0,2}
5	Давление начала отключения ограничителя дымления, МПа (кгс/см ²)	0,013 - 0,017 (0,13 - 0,17)	0,013 - 0,017 (0,13 - 0,17)	0,013 - 0,017 (0,13 - 0,17)	0,013 - 0,017 (0,13 - 0,17)	0,013 - 0,017 (0,13 - 0,17)	0,013 - 0,017 (0,13 - 0,17)	0,013 - 0,017 (0,13 - 0,17)	0,013 - 0,017 (0,13 - 0,17)	0,013 - 0,017 (0,13 - 0,17)	0,013 - 0,017 (0,13 - 0,17)

2. ОДНОПЛУНЖЕРНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ НАСОСЫ VE

2.1. Конструкция топливного насоса BOSCH VE

2.1.1. Общее устройство насоса BOSCH VE

Принципиальная схема системы топливоподачи дизеля с одноплунжерным распределительным ТНВД с торцевым кулачковым приводом плунжера показана на рис. 2.1. Топливо из бака 1 низкого давления прокачивается по трубопроводу 2 в топливный фильтр тонкой очистки топлива 3, откуда засасывается топливным насосом низкого давления и затем направляется во внутреннюю полость корпуса ТНВД 4, где создается давление порядка 0,2 - 0,7 МПа. Далее топливо поступает в насосную секцию высокого давления и с помощью плунжера -распределителя в соответствии с порядком работы цилиндров подается по топливопроводам высокого давления 5 в форсунки 6, в результате чего осуществляется впрыскивание топлива в камеру сгорания дизеля. Избыточное топливо из корпуса ТНВД, форсунки и топливного фильтра (в некоторых конструкциях) сливается по топливопроводам 7 обратно в топливный бак. Охлаждение и смазка ТНВД осуществляются циркулирующим в системе топливом. Фильтр тонкой очистки топлива имеет важное значение для нормальной и безаварийной работы ТНВД и форсунки. Поскольку плунжер, втулка, нагнетательный клапан и элементы форсунки являются деталями прецизионными, топливный фильтр должен задерживать мельчайшие абразивные частицы размером 3 - 5 мкм. Важной функцией фильтра является также задержание и выведение в осадок воды, содержащейся в топливе. Попадание влаги во внутреннее пространство насоса может привести к выходу последнего из строя по причине образования коррозии. Задержанная фильтром вода собирается в коллекторе, откуда должна периодически удаляться, обычно когда ее объем достигает 140 см³, о чем сигнализирует контрольная лампа датчика уровня.

Топливный насос подает в цилиндры дизеля строго дозированное количество топлива под высоким давлением в определенный момент времени в зависимости от нагрузки и скоростного режима. Поэтому характеристики двигателя существенно зависят от работы ТНВД. Основные функциональные блоки топливного насоса VE показаны на рис. 2.2 и представляют собой:

- 1) роторно-лопастной топливный насос низкого давления с регулирующим перепускным клапаном;
- 2) блок высокого давления с распределительной головкой и дозирующей муфтой;
- 3) автоматический регулятор частоты вращения с системой рычагов и пружин;
- 4) автоматическое стоп-устройство - электромагнитный клапан для перекрытия впускного окна (в вариантах конструкции возможна установка механического устройства);
- 5) автоматическое устройство (автомат) изменения угла опережения впрыскивания топлива.

Распределительный ТНВД VE может также быть оснащен различными дополнительными устройствами, например, корректорами топливоподачи или ускорителем холодного пуска, которые позволяют индивидуально адаптировать ТНВД к особенностям данного дизеля. Применение, конструкция и работа этих устройств рассматривается в 2.3. Более подробно устройство топливного насоса VE показано на рис. 2.3.

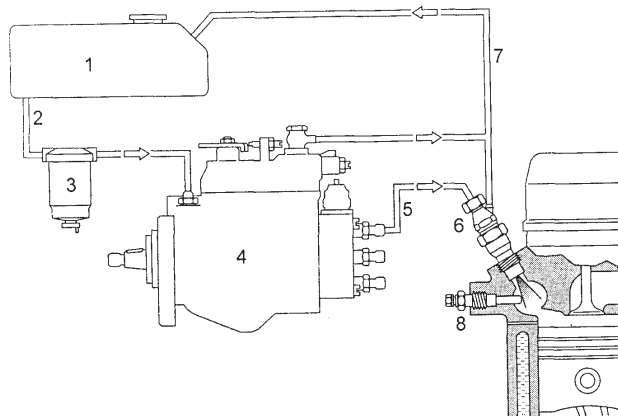


Рис. 2.1. Схема системы топливоподачи дизеля:

- 1 - топливный бак; 2 - топливопровод; 3 - фильтр тонкой очистки топлива; 4 - ТНВД; 5 - ЛВД; 6 - форсунка; 7 - линия слива топлива; 8 - свеча накаливания.

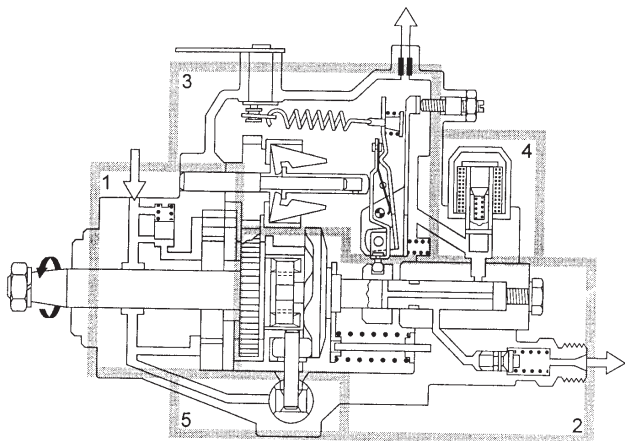


Рис. 2.2. Схема топливного насоса - Bosch VE с обозначением функциональных блоков:

- 1 - топливный насос низкого давления с перепускным клапаном; 2 - блок высокого давления; 3 - регулятор частоты вращения; 4 - электромагнитный клапан остановки двигателя; 5 - автомат опережения впрыскивания топлива.

Вал привода 2 топливного насоса расположен внутри корпуса ТНВД, на валу установлен ротор 1 топливного насоса низкого давления и шестерня привода вала регулятора с грузами 4. За валом 2 неподвижно в корпусе насоса установлено кольцо с роликами 11 и штоком 12 привода автомата опережения впрыскивания топлива 13. Привод вала ТНВД осуществляется от коленчатого вала дизеля шестеренчатой или ременной передачей. В четырехтактных двигателях частота вращения вала ТНВД составляет половину от частоты вращения коленчатого вала, и работа распределительного ТНВД осуществляется таким образом, что поступательное движение плунжера синхронизировано с движением поршней в цилиндрах дизеля, а вращательное обеспечивает распределение топлива по цилиндрам. Поступательное движение обеспечивается кулачковой шайбой 10 (рис. 2.3), а вращательное - валом топливного насоса.

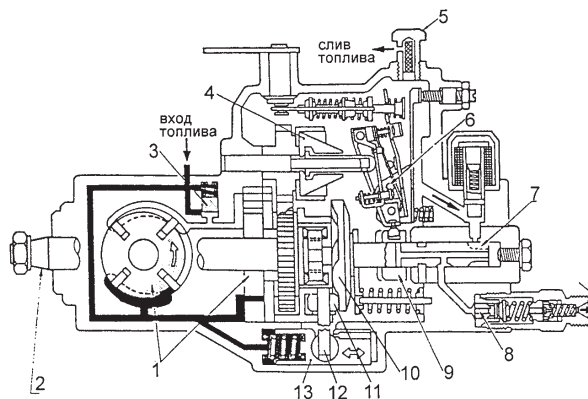


Рис. 2.3. Схема топливного насоса - Bosch VE:

- 1 - насос низкого давления; 2 - вал ТНВД; 3 - перепускной клапан регулирования низкого давления; 4 - грузы регулятора; 5 - штуцер с дросселем на выходе из насоса; 6 - система рычагов; 7 - плунжер; 8 - нагнетательный клапан; 9 - дозирующая муфта; 10 - кулачковая шайба; 11 - ролик; 12 - цапфа автомата опережения впрыска топлива; 13 - поршень автомата опережения впрыска топлива.

Автоматический регулятор частоты вращения (блок 3 на рис. 2.2) включает в себя центробежные грузы 4 (рис. 2.3), которые через муфту регулятора и систему рычагов воздействуют на дозатор 9 (рис. 2.3), изменяя таким образом величину топливоподачи в зависимости от скоростного и нагрузочного режимов дизеля. Корпус ТНВД закрыт сверху крышкой, в которой установлена ось рычага управления, связанного с педалью акселератора.

Автомат опережения впрыскивания топлива (блок 5 на рис. 2.2) является гидравлическим устройством, работа которого определяется давлением топлива во внутренней полости ТНВД, создаваемым топливным насосом низкого давления с регулирующим перепускным клапаном 3 (рис. 2.3). Кроме того, заданный уровень давления внутри корпуса ТНВД поддерживается дросселем 5 в штуцере для выхода избыточного топлива из корпуса ТНВД.

2.1.2. Роторно-лопастной подкачивающий насос и система низкого давления

Топливный насос низкого давления расположен в корпусе ТНВД на приводном валу и служит для забора топлива из бака и подачи его во внутреннюю полость корпуса насоса. Схема устройства топливного насоса низкого давления с перепускным клапаном показана на рис. 2.4.

Насос состоит из ротора 2 с четырьмя лопастями 3 и кольца 1 в корпусе ТНВД, расположенного эксцентрично по внешней стороне ротора. При вращении последнего лопасти под действием центробежной силы прижимаются к внутренней поверхности кольца, создавая таким образом камеры между ними, из которых топливо под давлением по каналу поступает во внутреннюю полость корпуса ТНВД. Одновременно часть топлива поступает на вход перепускного регулирующего клапана 5 и, в случае его открытия, перепускается на вход насоса. Корпус 6 перепускного регулирующего клапана завернут по резьбе в корпус ТНВД, внутри корпуса имеется поршень 9, нагруженный тарированной на определенное давление пружиной 8, второй конец которой упирается в пробку 7. Если давление топлива оказывается выше установленного значения, поршень 9 клапана открывает канал для перепуска части топлива на всасывающую сторону насоса. Давление начала открытия перепускного клапана регулируется изменением положения пробки 7, т.е. величиной предварительной затяжки пружины 8.

Важную роль в обеспечении нормальной работы дизеля играет сливной дроссель, установленный в штуцере в крышке ТНВД (позиция 5 на рис. 2.3). Жиклер диаметром порядка 0,6 мм, через который топливо идет на слив, обеспечивает поддержание требуемого давления топлива во внутренней полости корпуса ТНВД. Очевидно, что размер дросселя скоординирован с работой перепускного клапана.

Перепускной клапан 5 (рис. 2.4) в сочетании со сливным дросселем 5 (рис. 2.3) обеспечивает заданную зависимость разности давлений топлива в корпусе ТНВД и на выходе насоса низкого давления от частоты вращения вала ТНВД. Количество топлива, подаваемого насосом низкого давления, в несколько раз больше подаваемого в цилиндры дизеля. Давление топлива во внутренней полости корпуса ТНВД влияет на положение

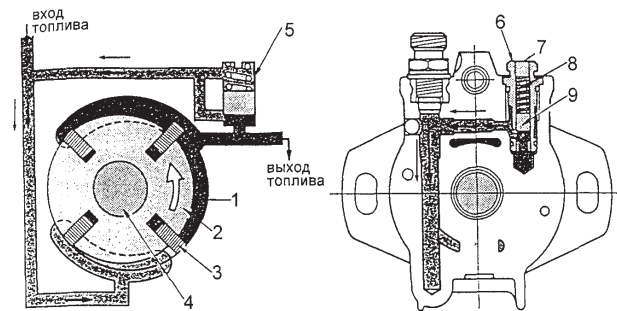


Рис. 2.4. Топливный насос низкого давления и регулирующий клапан: 1 - кольцевая полость; 2 - ротор; 3 - лопасти; 4 - вал; 5 - перепускной регулирующий клапан; 6 - корпус клапана; 7 - резьбовая пробка; 8 - пружина; 9 - плунжер.

поршня автомата опережения впрыскивания, изменяя угол опережения впрыскивания пропорционально частоте вращения коленчатого вала двигателя.

2.1.3. Плунжер-распределитель и линия высокого давления

Основным элементом, создающим высокое давление топлива в ТНВД и распределяющим топливо по цилиндрам дизеля, является плунжер (7 на рис. 2.3), который совершает возвратно-поступательное и вращательное движение по схеме:

двигатель → вал ТНВД → кулачковая шайба → плунжер

Путь топлива по насосу и элементы, обеспечивающие работу плунжера-распределителя, показаны на рис. 2.5. Выступы-кулачки кулачковой шайбы 4 находятся в постоянном контакте с роликами 3, установленными на осях в неподвижном кольце 2. При вращении кулачковой шайбы каждый кулачок, набегая на ролик, толкает плунжер вправо (рис. 2.5, 2.6), а возвращение его в прежнее положение осуществляется двумя пружинами 5 (рис. 2.6). Рис. 2.6 содержит также более подробную спецификацию

нагнетательного блока ТНВД. Количество кулачков на кулачковой шайбе, как и число штуцеров 2 линии высокого давления с нагнетательными клапанами 4, соответствует числу цилиндров двигателя: обычно четыре или шесть. Возвратные пружины плунжера, кроме того препятствуют разрыву кинематической связи кулачок-ролик толкателя при больших ускорениях. Обеспечивая возвратно-поступательное движение плунжера, кулачковая шайба формой выступов-кулачков определяет также ход плунжера и скорость его перемещения и, следовательно, характеристику давления и продолжительность впрыскивания. Все эти параметры, в свою очередь, определяются формой камеры сгорания и особенностями рабочего процесса данного дизеля и должны быть, таким образом, скоординированы. По этой причине для каждого типа дизеля рассчитывается лента профиля кулачков, которая «накладывается» на фронтальную поверхность кулачковой шайбы, установленной в ТНВД. Поэтому кулачковая шайба данного насоса является деталью невзаимозаменяемой, индивидуально соответствующей данному типу дизеля.

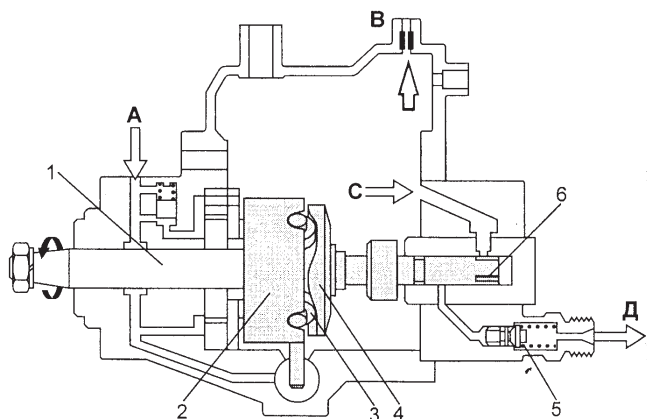


Рис. 2.5. Схема движения топлива в ТНВД:

А - вход топлива в насос; В - выход топлива на слив; С - подача топлива плунжеру; Д - выход топлива к форсунке; 1 - вал; 2 - кольцо с роликами; 3 - ролик; 4 - кулачковая шайба; 5 - пружина; 6 - плунжер.

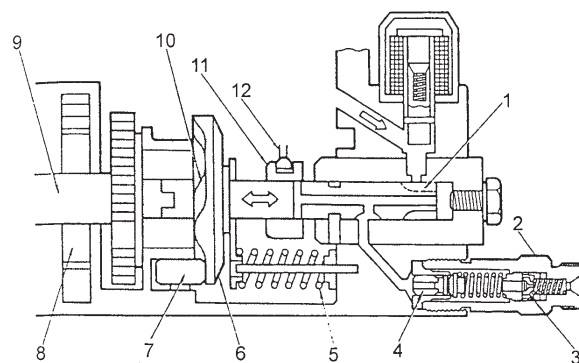


Рис. 2.6. Схема перемещения плунжера:

1 - плунжер; 2 - корпус нагнетательного клапана; 3 - клапан-дроссель обратного хода (демпфирующий клапан); 4 - нагнетательный клапан; 5 - возвратная пружина; 6 - кулачковая шайба; 7 - ролик; 8 - насос низкого давления; 9 - вал; 10 - кулачок; 11 - дозирующая муфта; 12 - наконечник рычага регулятора.

Плунжер ТНВД создает высокое давление топлива и распределяет его по цилиндрам при осуществлении следующих функциональных этапов процесса топливоподачи: впуск топлива, активный ход плунжера и впрыскивание топлива (нагнетание), отсечка подачи, процесс закрытия нагнетательного клапана и разгрузка линии высокого давления.

Процессы впуска и нагнетания топлива иллюстрируются на рис. 2.7 а, б.

Для осуществления процесса топливоподачи в плунжере 1 выполнены впускные прорези и центральный канал для прохода топлива, распределительный паз 7 и канал для перетекания топлива (3 на рис. 2.8). Канал 8 служит для подачи топлива к нагнетательному клапану 6. В течение процесса впуска (рис. 2.7, а) плунжер движется в сторону своей нижней мертвой точки (НМТ), при этом выходное отверстие впускного канала 3 совмещается в результате вращения плунжера с впускной прорезью 4, и топливо поступает в камеру высокого давления 5 и в центральный канал в

плунжере. Процесс впуска заканчивается, когда отверстие впускного канала 3 перекрывается плунжером при его вращении, одновременно плунжер начинает перемещаться к ВМТ, сжимая топливо и осуществляя нагнетание. Когда распределительный паз 7 совмещается с каналом 8, топливо под высоким давлением поднимает нагнетательный клапан и поступает по топливопроводу высокого давления к форсунке, через которую впрыскивается в камеру сгорания дизеля.

Активный ход плунжера, определяющий цикловую подачу топлива, зависит от момента, когда канал отсечки подачи в плунжере (1 на рис. 2.8) выходит за пределы дозирующей муфты 2, и топливо из камеры высокого давления по центральному каналу и каналу 1 выходит во внутреннюю полость корпуса насоса.

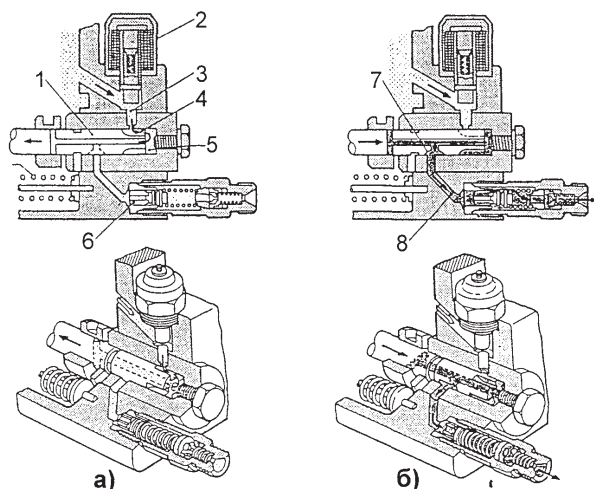


Рис. 2.7. Схема процесса подачи топлива при впуске и нагнетании:

а - впуск топлива; б - нагнетание топлива; 1 - плунжер; 2 - соленоид клапана включения подачи; 3 - впускное отверстие; 4 - прорезь для впуска топлива; 5 - камера высокого давления; 6 - нагнетательный клапан; 7 - распределительный паз; 8 - канал подачи топлива к нагнетательному клапану.

сжатие топлива с последующим впрыскиванием. Этот процесс был разобран выше.

Если же коленчатый вал двигателя и, соответственно, плунжер начинают вращаться в обратном направлении, впускное отверстие открывается при ходе сжатия, заставляя топливо из полости высокого давления перетекать через впускной канал во внутреннюю полость корпуса насоса, как это показано на рис. 2.9, б. В этом случае давление топлива не может повышаться, следовательно, впрыскивания топлива не происходит, и двигатель немедленно останавливается.

В плунжере некоторых моделей ТНВД VE выполнена кольцевая канавка 1, расположенная непосредственно за впускными прорезями 2, как показано на рис. 2.10. В этом случае при работе насоса во время процесса впуска топливо заполняет объемы всех прорезей, в том числе и тех, в которых в данный момент не имеет место такт впуска. Таким образом, кольцевая канавка улучшает наполнение полости между плунжером и гильзой, что особенно важно для ТНВД, рассчитанных на высокие цикловые подачи топлива.

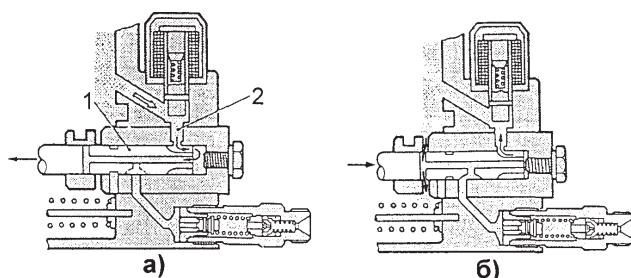


Рис. 2.9. Схема защиты от обратного вращения:

а - нормальное вращение; б - обратное вращение; 1 - плунжер; 2 - впускное отверстие.

при этом давление подачи резко падает, и впрыскивание топлива прекращается, как это показано на рис. 2.8, б. После отсечки подачи топлива по каналу 3 перетекает из линии высокого давления во внутреннюю полость ТНВД, обеспечивая разгрузку ЛВД и быструю посадку нагнетательного клапана на седло. Этот процесс показан на рис. 2.8, б. Далее, при совершении вращательного и поступательного движений плунжера процесс топливоподачи повторяется по отношению к другим цилиндрам, в соответствии с порядком их работы. Положение дозирующей муфты насоса, определяющее активный ход плунжера и, следовательно, величину цикловой подачи, зависит от режима работы двигателя. На рис. 2.9 а, б показана схема действия антиреверсного механизма насоса VE. Если плунжер 1 вращается в нормальном направлении, то открывается впускное отверстие 2, позволяя топливу поступать во внутреннюю полость. Далее при движении плунжера к верхней мертвой точке (ВМТ), т.е. вправо на рисунке, происходит

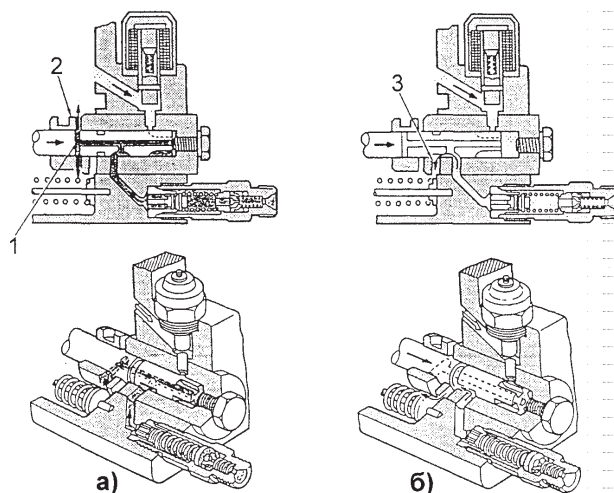


Рис. 2.8. Схема процессов отсечки и слива топлива из ЛВД:

а - отсечка канала; б - слив топлива из ЛВД; 1 - канал отсечки подачи; 2 - дозатор (дозировочная муфта); 3 - канал перетекания топлива из ЛВД (линия высокого давления).

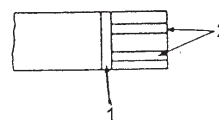


Рис. 2.10. Плунжер с дополнительной кольцевой канавкой: 1 - кольцевая канавка; 2 - прорези для впуска топлива.

Рассмотренные выше процессы топливоподачи в плунжере-распределителе целесообразно проанализировать с помощью комплексной схемы на рис. 2.11. На верхней схеме (рис. 2.11, а) показан процесс впуска, когда плунжер 1 находится в НМТ. Затем осуществляется процесс сжатия и подачи топлива в линию высокого давления через распределительный паз 2 в плунжере (рис. 2.11, б). Впускное отверстие при этом закрыто плунжером.

Конец активного хода определяется моментом открытия отверстий канала 6, т.е. положением дозирующей муфты (рис. 2.11, в). Топливо при этом выходит во внутреннюю полость насоса, и нагнетание прекращается. При дальнейшем повороте плунжера и движении к НМТ впускное отверстие совмещается с соответствующей прорезью в плунжере, и топливо поступает в камеру высокого давления и центральный канал (рис. 2.11, г). Процесс формирования заряда топлива и последующего впрыскивания происходит в течение поворота плунжера на 90° в четырехцилиндровом дизеле, 72° в пятицилиндровом и на 60° в шестицилиндровом.

2.1.4. Нагнетательные клапаны в линии высокого давления

Нагнетательный клапан разъединяет линию высокого давления (штуцер ТНВД, топливная трубка высокого давления и форсунка) и полость высокого давления в насосе. Нагнетательный клапан обеспечивает разгрузку линии высокого давления сразу после окончания впрыскивания топлива, предотвращая тем самым подвпрыски топлива, регулирует остаточное (начальное) давление в нагнетательном топливопроводе и корректирует скоростную характеристику топливоподачи. Схема нагнетательного клапана показана на рис. 2.12.

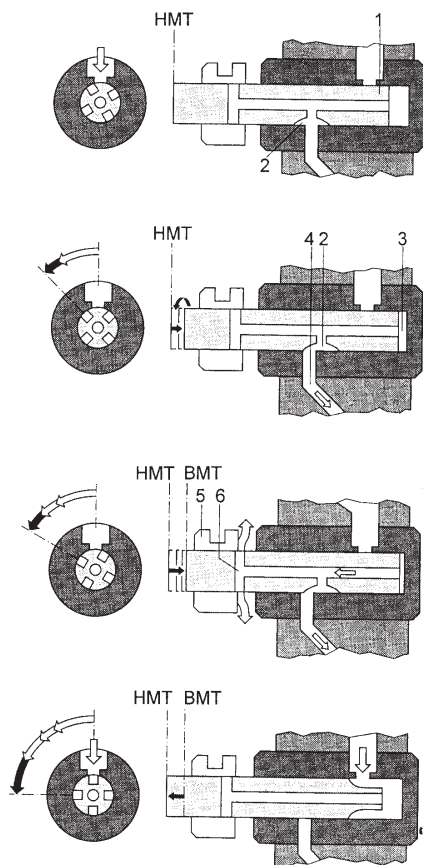


Рис. 2.11. Фазы процесса топливоподачи:

1 - плунжер; 2 - прорезь распределительная; 3 - камера высокого давления; 4 - канал; 5 - дозирующая муфта; 6 - отверстие отсечки подачи.

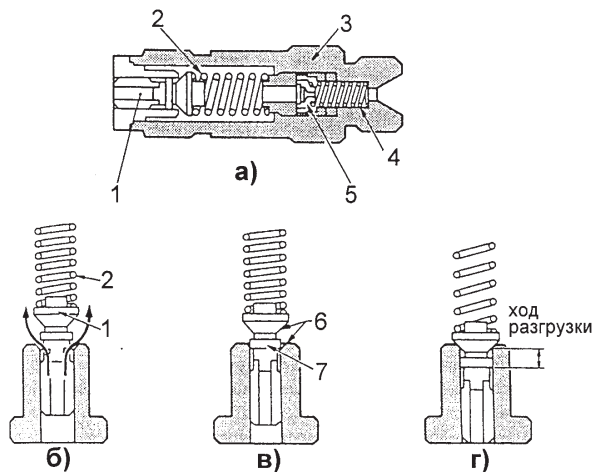


Рис. 2.12. Штуцер ТНВД в сборе с нагнетательным клапаном и клапаном-дросселем обратного потока:

а - нагнетательный клапан в сборе; б - фаза впрыска; в - процесс разгрузки; г - посадка клапана в седло; 1 - нагнетательный клапан; 2 - пружина клапана; 3 - корпус нагнетательного клапана; 4 - пружина клапана-дросселя обратного потока; 5 - клапан-дроссель обратного хода; 6 - посадочные поверхности клапана; 7 - разгрузочный пояс.

Нагнетательный клапан 1 грибового типа открывается давлением топлива во время активного хода плунжера и прижимается к седлу пружины 2 во время процессов слива топлива из ЛВД и наполнения.

В конце процесса впрыскивания топлива при посадке иглы форсунки на седло в линии высокого давления возникают прямые и отраженные волны давления, которые могут приводить к повторным впрыскиваниям. Негативные последствия этого явления заключаются в закоксовывании сопловых отверстий форсунок из-за появления капель топлива с последующим нарушением процесса сгорания и в появлении дыма и токсичных составляющих в отработавших газах двигателя. С целью устранения под-

впрыскиваний нагнетательный клапан имеет разгрузочный пояс 7 (рис. 2.12). При отсечке подачи клапан начинает садиться на седло и в положении, показанном на рис. 2.12, в разгрузочный пояс 7 отсасывает топливо из линии высокого давления, обеспечивая тем самым быстрое прекращение впрыскивания, отсутствие подвпрысков и формируя определенный уровень остаточного (начального) давления в линии высокого давления. На рис. 2.12, г) клапан показан в закрытом положении, стрелками обозначен ход клапана от начала действия разгрузочного пояса, т.е. ход разгрузки. В простейшем исполнении штуцер ТНВД не включает в себя клапан-дроссель обратного потока 5 (рис. 2.12) и состоит только из собственно клапана 1 и пружины 2, установленных внутри корпуса штуцера 3.

Необходимость установки клапан-дросселя обратного потока возникает в тех случаях, когда действия разгрузочного пояса нагнетательного клапана бывает недостаточно для устранения подвпрыскивания топлива (как правило, при высоких частотах вращения в сочетании с увеличенным остаточным давлением). В этих случаях быстрая посадка нагнетательного клапана генерирует волну сжатия, которая, несмотря на действия разгрузочного пояса, может сформировать дополнительное впрыскивание топлива. Для предотвращения этих явлений в корпус 3 штуцера устанавливается клапан с дросселем 5 и с пружиной 4, составляющие клапан-дроссель обратного потока (рис. 2.12, а). Наличие такого демпфирующего клапана делает процесс разгрузки линии высокого давления более плавным, исключая указанные выше негативные явления.

Топливные трубки высокого давления подобраны к данному типу насоса и к данному дизелю в соответствии с требованиями к процессу топливоподачи и не должны меняться местами при проведении технического обслуживания, также должны быть исключены резкие изгибы трубопровода. Радиус кривизны в любом месте не должен быть меньше 25 мм. Топливные трубки высокого давления изготавливаются из стальных толстостенных труб без применения сварки.

На рис. 2.13 и 2.14 представлены общий вид топливного насоса VE и детали привода и блока высокого давления, дающие, с учетом всего рассмотренного выше, достаточное представление о конструкции ТНВД Bosch VE.

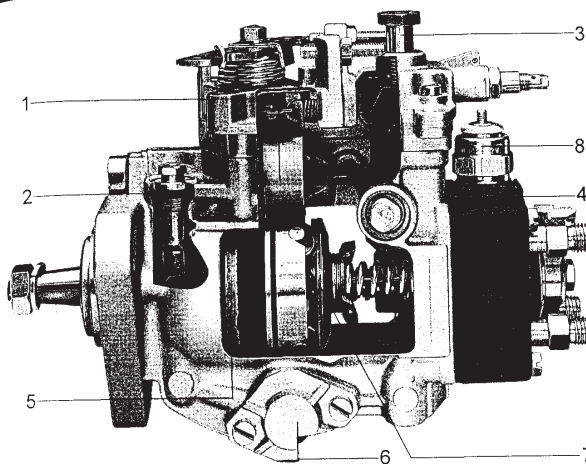


Рис. 2.13. Общий вид топливного насоса BOSCH VE:

1 - регулятор частоты вращения; 2 - клапан-регулятор низкого давления; 3 - штуцер с дросселем для выхода топлива; 4 - распределительная головка; 5 - насос низкого давления; 6 - автомат опережения впрыскивания топлива; 7 - внутренняя полость насоса; 8 - электромагнитный клапан остановки дизеля.

2.2 Автоматические регуляторы частоты вращения

Автоматический регулятор частоты вращения (блок 3 на рис. 2.2) включает в себя собственно механический регулятор с центробежными грузами и систему управляющих рычагов, обеспечивающих связь регулятора и элементов настройки с дозирующей муфтой.

Автоматический регулятор частоты вращения служит для поддержания заданного скоростного режима с заданной точностью. Точность регулирования оценивается, в частности, степенью неравномерности, которая определяется как отношение разности частот вращения режима холостого хода и заданного режима по внешней скоростной характеристике к среднему их значению. Практически степень неравномерности определяется наклоном регуляторной характеристики.

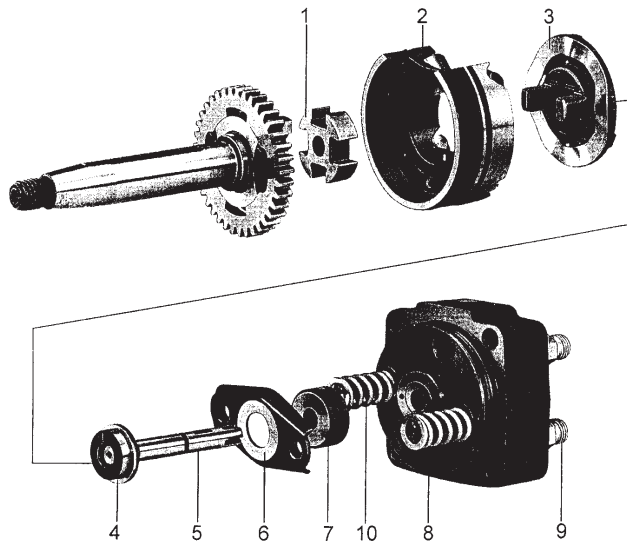


Рис. 2.14. Детали привода ТНВД и блока высокого давления:

1 - муфта крестообразная; 2 - кольцо с роликами; 3 - кулачковая шайба; 4 - регулировочные шайбы; 5 - плунжер; 6 - фланец; 7 - дозирующая муфта; 8 - распределительная головка; 9 - штуцер; 10 - возвратная пружина.

Режим холостого хода означает работу двигателя без нагрузки. Таким образом, работа автоматического регулятора заключается в изменении величины топливоподачи при изменении нагрузки и постоянном положении рычага управления, т.е. педали акселератора. При этом формируется регуляторная характеристика данного скоростного режима. Всережимный автоматический регулятор обеспечивает регулирование двигателя во всем диапазоне рабочих режимов, а водитель задает требуемый скоростной режим, нажимая на педаль акселератора.

Двухрежимный регулятор частоты вращения обеспечивает автоматическое регулирование режима пуска и минимального и номинального режимов, а все промежуточные режимы находятся под управлением водителя, который воздействует непосредственно на дозирующий орган, изменяя величину топливоподачи.

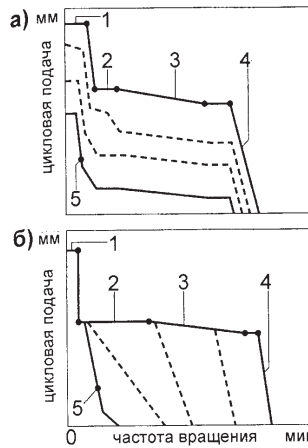


Рис. 2.15. Скоростные и регуляторные характеристики топливоподачи:

а - с двухрежимным регулятором, б - с всережимным регулятором; 1 - пусковая подача, 2 - подача при полной нагрузке, 3 - участок работы положительного корректора, 4 - регуляторные характеристики, 5 - холостой ход минимального режима.

Двухрежимные регуляторы более предпочтительны на автомобильных дизелях, поскольку непосредственное воздействие на дозирующий орган уменьшает расход топлива и выброс частиц при работе на неустановившихся режимах.

Скоростные и регуляторные характеристики топливоподачи насоса VE со всережимным и двухрежимным регуляторами представлены на рис. 2.15 а, б. Соответствующие обозначения кривых и характерных точек даны в спецификации к рисунку.

2.2.1. Всережимные регуляторы

Схемы работы всережимного регулятора частоты вращения топливного насоса VE с системой рычагов и рабочими положениями дозирующей муфты на различных нагрузочных и скоростных режимах показаны на рис. 2.16 а, б, в, г.

Грузы регулятора 1 (обычно четыре груза) установлены в держателе, который получает вращение от приводной шестеренки. Радиальное перемещение грузов трансформируется в осевое перемещение муфты регулятора 2, что изменяет положение нажимного 4 и силового 3 рычагов регулятора, которые, поворачиваясь относительно оси M_2 , перемещают дозирующую муфту 6, определяя тем самым активный ход плунжера 8.

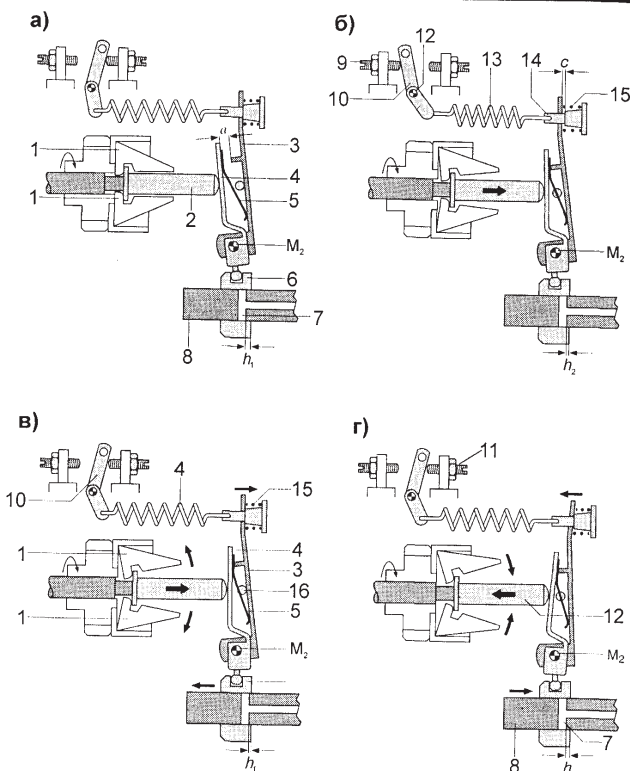


Рис. 2.16. Работа всережимного регулятора:

а - положение при пуске; б - холостой ход минимального режима; в - режим уменьшения нагрузки; г - режим увеличения нагрузки; 1 - грузы регулятора; 2 - муфта регулятора; 3 - силовой рычаг; 4 - нажимной рычаг; 5 - пружина пусковой подачи; 6 - дозирующая муфта; 7 - отсечные отверстия в плунжере; 8 - плунжер; 9 - регулировочный винт холостого хода минимального режима; 10 - рычаг управления; 11 - регулировочный винт максимального режима; 12 - ось рычага управления; 13 - рабочая пружина регулятора; 14 - фиксатор пружины; 15 - пружина минимального режима; 16 - упор силового рычага; M_2 - ось вращения рычагов 4 и 5; h_1 и h_2 активный ход плунжера на различных режимах.

В верхней части силового рычага установлена пружина холостого хода 15, а между силовым и нажимным рычагами - пластинчатая пружина пусковой подачи 5. Рычаг управления 10 воздействует на рабочую пружину регулятора 13, второй конец которой закреплен в силовом рычаге на фиксаторе 14. Таким образом, положение системы рычагов и, следовательно, дозирующей муфты определяется взаимодействием двух сил - силы предварительной затяжки рабочей пружины регулятора, определяемой положением рычага управления, и центробежной силы грузов, приведенной к муфте.

Работа регулятора при пуске дизеля. Перед пуском дизеля, когда коленчатый вал еще не вращается и топливный насос не работает, грузы регулятора находятся в состоянии покоя на минимальном радиусе, а нажимной рычаг 4 (его другое название - рычаг пуска) под действием пружины пусковой подачи 5 смещен влево на рис. 2.16 а, имея возможность качания относительно оси M_2 . Соответственно нижний шарнирный конец рычага обеспечивает крайнее правое положение дозатора 6 относительно плунжера 8, что соответствует пусковой подаче за счет увеличенного активного хода плунжера h_1 . Как только двигатель запустится, грузы регулятора расходятся и муфта 2 перемещается вправо на величину хода «а», преодолевая сопротивление достаточно слабой пусковой пружины 5. Рычаг 4 при этом поворачивается на оси M_2 по часовой стрелке, перемещая дозирующую муфту в сторону уменьшения подачи (влево на рис. 2.16 б).

Работа регулятора на минимальной частоте вращения холостого хода. При отсутствии нагрузки и положении рычага управления на упоре в регулировочный винт 9 дизель должен устойчиво работать на минимальной частоте вращения холостого хода в соответствии со схемой рис. 2.16 б. Регулирование этого режима обеспечивается пружинной холостого хода 15, усилие которой находится в равновесии с центробежной силой грузов, и в результате этого равновесия поддерживается подача топлива, соответствующая активному ходу плунжера h_2 . Работа дизеля на этом режиме соответствует точке 5 на характеристике рис. 2.15. Как только скоростной режим двигателя выходит за пределы минимальной частоты вращения холостого хода, реализуется ход «с» силового рычага при сжатии пружины 15 под действием увеличивающейся центробежной силы грузов.

Работа регулятора на нагрузочных режимах. В эксплуатации дизеля со всережимным регулятором скоростной режим устанавливается водителем путем воздействия через педаль акселератора на рычаг управления 10. На рабочих режимах пружина пусковой подачи 5 и пружина 15 холостого хода не работают, и работа регулятора определяется предварительной деформацией рабочей пружины 13. При повороте рычага управления до упора 11 (рис. 2.16, в, г) в сторону увеличения скоростного режима и соответствующем растяжении рабочей пружины ее усилие передается на силовой рычаг 3 и затем через рычаг 4 на муфту регулятора 2, заставляя грузы 1 сходить. Система рычагов при этом поворачивается относительно оси M_2 против часовой стрелки на рис. 2.16, перемещая дозирующую муфту 6 в сторону увеличения подачи до режимов внешней скоростной характеристики. Частота вращения коленчатого вала дизеля и, соответственно, грузов регулятора при этом увеличивается, центробежная сила грузов и сопротивление последней усилию рабочей пружины также увеличиваются, и в какой-то момент наступает равновесие сил и равновесие положения всех элементов регулятора. При отсутствии изменения нагрузки двигатель работает на установившемся режиме при постоянной частоте вращения (не принимая во внимание естественную для ДВС нестабильность вращения).

Если на этом режиме имеет место изменение нагрузки, то в работу вступает автоматический регулятор в соответствии со схемами, показанными на рис. 2.16 в, г. При уменьшении нагрузки частота вращения увеличивается, грузы регулятора расходятся и, преодолевая сопротивление рабочей пружины, перемещают муфту регулятора вправо (рис. 2.16 в). Система рычагов при этом поворачивается относительно оси M_2 по часовой стрелке, перемещая дозирующую муфту влево, в сторону уменьшения подачи. В результате формируется регуляторная ветвь 4 на рис. 2.15. Если рычаг управления устанавливается в некоторое промежуточное положение, то, по сравнению с настройкой регулятора, показанной на рис. 2.16 в, г, будет образовываться одна из регуляторных характеристик, показанных пунктиром на рис. 2.15 б, т.е. регулятор в последнем случае начинает работать раньше - при меньшей частоте вращения.

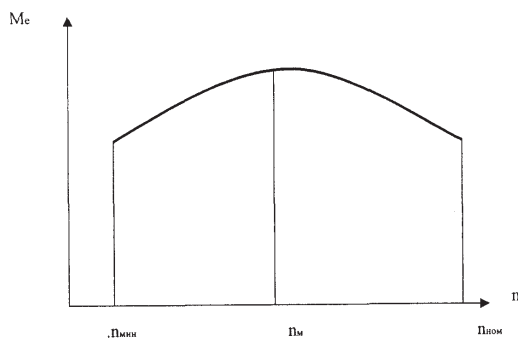


Рис. 2.17. Внешняя характеристика дизеля:

M_b - крутящий момент, n - частота вращения, n_m - частота вращения при максимальном M_b , $n_{ном}$ - частота вращения номинального режима, $n_{мин}$ - минимальная частота вращения по внешней характеристике.

Работа положительного и отрицательного корректоров.

Устройство и работа положительного и отрицательного механических корректоров топливopодачи топливного насоса VE иллюстрируется рис. 2.18 а, б.

Начало действия прямого (положительного) корректора топливopодачи определяется жесткостью и предварительным сжатием его пружины, которые согласованы с соответствующим скоростным режимом дизеля. Работа положительного корректора происходит следующим образом. На номинальном режиме дозирующая муфта 8 занимает положение, обозначенное пунктиром на рис. 2.18, а. Пружина корректора 2 при этом сжата из-за воздействия центробежной силы грузов через муфту 10 регулятора на рычаг 6, который нажимает на головку штока 7, поворачиваясь на упоре 5 в силовом рычаге 4. Рычаг 1 при этом повернут по часовой стрелке и дозатор обеспечивает цикловую подачу, которая соответствует требованиям номинального режима дизеля (см. Пунктир на рис. 2.18, а). Если нагрузка на этом режиме увеличивается (режим перегрузки), частота вращения уменьшается, усилие со стороны муфты регулятора также уменьшается, и пружина корректора 2 через рычаг 6 поворачивает рычаг 1 против часовой стрелки, перемещая дозирующую муфту вправо в сторону увеличения подачи на величину ΔS (рис. 2.18, а).

На рис. 2.16, г) показана работа регулятора при положении рычага управления на упоре 11 и при увеличении нагрузки. В этом случае частота вращения вала дизеля уменьшается, грузы регулятора сходятся, центробежная сила грузов уменьшается, и под действием усилия рабочей пружины муфта регулятора перемещается влево, а система рычагов 3 и 4 перемещает дозирующую муфту вправо, в сторону увеличения подачи. Если дизель до начала увеличения нагрузки работал на регуляторной ветви, то при увеличении подачи он будет выходить на более мощностной режим и затем на внешнюю скоростную характеристику. Если же дизель работает на внешней характеристике на номинальном или близком к нему режиме, то при увеличении нагрузки реализуется режим перегрузки, для преодоления которой дизель должен иметь достаточно высокий коэффициент приспособляемости. Положительное корректирование топливopодачи осуществляется на участке 3 характеристики (рис. 2.15) с помощью положительного корректора или при соответствующем подборе характеристики топливopодачи ТНВД.

Корректоры топливopодачи. Корректирование топливopодачи в дизелях, положительное или отрицательное, осуществляется с целью формирования внешней скоростной характеристики двигателя при необходимости увеличить максимальный крутящий момент путем увеличения подачи при уменьшении частоты вращения от $n_{ном}$ до n_m на так называемом режиме перегрузки (положительное корректирование) или уменьшить дымление дизеля при работе на $n < n_m$ по внешней скоростной характеристике (рис. 2.17). Влияние корректирования на протекание внешней скоростной характеристики дизеля показано на рис. 2.17. Положительное корректирование необходимо для обеспечения заданного запаса крутящего момента двигателя.

Корректирование характеристики может быть осуществлено нагнетательным клапаном ТНВД или механическим корректором в регуляторе. С помощью механического корректора осуществляется также и отрицательное корректирование. Последнее обычно применяется в двигателях с целью уменьшения выбросов сажи при $n < n_m$, а также в двигателях с турбонаддувом и ТНВД без корректора по давлению наддува, т.е. без ограничения подачи в системе LDA, о чем, в частности, пойдет речь в разделе 2.3.

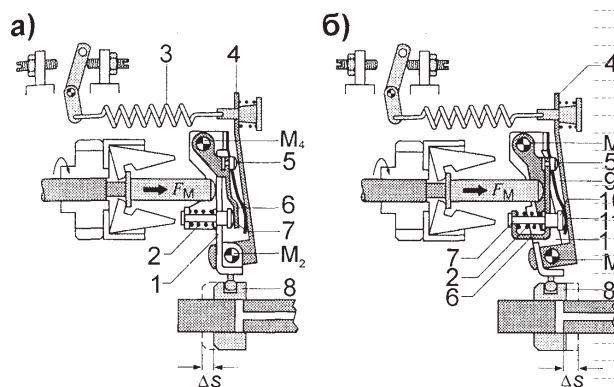


Рис. 2.18. Схема регулятора с положительным (а) и отрицательным (б) корректором топливopодачи:

1 - рычаг пусковой; 2 - пружины корректоров; 3 - рабочая пружина регулятора; 4 - силовой рычаг; 5 - упор; 6 - рычаги корректоров; 7 - шток корректора; 8 - дозирующая муфта; 9 - пружина пусковой подачи; 10 - муфта регулятора; 11 - точка упора; M_2 - ось вращения рычагов 1 и 4; M_4 - ось вращения рычагов 1 и 6; ΔS - ход корректирования подачи.

Работа отрицательного корректора. При работе с минимальной частотой на внешней характеристике рычаг 6 корректора упирается в силовой рычаг в точке 5 (рис. 2.18, б). Головка штока 7 корректора также упирается в силовой рычаг 4. При увеличении частоты вращения центробежная сила грузов, приведенная к муфте, преодолевает усилие пружины 2 корректора, сжимая ее, в результате чего рычаг 6 перемещается вправо на рисунке, в сторону головки штока, при этом общая ось рычагов M_4 меняет свое положение. Одновременно рычаг 1 поворачивается относительно оси M_2 , перемещая дозирующую муфту 8 в сторону увеличения подачи. Ход корректирования ΔS определяется ходом сжатия пружины корректора до упора рычага 6 в головку штока 7. При работе дизеля на левой части внешней скоростной характеристики при увеличении нагрузки и уменьшении частоты вращения пружина 2 поворачивает рычаг 6 по часовой стрелке, а последний заставляет поворачиваться рычаг 1 относительно оси M_2 по часовой стрелке, перемещая дозирующую

муфту 8 в сторону уменьшения подачи, осуществляя, таким образом, отрицательное корректирование (область $p_{\min} < p < p_m$ на рис. 2.17).

2.2.2. Двухрежимные регуляторы

Устройство двухрежимного автоматического регулятора частоты вращения топливного насоса VE и его работа на различных режимах показаны на рис. 2.19 - 2.24, имеющих общую спецификацию. Вал регулятора получает вращение от вала ТНВД через шестеренчатую повышающую передачу с передаточным отношением 1:1,6 и передает его держателю с четырьмя грузами.

Аналогичную конструкцию этого узла имеют топливные насосы VE с всережимными регуляторами, рассмотренные выше.

Величина топливоподачи изменяется при изменении положения дозирующей муфты 15, которое определяется равновесием центробежной силы грузов, приведенной к муфте, и силы от действия рабочих пружин регулятора, зависящей, в частности, от положения педали акселератора.

Режим пуска дизеля показан на рис. 2.19. При неработающем двигателе грузы регулятора сведены и муфта 19 находится в крайнем левом положении. Рычаг корректора 16 и пусковой рычаг 18 прижимаются под действием пружины пусковой подачи 12 к муфте регулятора 19, поворачиваясь относительно оси M_2 . Таким образом, дозирующая муфта 15 перемещается вниз шарниром системы рычагов вправо (рис. 2.19), обеспечивая пусковую подачу. Педаль акселератора при пуске дизеля может оставаться в ненажатом положении. Величина пусковой подачи определяется активным ходом ΔS_1 .

После пуска двигателя грузы регулятора под действием центробежной силы расходятся и толкают муфту регулятора 19 вправо, преодолевая сопротивление пружины пусковой подачи 12. При этом головка штока рычага корректора 16 упирается в точку А (рис. 2.20) в силовой рычаг 10, а ось M_4 движется вправо на шарнире А до тех пор, пока усилие муфты регулятора окажется равным усилию пружины холостого хода 9. Соответственно, дозирующая муфта 15 перемещается шарниром M_2 влево до установления подачи холостого хода, что соответствует схеме на рис. 2.20.

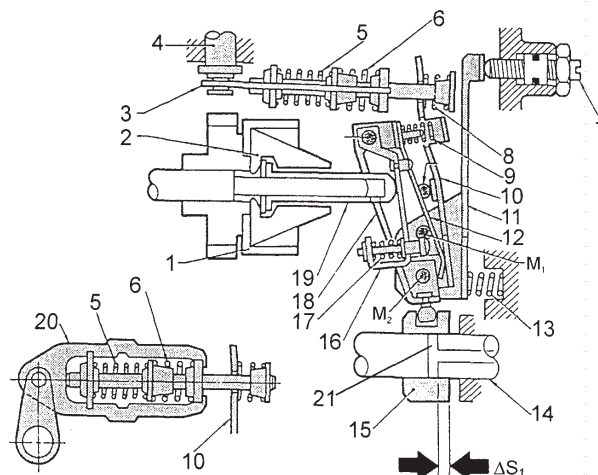


Рис. 2.19. Схема двухрежимного регулятора. Режим пуска дизеля:

1 - держатель грузов; 2 - грузы регулятора; 3 - серьга; 4 - ось рычага управления; 5 - пружина номинального режима; 6 - пружина частичного режима; 7 - регулировочный винт максимальной подачи; 8 - демпферная пружина; 9 - пружина холостого хода минимального режима; 10 - силовой рычаг; 11 - регулировочный рычаг; 12 - пружина пусковой подачи; 13 - поддерживающая пружина; 14 - плунжер ТНВД; 15 - дозирующая муфта; 16 - рычаг отрицательного корректора; 17 - пружина отрицательного корректора; 18 - пусковой рычаг; 19 - муфта регулятора; 20 - корпус пружин регулятора; 21 - отверстия отсечки подачи; шарниры рычажной системы регулятора: M_1 - система рычагов в этой точке поддерживается двумя подвижными пальцами, установленными в рычаге 2; M_2 - общая ось рычагов пускового и корректора; ΔS_1 - ход дозирующей муфты.

На рис. 2.21 показано взаимодействие элементов регулятора при работе дизеля на частичных скоростных режимах, когда педаль акселератора слегка нажата. Последовательность, с которой вступают в работу пружины регулятора, определяется их жесткостью и предварительной деформацией. Первой работает демпферная пружина 8, за ней следует пружина частичного режима 6 и, наконец, пружина номинального режима 5.

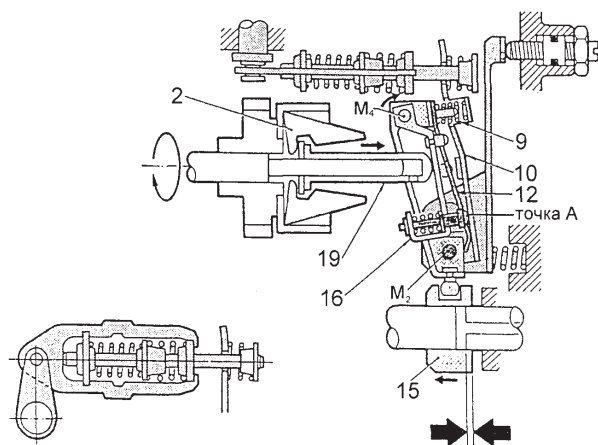


Рис. 2.20. Работа регулятора на холостом ходу минимального режима.

Рычаг управления соединяется с педалью акселератора. При нажатии на нее сжимается демпферная пружина 8, и силовой рычаг притягивается влево, в результате чего дозирующая муфта перемещается вправо, в сторону увеличения подачи с соответствующим увеличением частоты вращения. Муфта регулятора 19 из-за увеличения центробежной силы грузов нажимает на рычаг корректора, который упирается в силовой рычаг в точке В, в результате чего пружина холостого хода 9 максимально сжимается, и далее силовой рычаг уже двумя шарнирными точками А и В перемещается вправо, вместе с осью M_2 . В этих условиях, когда силовой рычаг движется вправо, а корпус пружин под действием водителя влево, пружина частичной нагрузки сжимается до момента достижения баланса сил. При уменьшении нагрузки и увеличении частоты вращения силовой рычаг будет перемещаться под действием муфты регулятора 19 вправо на ход ΔS_2 пружины 6, а дозирующая муфта 15 влево, в сторону уменьшения подачи до достижения установившегося скоростного режима дизеля.

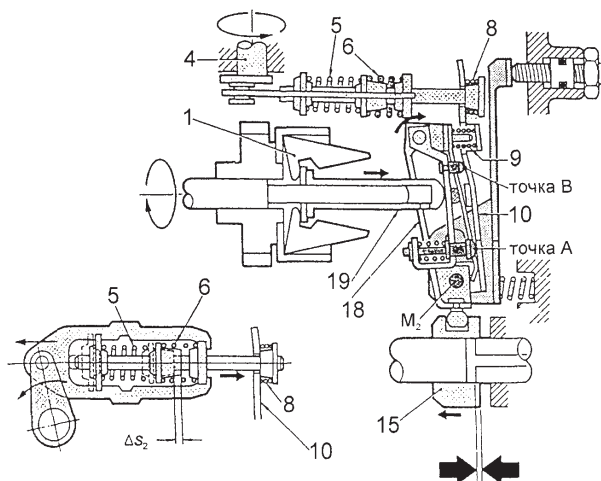


Рис. 2.21. Работа регулятора на частичном скоростном режиме.

Работа регулятора дизеля при полной нагрузке иллюстрируется рис. 2.22. В этом случае педаль акселератора нажата до упора рычага управления в регулировочный винт максимального режима. Силовой рычаг 10 при этом оказывается на упоре M_3 , а пружины стартовая, минимального холостого хода 9, демпферная 8 и частичной нагрузки 6 - в полностью сжатом состоянии. Муфта регулятора 19 находится в равновесии под действием противоположно направленных центробежной силы грузов и силы предварительной затяжки рабочей пружины 5. Подача топлива на режиме полной нагрузки определяется активным ходом плунжера, обозначенным двумя стрелками у дозирующей муфты 15. Рассматриваемый здесь двухрежимный регулятор оснащен отрицательным корректором топливоподачи. При работе дизеля на левой ветви внешней скоростной характеристики, при $p < p_m$ (рис. 2.17) пружина 17 отрицательного корректора разжимается и через систему рычагов перемещает дозирующую

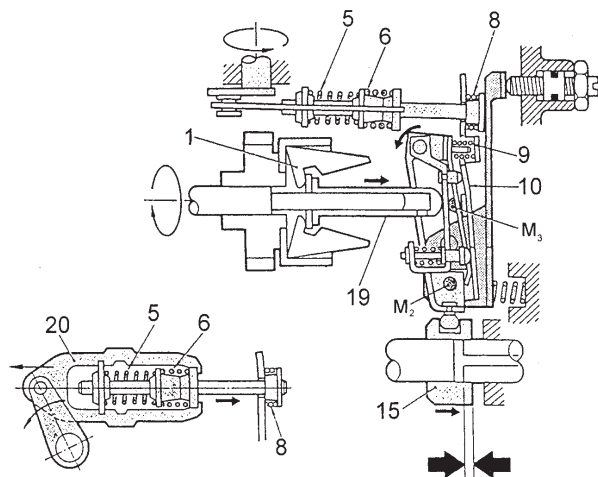


Рис. 2.22. Работа регулятора при полной нагрузке.

муфты 15 в сторону уменьшения подачи, отодвигая внешнюю характеристику от предела дымления (рис. 2.23). Подробно о работе корректоров топливоподачи написано выше, в параграфе 2.2.1 данной главы.

Режим максимальной частоты вращения холостого хода и формирование соответствующей регуляторной характеристики имеют место при уменьшении нагрузки двигателя, работающего на режиме полной (номинальной) мощности. В этом случае частота вращения вала двигателя и грузов регулятора увеличивается, и последние перемещают муфту 19 вправо, которая заставляет пружину регулятора 5 сжиматься и за счет этого вращает систему рычагов по часовой стрелке относительно оси M_2 , уменьшая топливоподачу до величины подачи холостого хода. Этот процесс показан на рис. 2.24.

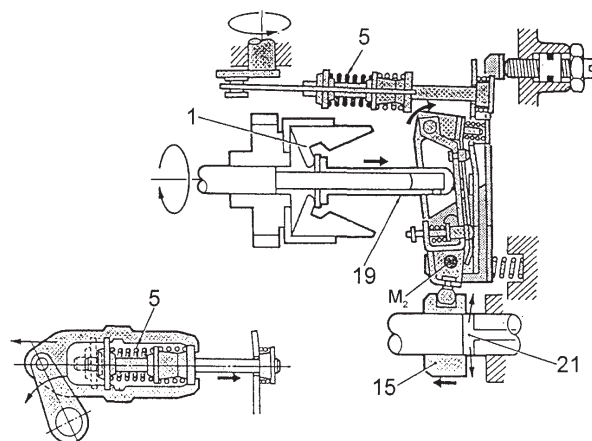


Рис. 2.24. Работа регулятора на холостом ходу максимального режима.

вращения. В остальном характеристики рассмотренного выше двухрежимного регулятора аналогичны общей характеристике, показанной на рис. 2.15, а.

2.3. Автоматические устройства в топливных насосах VE

Распределительный топливный насос VE выполнен по модульной схеме и может быть укомплектован различными дополнительными устройствами соответственно требованиям данного двигателя. В соответствии с их функциями появляются дополнительные возможности для адаптации дизеля к различным условиям эксплуатации, позволяющие увеличить его приспособляемость и приемистость, снизить расход топлива и эмиссию токсичных компонентов с отработавшими газами, понизить шумность и улучшить холодный пуск.

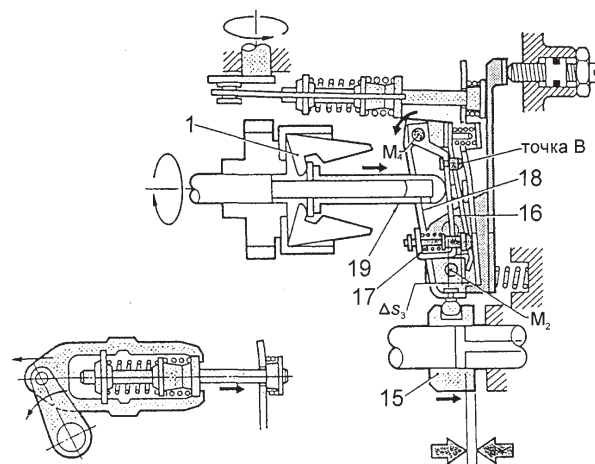


Рис. 2.23. Работа отрицательного корректора.

Если при полном сбросе нагрузки имеет место неконтролируемое увеличение частоты вращения, опасное для двигателя, регулятор полностью прекращает подачу топлива в цилиндры дизеля. В этом случае работа регулятора происходит в соответствии с рис. 2.24, только при частоте вращения большей, чем на режиме максимальной частоты вращения холостого хода. Дозирующая муфта при этом еще больше перемещается влево, полностью открывая отсечные отверстия 21, в результате чего все топливо из камеры высокого давления ТНВД возвращается во внутреннюю полость корпуса насоса и впрыскивание топлива прекращается.

График скоростных характеристик топливоподачи рассмотренного выше двухрежимного регулятора показан на рис. 2.25, назначение различных кривых на характеристике обозначено подрисовочными подписями. Наличие пружины частичных режимов в регуляторе позволяет получить большую плавность и устойчивость регулирования на режимах малых нагрузок и частот



Рис. 2.25. Скоростные характеристики топливоподачи ТНВД с двухрежимным регулятором:

а - пусковая подача, б - участок уменьшения подачи после пуска дизеля, в - ход при сжатии пружины частичного режима, г - область управления подачей водителем, д - регуляторные характеристики максимального режима.

Такие автоматические устройства насоса VE как корректоры топливоподачи в регуляторах частоты вращения были рассмотрены выше. В данном разделе рассматриваются работа автомата опережения впрыскивания топлива и функциональные устройства, имеющие различное назначение и обозначенные следующими аббревиатурами, принятыми компанией Bosch:

LDA - корректор по давлению наддува, ограничивающий величину топливоподачи в зависимости от давления наддува;

ADA - высотный корректор, ограничивающий топливоподачу в зависимости от атмосферного давления;

LFB - автоматическое устройство, корректирующее угол опережения впрыскивания топлива в зависимости от нагрузки;

KSB - ускоритель холодного пуска дизеля;

TAS - устройство, работающее в комбинации с KSB и препятствующее образованию дыма при пуске горячего двигателя;

TLA - устройство, работающее в комбинации с KSB и обеспечивающее некоторое увеличение скоростного режима холостого хода после пуска дизеля для исключения неравномерности его работы.

2.3.1. Автомат опережения впрыскивания топлива

Оптимальный угол опережения впрыскивания топлива позволяет обеспечить нормальное протекание процесса сгорания.

После начала процесса впрыскивания требуется определенный период времени для испарения топлива и образования с воздухом горючей смеси. Таким образом, период задержки воспламенения (интервал времени от момента начала впрыскивания топлива до начала сгорания топливовоздушной смеси) зависит от цетанового числа топлива, степени сжатия, давления и температуры воздуха, характеристик впрыскивания и распыливания топлива форсункой. Продолжительность периода задержки в градусах растёт с увеличением частоты вращения. Следовательно, чтобы обеспечить подготовку топливовоздушной смеси для сгорания в цилиндре дизеля при увеличении скоростного режима, необходимо увеличить угол опережения впрыскивания топлива, для чего в топливном насосе устанавливается автоматическое устройство или автомат опережения впрыскивания, схема которого показана на рис. 2.26.

Автомат опережения впрыскивания расположен в нижней части корпуса 1 насоса перпендикулярно оси вала ТНВД. Поршень 7 автомата закрыт с обеих сторон крышками 6, с одной стороны в поршне просверлен канал 5 для прохода топлива под давлением из внутренней полости корпуса насоса, с другой стороны установлена пружина сжатия 9. Поршень автомата посредством шарнира 8 и стержня (цапфы) 4 связан с кольцом 2 несущего ролика 3.

Работа автомата опережения впрыскивания топлива происходит следующим образом. В исходном положении поршень автомата находится под действием пружины 9 (рис. 2.26). Давление топлива во внутренней полости корпуса насоса возрастает пропорционально скоростному режиму двигателя и определяется регулировкой перепускного клапана низкого давления (позиция 2 на рис. 2.3) и работой дросселя на выходе из насоса (5 на рис. 2.3). Это давление по каналу 5 на рис. 2.26 передается в рабочий цилиндр автомата с одной стороны поршня, который под действием силы давления топлива в определенный момент начинает перемещаться влево, преодолевая сопротивление пружины 9. Осевое перемещение поршня посредством шарнира 8 и стержня 4 передается кольцу с роликами, которое поворачи-

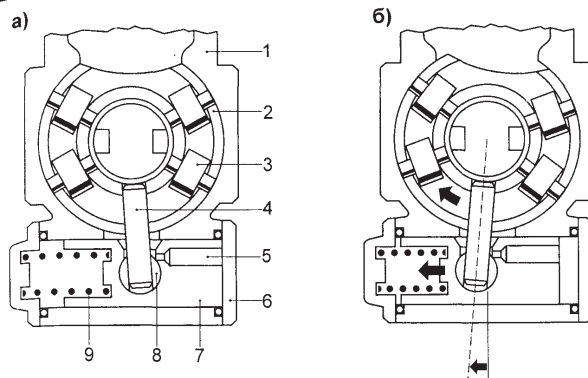


Рис. 2.26. Автомат опережения впрыскивания топлива:

а - исходное положение; б - процесс увеличения угла опережения впрыскивания; 1 - корпус насоса; 2 - кольцо; 3 - ролики; 4 - шток; 5 - канал в поршне автомата; 6 - крышка; 7 - поршень; 8 - шарнир; 9 - пружина.

вается и меняет свое положение относительно кулачковой шайбы (4 на рис. 2.5) таким образом, что кулачки набегают на ролики 3 раньше, обеспечивая фазовое смещение на величину до 12° по углу поворота кулачковой шайбы (до 24° по углу поворота коленчатого вала (рис. 2.26, б)).

2.3.2. Корректоры по давлению наддува и высотный корректор

Автоматический противодымный корректор или корректор по давлению наддува дизеля (LDA) служит для приведения в соответствие расхода топлива, подаваемого в цилиндры дизеля, величины расхода воздуха, подаваемого компрессором, исключая таким образом дымление двигателя. Необходимость установки указанного автоматического устройства определяется изменением плотности воздуха в цилиндрах дизеля с турбонаддувом в зависимости от режима работы турбокомпрессора. Особенно необходима работа корректора на режимах разгона дизеля, когда величина топливоподачи возрастает значительно быстрее, чем расход воздуха, при этом коэффициент избытка воздуха уменьшается, и работа дизеля сопровождается дымлением.

Конструктивное исполнение корректора по давлению наддува, установленного на верхней крышке 2 корпуса насоса, показано на рис. 2.27. Внутренняя полость корректора разделена мембраной 6 на две камеры - верхнюю, соединенную с впускным коллектором и находящуюся под давлением наддува, и нижнюю, содержащую пружину 7, которая действует на мембрану, оказывая сопротивление ее перемещению вниз. Предварительная затяжка пружины 7, определяющая начало перемещения мембраны, осуществляется регулировочной гайкой 5. Нижняя камера корректора находится под атмосферным давлением. Мембрана 6 соединена со штоком 8, имеющим управляющий конус 9, в который упирается подвижный стержень 4, передающий движение штока и, следовательно, мембраны рычагу-упору корректора 3. Шток взаимодействует с силовым рычагом 12 регулятора. Работа корректора происходит следующим образом. Если величина давления наддува недостаточна для преодоления усилия затяжки пружины 7, то мембрана 6 и шток 8 находятся в исходном положении, как это показано на рис. 2.27. При увеличении давления воздуха, подаваемого компрессором, мембрана, преодолевая сопротивление пружины, перемещается вниз, соответственно перемещая шток с управляющим конусом 9, в результате чего стержень 4 изменяет свое положение и рычаг 3 поворачивается относительно оси M_1 по часовой стрелке под действием рабочей пружины регулятора 1. Силовой рычаг 12, следуя перемещению рычага-упора 3, также поворачивается вместе с пусковым рычагом 13 относительно их общей оси (см. рис. 2.21), перемещая дозирующую муфту в направлении увеличения подачи. Таким образом, величина топливоподачи оказывается в соответствии с количеством воздуха, подаваемого в цилиндры дизеля, поскольку это количество пропорционально давлению наддува. Если скоростной и нагрузочный режимы уменьшаются, то снижается и давление наддува, пружина корректора перемещает мембрану со штоком вертикально вверх, и механизм регулятора работает в направлении, обратном описанному выше, уменьшая подачу топлива в функции давления наддува.

Если работа турбокомпрессора нарушается, то автоматическое устройство LDA, т.е. корректор по давлению наддува, оказывается в исходном положении на верхнем упоре (рис. 2.27), обеспечивая работу дизеля без дымления. Величина максимальной подачи топлива для данного двигателя регулируется винтом 10, установленным на крышке ТНВД.

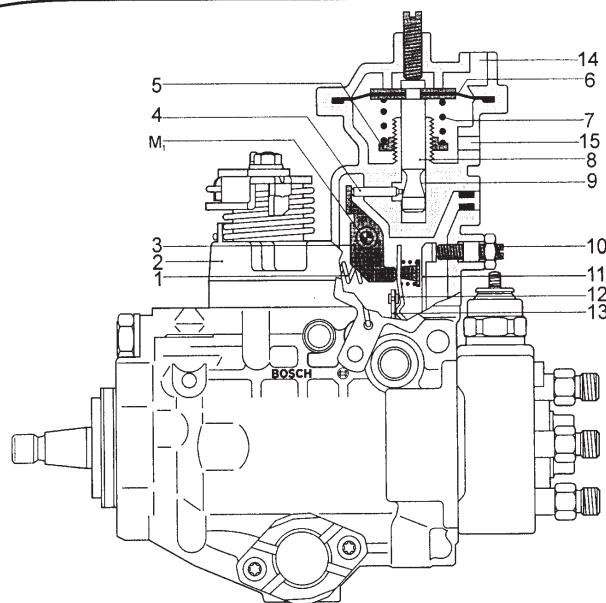


Рис. 2.27. Схема корректора по давлению наддува:

1 - рабочая пружина регулятора; 2 - крышка регулятора; 3 - рычаг-упор корректора; 4 - стержень; 5 - регулировочная гайка; 6 - мембрана; 7 - пружина; 8 - шток; 9 - управляющий конус; 10 - регулировочный винт максимальной подачи; 11 - регулировочный рычаг; 12 - силовой рычаг; 13 - пусковой рычаг; M_1 - ось поворота рычага 3; 14 - штуцер давления наддува; 15 - отверстие для соединения с атмосферой.

Если ДВС работает в высотных условиях, масса воздуха, поступающего в цилиндры, уменьшается из-за уменьшения его плотности, в результате чего процесс сгорания топлива в цилиндрах двигателя нарушается, что приводит к образованию дыма и нарушением температурного режима. Для исключения отрицательных явлений при работе дизеля в высотных условиях в топливных насосах предусматривается установка высотного корректора - упора максимальной подачи, управляемого атмосферным давлением (автоматического устройства ADA). Как правило, такие устройства устанавливаются на дизелях без турбонаддува.

Воздействие ADA на топливоподачу аналогично рассмотренному выше LDA, только вместо мембраны в крышке регулятора устанавливается барометрическая капсула (анероидная коробка), связанная через отверстие в камере своей установки с атмосферой. Диапазон работы капсулы изменяется по мере изменения высоты над уровнем моря. При увеличении последней капсула (сильфон) под действием внутреннего давления расширяется, перемещая шток с управляющим конусом и обеспечивая таким образом уменьшение подачи по схеме LDA применительно к рассматриваемому нами насосу VE.

2.3.3. Автоматическое устройство адаптации работы насоса по нагрузке

В топливных насосах, оснащенных автоматическим устройством LFB, при уменьшении нагрузки с соответствующим увеличением частоты вращения (работа по регуляторной характеристике) угол опережения впрыскивания топлива уменьшается, а по мере увеличения нагрузки постепенно увеличивается. Посредством такой адаптации достигается более плавная работа двигателя, сопровождающаяся снижением шума на режимах холостого хода.

Автоматическое устройство LFB реализуется в ТНВД Bosch VE путем модификации муфты регулятора, вала регулятора и корпуса насоса в соответствии со схемой (рис. 2.28). Для этого в муфте регулятора 2 выполнено дополнительное поперечное отверстие (3 на рис. 2.29), а в валу регулятора 7 продольный канал и два поперечных отверстия (1 и 7, соответственно, на рис. 2.29). Кроме того, в корпусе насоса выполнено сверление, посредством которого внутреннее пространство ТНВД может быть связано с линией впуска лопастного насоса низкого давления.

При увеличении скоростного режима поршень автомата опережения впрыскивания топлива смещается в сторону увеличения угла начала подачи (рис. 2.26) из-за увеличения давления во внутреннем пространстве корпуса ТНВД, создаваемого лопастным насосом низкого давления (рис. 2.2 - рис.2.5). Посредством уменьшения давления во внутреннем пространстве насоса, которое обеспечивается LFB, достигается небольшое смещение поршня автомата опережения впрыскивания в сторону запаздывания угла опережения впрыскивания топлива. Происходит это следующим образом.

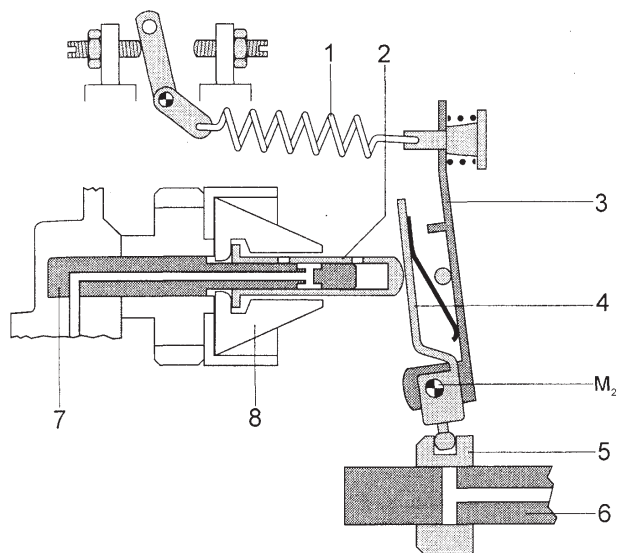


Рис. 2.28. Автоматическое устройство в регуляторе для адаптации работы по нагрузке:

1 - рабочая пружина регулятора, 2 - муфта регулятора, 3 - силовой рычаг, 4 - пусковой рычаг, 5 - дозирующая муфта, 6 - плунжер, 7 - вал регулятора, 8 - грузы регулятора; M_2 - ось вращения рычагов 3 и 4.

Управляя педалью акселератора, водитель устанавливает рычаг управления регулятора в некоторое положение, задавая режим работы по внешней скоростной характеристике, т.е. задавая предварительную затяжку рабочей пружины регулятора 1 (рис. 2.28). При уменьшении нагрузки частота вращения вала двигателя увеличивается, грузы регулятора 8 расходятся, муфта регулятора 2 перемещается вправо (рис. 2.28), воздействуя через рычаги 3 и 4, поворачивающиеся относительно оси M_2 , на дозирующую муфту 5, перемещая последнюю в сторону уменьшения подачи. Таким образом образуется регуляторная характеристика с переходом на режим холостого хода при полном сбросе нагрузки.

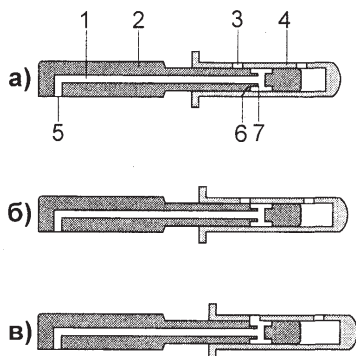


Рис. 2.29. Положение муфты регулятора при:

а - положение при пуске; б - перед началом открытия отверстий; в - открытии отверстий и процесс уменьшения давления в корпусе насоса; 1 - продольное отверстие; 2 - вал регулятора; 3 - отверстие в муфте; 4 - муфта; 5 - поперечное отверстие в 2; 6 - управляющая кромка в 2; 7 - приемное отверстие в 2.

При движении муфты регулятора 2 вправо в определенный момент процесса регулирования отверстие 3 на рис. 2.29, а подходит к кромке отверстий 7 (положение б) и затем происходит совмещение отверстий 3 и 7 (положение в) на рис. 2.29, в результате чего часть топлива через каналы 1 и 5 перетекает на всасывающую сторону насоса низкого давления, уменьшая давление во внутреннем пространстве корпуса ТНВД. Из-за уменьшения давления топлива поршень автомата опережения впрыскивания топлива изменяет свое положение, поворачивая кольцо с роликами (позиции 2 и 3 на рис. 2.26) в направлении запаздывания. При увеличении нагрузки описанный выше процесс идет в обратном направлении.

2.3.4. Ускоритель холодного пуска дизеля

Корректирование угла опережения впрыскивания при холодном пуске дизеля осуществляется вручную водителем из кабины посредством троса или автоматически посредством устройства KSB, устанавливающего угол опережения впрыскивания в зависимости от температуры охлаждающей жидкости.

Привод системы KSB монтируется на корпусе ТНВД, как это показано на рис. 2.30 и 2.31. Рычаг KSB крепится на валу 12, на другом конце которого эксцентрично расположена поворотная цапфа 3, взаимодействующая при повороте с кольцом 6, несущим ролики 7, т.е. с автоматом опережения впрыскивания топлива. Исходное положение рычага KSB определяется упором 3 и пружиной 4 (рис. 2.31). К верхней части рычага KSB крепится трос 2 управления с места водителя или шток автомата привода 6 (рис. 2.31).

Работа устройства KSB, ручного или автоматического, происходит следующим образом. Когда водитель воздействует на рычаг KSB перед пуском дизеля, поворачиваются вал 12 и цапфа 3, под воздействием которой через прорезь 4 кольцо 6 с роликами 7 изменяет свое положение, поворачиваясь против часовой стрелки за счет сжатия пружины 11 и соответствующих перемещений деталей 8, 9 и 10, заранее устанавливая необходимый угол опережения впрыскивания топлива (рис. 2.30). Автомат KSB при холодном двигателе обеспечивает нужное опережение впрыскивания, и по мере увеличения температуры охлаждающей жидкости расширительный элемент в корпусе 6 автомата (рис. 2.31) прекращает свое воздействие на кольцо с роликами.

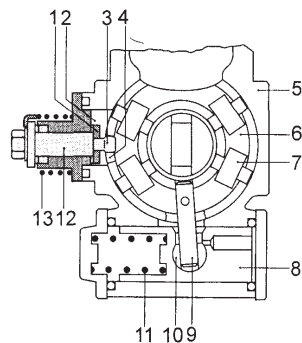


Рис. 2.30. Поперечное сечение устройства KSB:

1 - рычаг; 2 - окно; 3 - поворотная цапфа; 4 - продольная прорезь; 5 - корпус насоса; 6 - кольцо с роликами; 7 - ролики; 8 - поршень; 9 - поворотный стержень; 10 - шарнир; 11 - пружина автомата опережения впрыскивания; 12 - ось устройства; 13 - пружина шпильная.

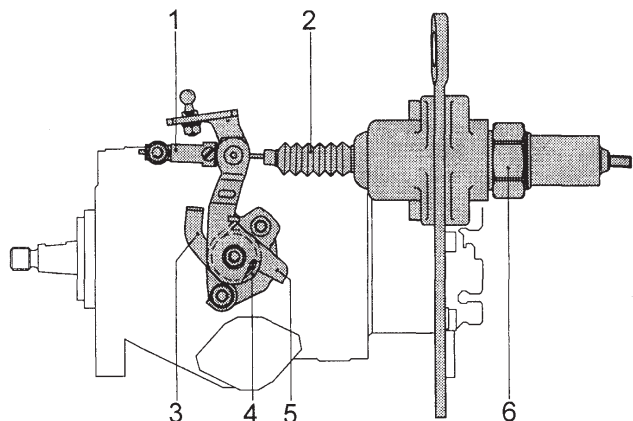


Рис. 2.31. Схема автоматического привода устройства KSB:
1 - тяга; 2 - трос; 3 - упор; 4 - пружина; 5 - рычаг; 6 - корпус автомата.

Одним из преимуществ автомата KSB перед ручным управлением является ограничение минимально возможного угла опережения впрыскивания топлива в зависимости от теплового состояния двигателя.

На рис. 2.32 показана характеристика по углу опережения впрыскивания топлива в градусах поворота вала ТНВД в зависимости от частоты его вращения. Если водитель воздействует на ускоритель холодного пуска KSB, то независимо от действия автомата опережения впрыскивания имеет место пусковая коррекция угла - приблизительно $2,5^\circ$ по углу поворота кулачкового вала насоса (участок б).

В зависимости от варианта исполнения топливного насоса Bosch VE, направления вращения, комплектации, связанных с типом дизеля, на который он устанавливается, возможны конструктивные изменения в различных блоках насоса.

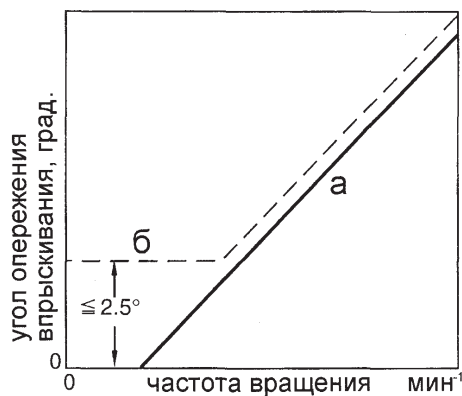


Рис. 2.32. Характеристика по углу опережения впрыскивания KSB:
а - участок работы автомата опережения впрыскивания; б - участок работы KSB.

2.4. Топливные системы с насосом VE, имеющим электронное регулирование

Все возрастающие требования к дымности, токсичности отработавших газов, топливной экономичности и к другим показателям дизеля приводят к необходимости совершенствовать методы управления топливоподачей в дизелях. Наиболее гибко и комплексно эти проблемы могут быть решены с помощью электрических устройств управления и электронного регулирования.

Первым этапом электронного регулирования процесса подачи топлива в дизель является управление цикловой подачей и углом опережения впрыскивания во всем диапазоне работы дизеля. В топливных системах с насосами распределительного типа по сравнению с многоплунжерными ТНВД эти задачи решаются более просто, так как в распределительных насосах и изменение хода дозатора, и изменение положения кольца с роликами с целью управления углом опережения впрыскивания требуют меньшего перестановочного усилия.

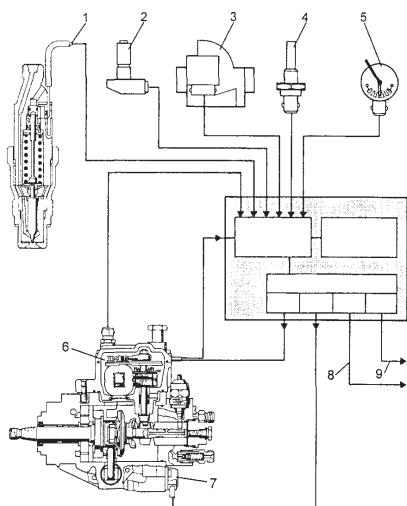


Рис. 2.33. Схема системы электронного управления ТНВД фирмы "Bosch" серии VE:

1 - датчик угла опережения впрыскивания; 2 - датчик БМТ и частоты вращения коленчатого вала; 3 - расходомер воздуха; 4 - датчик температуры охлаждающей жидкости; 5 - датчик положения педали водителя; 6 - исполнительное устройство управления цикловой подачей топлива; 7 - исполнительное устройство управления углом опережения впрыскивания топлива; 8 - исполнительное устройство управления клапаном рециркуляции ОГ; 9 - вывод на диагностический разъем.

Схема электронного регулирования дизеля с одноплунжерным топливным насосом EP/VE приведена на рис. 2.33. Для управления цикловой подачей в микрокомпьютер поступает информация от датчиков. В соответствии с заданными в памяти микрокомпьютера характеристиками управления и полученной информацией микрокомпьютер и электронный регулятор обеспечивают изменение цикловой подачи, подавая управляющие импульсы на исполнительное устройство, перемещающее дозатор. В качестве исполнительного устройства используется электромагнитное исполнительное устройство, что объясняется небольшим перестановочным усилием.

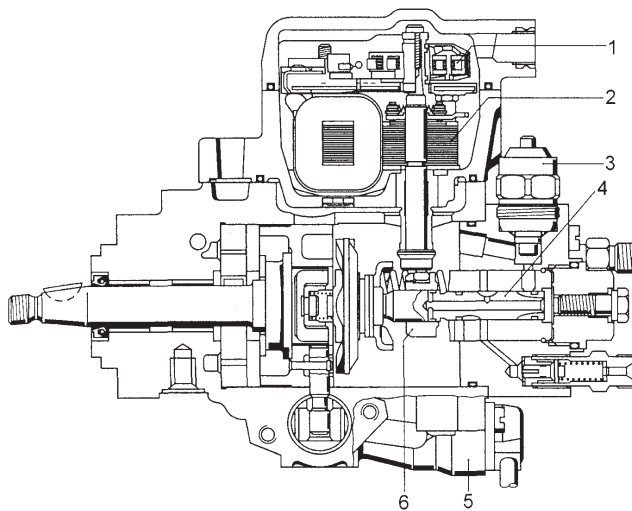


Рис. 2.34. Топливный насос VE с электронным управлением:

1 - датчик хода дозатора; 2 - электромагнит с поворотным сердечником; 3 - электромагнитный клапан остановки дизеля; 4 - плунжер; 5 - автомат опережения впрыскивания; 6 - дозатор.

Управление углом опережения впрыскивания также требует информации от датчиков БМТ и частоты вращения и от датчика хода дозатора. Микрокомпьютер обрабатывает полученную информацию, и электронный регулятор с помощью электромагнитного клапана управляет положением кольца с роликами и, следовательно, углом опережения впрыскивания (рис. 2.33). Электронное управление может выполнять и другие функции. Например, управление рециркуляцией отработавших газов, диагностика дизеля.

Как вариант в топливном насосе Bosch VE с электронным управлением в качестве исполнительного механизма, управляющего величиной подачи топлива, используется электромагнит 2 (рис. 2.34) с поворотным сердечником, конец которого соединен через эксцентрик с дозирующей муфтой 6 (рис. 2.34). При

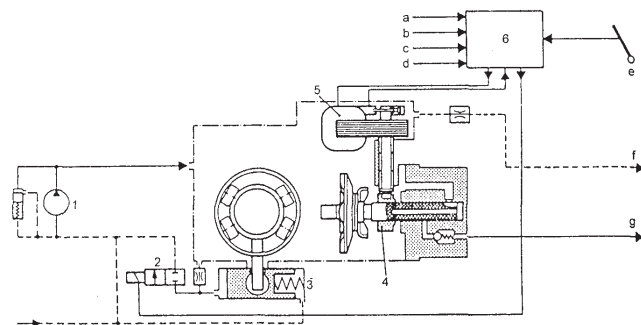


Рис. 2.35. Развернутая схема насоса VE с электронным управлением:

1 - топливный насос низкого давления; 2 - электромагнитный клапан управления автоматом опережения впрыскивания; 3 - цилиндр автомата опережения впрыскивания; 4 - дозатор; 5 - электромагнитное устройство измерения подачи топлива; 6 - электронный блок управления; а, в, с, d - датчики (см. рис. 2.33); e - педаль управления; f - возврат топлива; g - ЛВД.

прохождении тока в обмотке электромагнита сердечник поворачивается на угол от 0 до 60°, соответственно перемещая дозирующую муфту. Контроль положения последней производится с помощью датчика 1 (рис. 2.34).

Управление автоматом опережения впрыскивания осуществляется быстродействующим электромагнитным клапаном (2 на рис. 2.35), который регулирует давление топлива, действующего на поршень автомата. Клапан работает в импульсном режиме «открыт - закрыт», модулируя давление в зависимости от частоты вращения вала двигателя. Когда клапан открыт, давление уменьшается и угол опережения впрыскивания также уменьшается. Когда клапан закрыт, давление увеличивается, перемещая поршень автомата в сторону увеличения угла опережения впрыскивания. Отношение импульсов определяется электронным блоком в зависимости от режима работы и температурного состояния двигателя. Для определения момента начала впрыскивания одна из форсунок имеет индукционный датчик подъема иглы (рис. 2.36).

сти дозирования топлива в отдельные цилиндры, уменьшение межцикловой нестабильности процесса сгорания, уменьшение неравномерности работы дизеля на режимах холостого хода с соответствующим снижением вибраций. Некоторые системы (Model-1) с помощью быстродействующего клапана позволяют ввести элементы управления процессом впрыскивания, разделяя его на две фазы, что уменьшает жесткость процесса сгорания в цилиндре.

В электронном блоке управления сопоставляются реальные сигналы датчиков со значениями в запрограммированных полях характеристик, в результате чего на сервомеханизм исполнительных устройств передается выходной сигнал, обеспечивающий требуемое положение дозирующей муфты с высокой точностью регулирования. В настоящее время выпускаются модификации одноплунжерных насосов VP30 и VP37, а также ротаторный ТНВД VP44, оснащенные быстродействующими электромагнитными клапанами управления подачей топлива.

2.5. Проверка и регулировки топливных насосов VE

Топливные насосы Bosch VE и выпускаемые по лицензии фирмы Bosch THVD VE ZEXEL (Diesel Kiki) и Nippon Denso имеют широкое применение и устанавливаются на дизели автомобилей европейского и японского производства Audi, VW, BMW, Volvo, Peugeot, Ford, FIAT, Mazda, Nissan, Mitsubishi и другие.

2.5.1. Подготовительные и проверочные операции

Номенклатура топливных насосов VE определяется типом дизелей, на которые они устанавливаются, а основные данные насоса отражены на табличке фирмы, показанной для одного насоса в качестве примера на рис. 2.37.

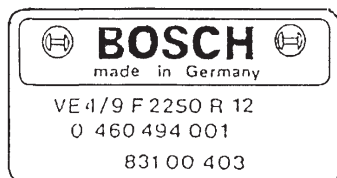


Рис. 2.37. Заводская табличка с обозначением модели ТНВД VE.

В корпус форсунки встроена катушка возбуждения 2 (рис. 2.36), на которую электронный блок управления подает опорное напряжение таким образом, что ток в электрической цепи поддерживается постоянным, независимо от изменений температуры. Этот ток создает вокруг катушки магнитное поле. Как только игла форсунки подымается, сердечник 3 изменяет магнитное поле, вызывая изменение сигнала электрического напряжения.

В определенный момент подъема иглы возникает пиковый импульс, который воспринимается электронным блоком управления и используется для управления углом опережения впрыскивания.

Электронный блок управления формирует сигналы, обеспечивающие протекание регуляторных характеристик, стабилизацию частоты вращения холостого хода, рециркуляцию ОГ, степень которой определяется по сигналам датчика массового расхода воздуха.

В систему заложена программа самодиагностики и отработки аварийных режимов, что позволяет обеспечить движение автомобиля при большинстве неисправностей, кроме выхода из строя микропроцессора.

Фирмами Bosch, Diesel Kiki (ZEXEL) и Nippon Denso разработан ряд систем электронного управления топливоподачей на базе топливного насоса VE, которые обеспечили дальнейшее совершенствование процесса топливоподачи - повышение точно-

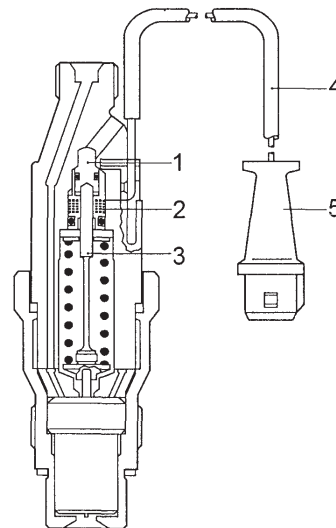


Рис. 2.36. Схема форсунки с датчиком подъема иглы:

1 - регулировочный винт; 2 - катушка возбуждения; 3 - шток; 4 - провод; 5 - фишка электрического разъема.

Марка насоса VE 4/9 F2250R12 расшифровывается следующим образом:

V - насос распределительного типа;

E - обозначает семейство ТНВД;

4 - число цилиндров двигателя;

9 - диаметр плунжера насоса, мм;

F - обозначает тип регулятора - центробежный;

2250 - номинальная частота вращения вала насоса, мин⁻¹;

L - насос левого вращения (R - правого вращения);

12 - индекс исполнения (для данного дизеля).

Дополнительные цифровые обозначения на табличке являются индексами фирмы, например, 0 460 494 001 расшифровывается так:

0 - индекс производства, 460 - класс изделия, 4 - обозначает насос типа VE, 9 - индекс диаметра плунжера, 4 - число цилиндров дизеля, 001 - порядковый номер, который может изменяться в производстве.

В топливных насосах VE японского производства в обозначении добавляется аббревиатура «NP», например, VE 4/8 F 2500 LNP 347.

Кроме того, на табличке может быть указана фирма (ZEXEL), и это же название отлито вместе с корпусом насоса.

Индекс исполнителя в обозначении насоса может быть уточнен в зависимости от комплектации, так для дизеля VW «AAZ» имеем:

ВW «AAZ» имеем:

Бosch VE 4/9 F2300 R 432 - автомобиль без кондиционера;

Бosch VE 4/9 F2300 R 432-4 - с кондиционером.

Несмотря на широкую номенклатуру насосов VE и некоторые конструктивные отличия существуют общие методы проверки и регулировки рассматриваемых ТНВД. Ниже излагаются некоторые приемы простейших проверок топливной аппаратуры при нарушении работы дизеля.

Если имеют место пропуск вспышек в отдельных цилиндрах дизеля, неравномерная работа и связанная с этой неисправностью потеря мощности, то для определения цилиндра, работающего с перебоями, может быть применен метод последовательного их отключения на режиме минимальной частоты вращения холостого хода. Для этого следует отвернуть на пол-оборота гайку крепления трубки высокого давления к форсунке и

на слух или с помощью тахометра определить наличие или отсутствие изменений в работе двигателя. В случае отсутствия изменений в работе данный цилиндр является причиной неравномерной работы и, следовательно, требуется произвести более детальную проверку (форсунки, компрессии и т.д.).

Полезным в определении причин нарушений работы двигателя является анализ дымности ОГ.

Неровная работа и потеря мощности могут быть связаны с засорением всасывающих топливопроводов грязью или с подсосом воздуха. Наличие пузырьков последнего на впуске может быть определено путем установки прозрачной трубки на всасывающей линии.

Если дизель не развивает максимальной частоты вращения и имеются признаки нарушения подачи топлива, следует установить манометр на штуцер фильтра тонкой очистки топлива и проверить величину низкого давления, которое должно соответствовать спецификации фирмы. Следует также проверить состояние топливного фильтра и наличие избыточного количества воды в сепараторе фильтра.

Необходимо проверить привод ТНВД, чтобы убедиться в правильности установки фазы опережения впрыскивания, особенно если двигатель подвергался ремонту.

Одной из первых проверок должна быть оценка правильности соединения рычага управления регулятором с педалью акселератора. Для этого должно быть проведено соответствие максимальной частоты вращения холостого хода и начала действия регулятора с отсоединенным приводом от педали, т.е. при непосредственном воздействии на рычаг управления, и с подсоединенным. В случае несоответствия отрегулировать привод.

Важным параметром работы топливной системы является температура топлива во внутренней полости корпуса ТНВД, оптимальная величина которой должна быть в пределах 45 - 50°C. Увеличение температуры выше 50°C приводит к снижению мощности дизеля, в большей степени для двигателя с турбонаддувом.

2.5.2. Проверка и корректировка основных установочных режимов

Регулировки топливных насосов определяются инструкциями фирм-изготовителей и должны быть строго соблюдены для обеспечения нормальной работы топливной аппаратуры и, соответственно, дизеля.

Регулировочные операции при сборке ТНВД носят общий характер для всех насосов VE, отличаясь только конкретными установочными размерами, которые обеспечиваются обычно установкой регулировочных шайб.

В таблице 2.1 приведены в качестве примера значения установочных размеров топливного насоса VE 4/8 F2125 RNP286 Diesel Kiki-ZEXEL дизеля автомобиля Mazda R2. Численные значения установочных размеров, приведенные в табл. 2.1, должны быть выдержаны при сборке ТНВД.

Таблица 2.1
Пример установочных размеров

Наименование размера	Величина размера, мм
K	3,20 - 3,40
KF	5,70 - 5,90
L ₁	1,50 - 2,00
L ₂	0,15 - 0,35
MS	1,40 - 1,60

На рис. 2.38, а, б показаны схемы измерения и регулировки установочных размеров «KF» и «K» с обозначением мест установки регулировочных шайб «А» и «В».

Размер «KF» есть расстояние между торцевой поверхностью втулки и концом плунжера. Измерение размера «KF» производится стрелочным индикатором, который с помощью приспособления вворачивается в резьбовое отверстие в центре распределительной головки.

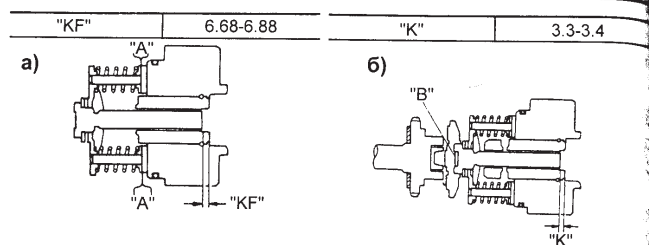


Рис. 2.38. Регулировки положения плунжера ТНВД: размеры «KF» и «K»

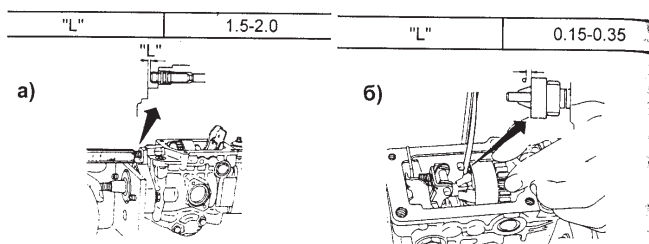


Рис. 2.39. Регулировки установочных размеров «L»: вала регулятора (а) и осевого зазора держателя грузов (б).

Размер «K» является расстоянием между торцевой поверхностью втулки и торцом плунжера, когда последний находится в НМТ. Проверка размера «K» также осуществляется стрелочным индикатором.

Выбор толщины регулировочных шайб должен производиться в соответствии с инструкциями фирм-производителей, которых даются и численные значения размеров, как это было показано на примере табл. 2.1.

На рис. 2.39 а, б показаны величины осевых зазоров «L» вала регулятора и держателя центробежных грузов. Вал регулятора имеет на конце левую резьбу у ТНВД правого вращения и правую резьбу у ТНВД левого вращения. Указанные на рис. 2.39 а, б зазоры практически одни и те же для различных насосов VE.

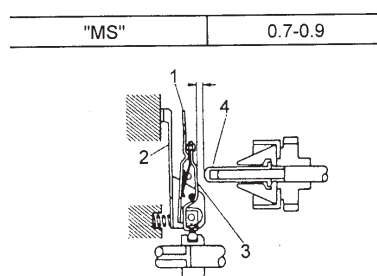


Рис. 2.40. Установочный размер «MS»: 1 - силовой рычаг, 2 - регулировочный рычаг, 3 - нажимной рычаг, 4 - сменный наконечник муфты.

Важное значение имеет установочный размер «MS», определяющий величину пусковой подачи топлива (рис. 2.40). Измерение величины «MS» производится приспособлением со стрелочным индикатором, которое устанавливается вместо вала регулятора. Порядок измерения показан на рис. 2.41 а, б. Вначале муфта регулятора прижимается пальцем руки к грузам, после чего стрелочный индикатор устанавливается на «ноль» (рис. 2.41, а). Затем силовой рычаг регулятора прижимается к упору (рис. 2.41, б), после чего муфта регулятора перемещается обратно до контакта пускового рычага с силовым. Показание индикатора есть размер «MS».

Если показание индикатора выходит за установленные пределы, следует заменить пробку муфты регулятора на другую, подобрав размер в соответствии со спецификацией запасных частей для данного насоса.

2.5.3. Контроль и регулировка насосов VE

Испытания и регулировки топливных насосов VE производятся на стендах для испытаний дизельной топливной аппаратуры с использованием приспособлений, перечень которых приводится в руководстве по технической эксплуатации для сервисной службы фирмы-производителя ТНВД или дизеля. В табл. 2.2 в качестве примера приведены регулировочные параметры насоса VE дизеля автомобиля Mazda R2.

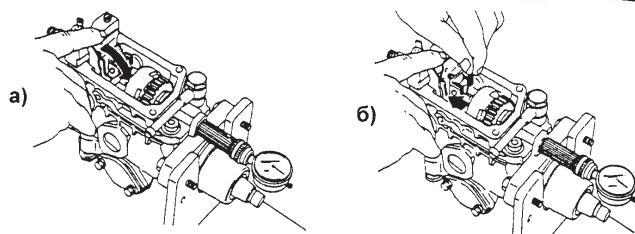


Рис. 2.41. Установочный размер стрелочного индикатора для измерения размера "MS".

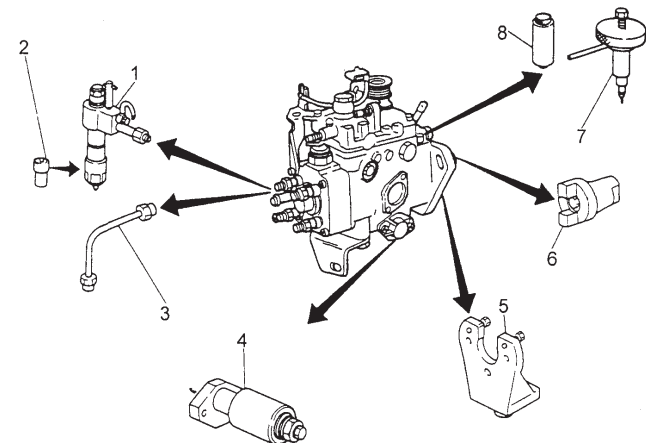


Рис. 2.42. Приспособления для испытаний ТНВД VE: 1 - эталонная форсунка; 2 - корпус распылителя; 3 - трубка ЛВД; 4 - приспособление для измерения хода поршня автомата опережения впрыскивания; 5 - кронштейн для установки насоса на топливном стенде; 6 - муфта привода ТНВД на стенде; 7 и 8 - приспособления для разборки и сборки регулятора низкого давления.

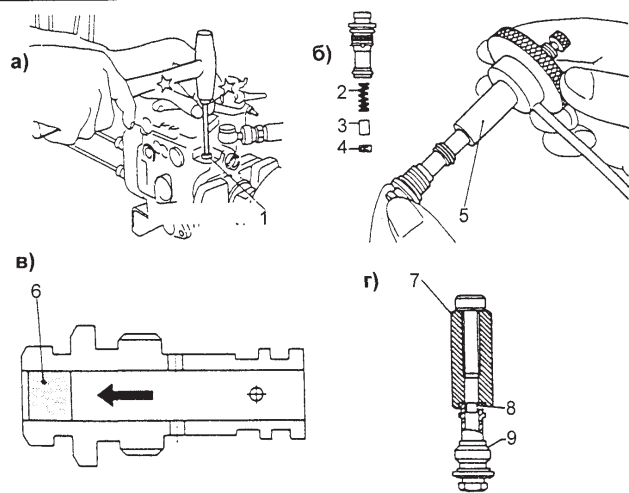


Рис. 2.43. Регулировки перепускного клапана низкого давления: 1 - клапан, 2 - пружина, 3 - поршень, 4 - пружинное кольцо, 5 - приспособление (7 на рис. 2.42), 6 - пробка-упор пружины, 7 - приспособление (8 на рис. 2.42), 8 - пружинное кольцо, 9 - перепускной клапан.

Если давление меньше установленного техническими условиями, например, в таблице 2.2 для ТНВД фирмы ZEXEL, нужно легкими ударами молотка по выколотке или штоку соответствующего диаметра передвинуть пробку внутрь корпуса клапана, увеличивая таким образом предварительное сжатие пружины (рис. 2.43, а).

Если измеренное давление оказывается ниже установленного техническими условиями, нужно выполнить следующие регулировочные операции:

- Вынуть клапан из корпуса ТНВД и разобрать, используя приспособление 7 на рис. 2.42 (рис. 2.43, б).
- Используя выколотку, выбить изнутри пробку 6 - упор пружины, так, чтобы она стала заподлицо с корпусом клапана (рис. 2.43, в).

Типовой набор приспособлений, используемый при техническом обслуживании и регулировке топливных насосов VE фирмой Nissan, показан на рис. 2.42. В испытаниях на топливных стендах используется технологическая жидкость для испытаний ISO 4113 или SAE J967d при температуре 45-50°C. В виде исключения может быть использовано дизельное топливо.

Эталонные топливные форсунки (1 и 2 на рис. 2.42) регулируются на давление начала впрыскивания, указанное в инструкции фирмы для данного насоса, а трубки высокого давления на стенде (3 на рис. 2.42) обычно имеют размеры 2,0х6,0х840 мм - внутренний и наружный диаметры и длина трубки, соответственно.

Приемы регулировки перепускного клапана низкого давления топлива показаны на рис. 2.43, а, б, в, г.

Таблица 2.2

Регулировочные параметры топливного насоса
Diesel Kiki-ZEXEL VE 4/8 F.2125 RNP 286

Цикловая подача по внешней скоростной характеристике			
Частота вращения вала ТНВД, мин ⁻¹		Цикловая подача, см ³ /1000 циклов	
2500		4,0 (максимально)	
2400		10,1 - 16,1	
2300		20,1 - 26,1	
2125		32,0 - 36,0	
1500		37,7 - 39,7	
1250		36,0 - 40,0	
500		30,7 - 34,7	
Холостой ход (минимальная частота вращения) вала ТНВД			
350		6,0 - 10,0	
450		меньше 4,0	
Ход поршня автомата опережения впрыскивания			
п, мин ⁻¹	1250	1500	2125
ход, мм	3,6 - 4,2	4,6 - 5,8	8,2 - 9,4
Давление подкачивающего насоса			
п, мин ⁻¹	500	1250	2125
Р, МПа	0,27 - 0,33	0,49 - 0,55	0,73 - 0,79
Расход топлива на слив через штуцер с дросселем			
п, мин ⁻¹		1250	
расход, см ³ /10 с		49,7 - 93,7	

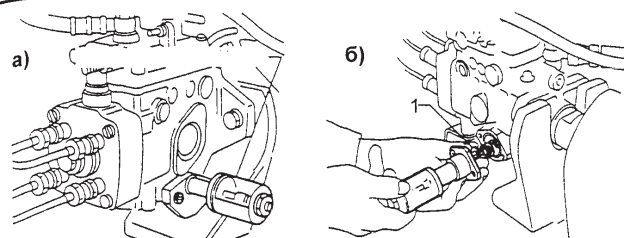


Рис. 2.44. Установка приспособления (а) и регулировка хода поршня автомата опережения впрыскивания (б); 1 - регулировочная шайба.

- Установить пружину 2, поршень 3 и пружинное кольцо 4 внутрь клапана, используя приспособление (рис. 2.43, г).
- Убедиться, что пружинное кольцо 4 заподлицо с корпусом клапана после установки всех его деталей.
- Установить регулировочный клапан в корпус ТНВД.
- Отрегулировать давление подкачивающего насоса в соответствии с техническими условиями.

Важное значение для нормальной работы дизеля имеет правильная регулировка автомата опережения впрыскивания. Для этого используется приспособление, с помощью которого проверяется ход поршня автомата (4 на рис. 2.42). Приспособление устанавливается вместо крышки автомата на стороне без пружины, если ТНВД не имеет автоматического привода KSB, и на стороне с пружиной, если таковой имеется (см. раздел 2.3.4). Установка приспособления показана на рис. 2.44, а, измерения производятся на режимах, указанных в инструкции фирмы-производителя, например, в стандарте ZEXEL, а регулировка осуществляется установкой/снятием регулировочных шайб, как это показано на рис. 2.44, б.

Важную роль в работе насоса играет дроссель в штуцере на выходе из корпуса ТНВД (рис. 2.3), определяющий расход топлива на слив и, следовательно, участвующий в формировании давления топлива во внутреннем пространстве ТНВД. Количество возвращаемого (на слив) топлива определяется техническими условиями производителя, в частности ZEXEL (табл. 2.2), и может быть измерено при испытании насоса на стенде при соответствующем подсоединении сливной трубки, как это показано на рис. 2.45.

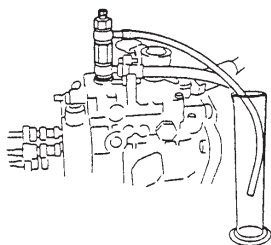


Рис. 2.45. Измерение расхода топлива на слив.

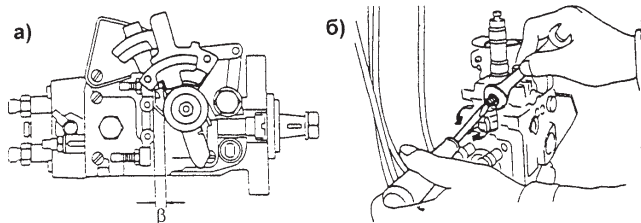


Рис. 2.46. Установка рычага управления на упоре максимального режима (а) и регулирование величины номинальной подачи топлива (б).

Измерение величины расхода топлива, идущего на слив, производится следующим образом:

- Установить рычаг управления на упоре максимальной частоты вращения, используя пружинное или другое подходящее приспособление.
- Подать напряжение 12 В на электромагнитный клапан прекращения подачи топлива.
- Измерить объемный расход возвращаемого топлива.

В случае несоответствия измеренного расхода требованиям технических условий проверить состояние дросселя, размер его отверстия (обычно 0,6 мм), возможное наличие запаздывания.

Регулировка величины цикловой подачи и настройки регулятора на режиме максимальной нагрузки осуществляется винтом максимальной подачи (рис. 2.46, а, б) с предварительной установкой рычага управления на упоре в винт максимальной частоты вращения.

тоты вращения, после чего оба винта пломбируются и допускают вмешательство только квалифицированного персонала при наличии соответствующего оборудования.

Положение рычага управления определяется размером «β» (рис. 2.46, а), который зависит от марки насоса VE, иногда в спецификации фирмы указывается угол поворота рычага, который для ТНВД VE двигателя Mazda R2 (табл. 2.2) должен быть в пределах 40-60°, а например, для ТНВД дизеля Nissan CD-17 линейный размер «β» равен 11-16 мм (спецификация SDS). В каждом отдельном случае регулировка должна проводиться в соответствии с инструкцией фирмы-изготовителя данного дизеля. Так, при проверке величины цикловой подачи нужно строго выдерживать скоростной режим (например, в соответствии с табл. 2.2) и в случае необходимости в регулировке оперировать винтом максимальной подачи (рис. 2.46 б и 2.19). При заворачивании регулировочного винта подача увеличивается, при отворачивании - уменьшается. Величина пусковой подачи определяется размером «MS», а в некоторых дизелях может также устанавливаться регулировочным винтом.

Порядок выполнения операций по регулировкам минимальной частоты вращения холостого хода и ускоренного холостого хода также определяются соответствующими спецификациями или инструкциями по эксплуатации конкретных двигателей.

Ниже представлены примеры выполнения регулировок холостого хода на ТНВД нескольких широко известных автомобильных фирм, что позволит читателю в принципе представить себе весь спектр подобных регулировок.

Регулировка холостого хода дизелей Volkswagen

Регулировочные винты ТНВД VE 4/9 F 2250 дизелей Volkswagen представлены на рис. 2.47. Регулировка режимов холостого хода осуществляется следующим образом.

Минимальная частота вращения холостого хода дизелей без турбонаддува, указанных в подрисуночной подписи (рис. 2.47) должна быть 900 мин⁻¹, для дизеля с турбонаддувом (AAZ) - 980 мин⁻¹.

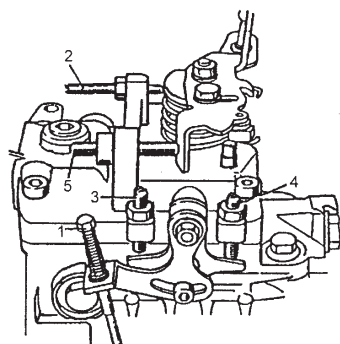


Рис. 2.47. Регулировочные винты ТНВД двигателей Volkswagen:

1 - регулировочный винт холостого хода; 2 - винт максимальной частоты вращения; 3 - ограничительный винт минимальной частоты вращения холостого хода; 4 - ограничительный винт ускоренного холостого хода; 5 - упор минимального режима.

Регулировка частоты вращения осуществляется винтом 1. Если поворотом винта 1 не удается отрегулировать требуемую частоту вращения, следует ослабить контргайку винта 3, отвернуть винт 3 и винтом 1 добиться требуемой частоты вращения, после чего завернуть винт 3 до касания с рычагом ограничения минимальной частоты вращения холостого хода, затянуть контргайку винта 3.

Частота вращения ускоренного холостого хода регулируется винтом 4 в следующем порядке:

- Проверить правильность регулировки минимальной частоты вращения холостого хода.
- Вытянуть рукоятку ускорителя холодного пуска (рис. 2.30) до первого фиксированного положения, при этом частота вращения должна увеличиться на 60 мин⁻¹.
- Вытянуть рукоятку до отказа и проверить частоту вращения ускоренного холостого хода, которая должна быть в пределах 1000-1100 мин⁻¹.
- При отклонении частоты вращения от нормы ослабить контргайку регулировочного винта 4, отрегулировать ускоренный холостой ход этим винтом и затянуть контргайку.

Регулировка максимальной частоты вращения холостого хода

- Запустить и прогреть двигатель (температура масла не менее 60°C).
- Быстро нажать на педаль акселератора до отказа и проверить частоту вращения, которая должна быть в пределах 4950-5150 мин⁻¹.
- При отклонении частоты вращения от нормы отрегулировать винтом 2.

Примечание: Винт 2 находится под пломбой, и его регулировка может быть выполнена только квалифицированным механиком или сервисной службой фирмы, если дизель находится на гарантии.

Окончательная регулировка минимальной частоты вращения холостого хода осуществляется винтом 5. При заворачивании винта 5 частота вращения увеличивается, при отворачивании уменьшается.

Примечание: Положение регулировочного винта минимального режима установлено на заводе и в процессе эксплуатации не должно изменяться.

Регулировка холостого хода дизелей CITROEN

Расположение регулировочных винтов ТНВД дизеля CITROEN показано на рис. 2.48 а, б.

Перед началом регулировки прогреть двигатель и отключить все вспомогательное оборудование. Частота вращения для дизелей AX должна быть 775 ± 25 мин⁻¹, для дизелей Saxo - 800 ± 25 мин⁻¹, частота вращения ускоренного холостого хода - 1000 ± 25 мин⁻¹.

Регулировка минимальной частоты вращения холостого хода (рис. 2.48 а):

- Запустить и прогреть двигатель.
- Отвернуть винт 1 до появления зазора между винтом 1 и рычагом управления 2.
- Отрегулировать частоту вращения винтом холостого хода 3.

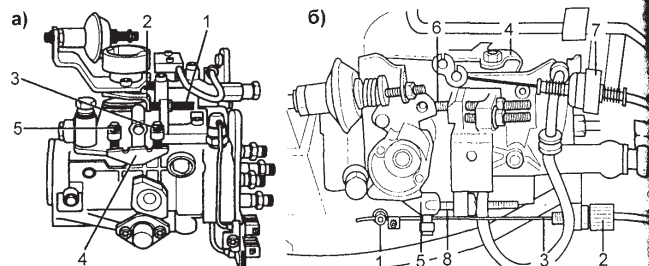


Рис. 2.48. Регулировочные винты ТНВД двигателя VJY/VJZ (TVD 5/L/Y L3 Citroen AX 1,5 D SAXO 1,5 D):

а: 1 - упор минимального режима; 2 - рычаг управления; 3 - винт регулирования холостого хода;
б: 1 - зажим; 2 - гайка; 3 - трос; 4 - рычаг остановки; 5 - рычаг управления (акселератора); 6 - винт максимальной частоты вращения; 7 - зажим троса акселератора; 8 - винт минимальной частоты вращения.

Регулировка ускоренного холостого хода:

- Двигатель холодный - рычаг 4 (рис. 2.48. а) должен быть на упоре (рис 2.48, а).
- Если нет, отрегулировать натяжение троса, используя зажим 1 (рис. 2.48, б), тонкую регулировку осуществлять гайкой с накаткой 2 (рис. 2.48, б).
- Прижать рычаг 4 к винту 5 (рис. 2.48, а) и отрегулировать ускоренный холостой ход винтом 5.
- На прогревом двигателя трос 3 (рис. 2.48, б) должен быть в ослабленном состоянии.

Регулировка против произвольной остановки двигателя:

- Вставить щуп толщиной 1 мм между рычагом управления 2 и винтом 1 (рис. 2.48, а).
- Отрегулировать частоту вращения в соответствии с техническими условиями.
- Вынуть щуп.
- Увеличить частоту вращения до 3000 мин⁻¹ поворотом рычага управления 2 и отпустить рычаг.
- Частота вращения должна уменьшаться до холостого хода в течение 2-3 секунд.

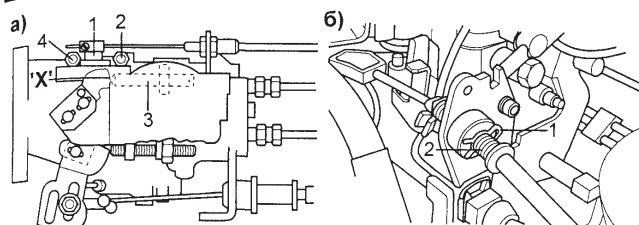


Рис. 2.49. Регулировочные винты ТНВД двигателя D8B FIAT Scudo 1,9 TD:
а: 1 - рычаг; 2 - регулировочный винт холостого хода; 3 - упор минимального режима; 4 - винт ускоренного холостого хода; б: 1 - стопор; 2 - шлицевая втулка.

Регулировка холостого хода дизелей FIAT Scudo и Ulysse

На рис. 2.49 а, б показано расположение регулировочных винтов ТНВД дизеля FIAT Scudo и Ulysse. Минимальная частота вращения холостого хода равна 830-880 мин⁻¹ для дизеля Scudo и 750-800 мин⁻¹ - Ulysse, ускоренный холостой ход - 900-1000 мин⁻¹ для обоих двигателей.

Регулировка минимальной частоты вращения холостого хода:

- Прогреть двигатель.
- Убедиться, что рычаг 1 находится на упоре в винт 2.
- Отрегулировать минимальную частоту вращения холостого хода винтом 2 и затянуть контргайку.
- Вставить щуп толщиной 1 мм между рычагом управления и регулировочным винтом 3 - упором минимального режима («Х» на рис. 2.49).
- Частота вращения должна увеличиться на 20-50 мин⁻¹.
- Если нет, отрегулировать винтом 3, после чего затянуть контргайку.

Регулировка ускоренного холостого хода:

- Установить рычаг 1 на упоре в регулировочный винт 4.
- Отрегулировать частоту вращения ускоренного холостого хода и затянуть контргайку.

Регулировка троса акселератора:

- Выключить «зажигание».
- Снять пружинный стопор 1 (рис. 2.49 б).
- Отрегулировать натяжение троса шлицевой втулкой 2, обеспечив легкое прославление.
- Установить стопор 1.

Регулировка холостого хода дизелей RENAULT

На рис. 2.50 показано расположение регулировочных винтов ТНВД дизеля RENAULT. Минимальная частота вращения холостого хода должна быть 775±25 мин⁻¹, ускоренного хода 875±25 мин⁻¹. Порядок регулировки практически одинаков с рассмотренным выше для дизеля Fiat. В рассматриваемом ТНВД имеется демпфер 7 рычага управления, регулировка которого заключается в следующих операциях:

- Убедиться, что рычаг 4 находится на упоре 2.
- Длина демпфера на режиме холостого хода должна соответствовать метке на его корпусе.

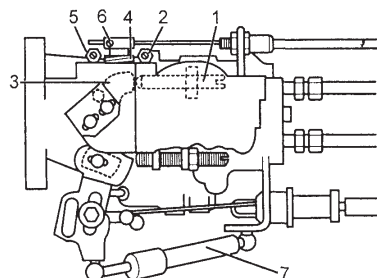


Рис. 2.50. Регулировочные винты ТНВД двигателя RENAULT:

1 - винт минимальной частоты вращения, 2 - упор минимального режима, 3 - рычаг управления, 4 - рычаг, 5 - винт ускоренного холостого хода, 6 - зажим троса, 7 - демпфер.

Регулировки холостого хода дизеля Toyota Landcruiser 3,0D Turbo

Регулировочные винты ТНВД DENSO VE показаны на рис. 2.51 а, б, в. Минимальная частота вращения холостого хода 700±50 мин⁻¹, частота вращения при включенном кондиционере - 950 мин⁻¹.

Порядок регулировки:

- Отсоединить тягу акселератора.
- Прогреть двигатель.
- Отрегулировать минимальную частоту вращения холостого хода винтом 1 (рис. 2.51 а).
- Подсоединить тягу акселератора.
- При необходимости отрегулировать длину тяги акселератора.

Регулировка ускоренного холостого хода (рис. 2.51 б):

- Измерить расстояние 1 между рычагом управления и винтом 2 (указано в спецификации Nippon DENSO).
- При несоответствии спецификации отрегулировать винтом 2.

Регулировка повышенной частоты вращения холостого хода при работающем кондиционере воздуха (рис. 2.51 в):

- Прогреть двигатель и отрегулировать холостой ход.
- Включить кондиционер.
- Отсоединить вакуумный шланг 1 от исполнительного сервомеханизма.
- Подать разрежение на сервомеханизм.
- Увеличить частоту вращения до 2500 мин⁻¹ на несколько секунд и «сбросить газ».
- Проверить значение частоты вращения и, если она не соответствует спецификации (950 мин⁻¹), отрегулировать винтом 2.
- Повторить проверку.
- Подсоединить вакуумный шланг.

Очень важную роль в нормальной работе дизеля является правильная установка угла опережения впрыскивания топлива. Проверка угла опережения впрыскивания в динамике проводится стробоскопической импульсной лампой на стенде или на двигателе и, в случае необходимости, проводится регулировка статического угла опережения впрыскивания с последующей динамической проверкой.

Статический угол опережения впрыскивания измеряется стрелочным индикатором, устанавливаемым в головке корпуса ТНВД вместо резьбовой пробки при положении поршня первого цилиндра в ВМТ такта сжатия и соответствующем совмещении меток на маховике или шкиве коленчатого вала и меток установки ТНВД на дизеле.

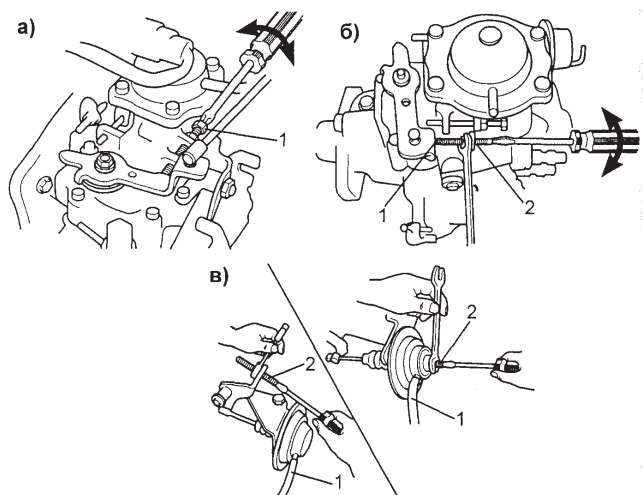


Рис. 2.51. Регулировочные винты ТНВД DENSO VE, TOYOTA Landcruiser: а: 1 - упор минимального режима; б: 1 - зазор между рычагом управления и винтом ускоренного холостого хода, 2 - винт ускоренного холостого хода; в: 1 - вакуумный шланг, 2 - регулировочный винт.

Таким образом, индикатор измеряет ход плунжера ТНВД от НМТ насоса до начала подачи топлива. Соответствующие обозначения угла и перемещение плунжера регламентированы инструкциями по эксплуатации конкретных двигателей.

Рамки учебного пособия не позволяют изложить подробную методику проведения сервисных операций, и такую цель авторы перед собой не ставили. Материалы, изложенные в разделе 2.5, дают представление об основных параметрах при сборке и регулировке топливных насосов VE и позволяют проводить простые регулировочные работы, в принципе общие для большинства быстроходных дизелей, оснащенных ТНВД Bosch VE, Diesel Kiki-ZEXEL, NIPPON-DENSO, MICO (Bosch Group).

На некоторых моделях топливного насоса VE могут быть установлены автоматические устройства TAS и TLA, назначение которых объясняется во введении к разделу 2.3.

На дизелях японских автомобилей устанавливаются топливные насосы VE фирмы ZEXEL (Diesel Kiki), которые имеют некоторые дополнительные устройства в зависимости от модели автомобиля. В частности, если автомобиль оснащен кондиционером, на ТНВД VE устанавливается пневматическое устройство для увеличения частоты вращения холостого хода. В топливных насосах VE ZEXEL могут иметь место некоторые другие конструктивные отличия от ТНВД VE других отделений фирмы Bosch, не имеющие принципиального значения.

3. РОТОРНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ТНВД ТИПА Lucas

3.1. Номенклатура и назначение ТНВД Lucas-CAV

Английская фирма Lucas CAV и её многочисленные филиалы в мире известны как изготовители дизельной топливной аппаратуры различных видов и в том числе широко известны роторные ТНВД распределительного типа DPA, DPC и DPS. ТНВД с электронным управлением EPIC.

Хорошо известные топливные насосы Lucas DPA, выпускаемые с 1956 г., предназначались для дизелей с рабочим объемом до 2-х литров и устанавливались на двигатели многих известных фирм. Объем продаж ТНВД DPA составлял более одного миллиона в год.

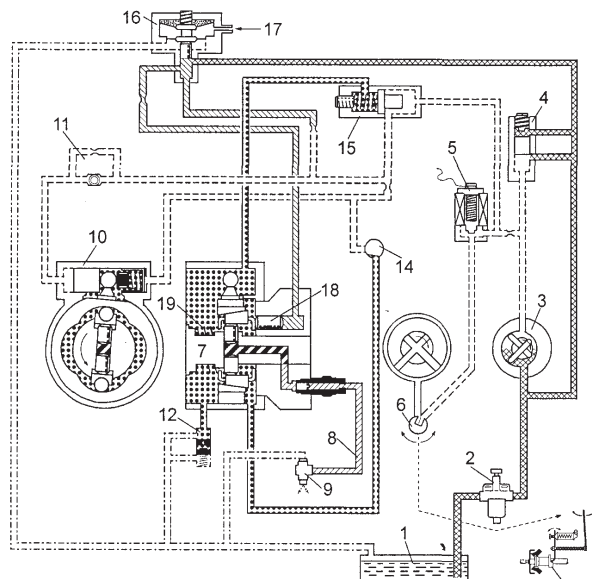
Типовой ряд роторных распределительных ТНВД DPC был разработан для вихрекамерных дизелей легковых автомобилей, микроавтобусов и легких грузовиков рабочим объемом до 2,5 л и в настоящее время находит преимущественное применение на четырехцилиндровых двигателях. В топливных насосах DPC используется механизм с внутренним кулачковым профилем, применяемый во всех ТНВД Lucas ряда DP.

Топливный насос DPS спроектирован в основном для дизелей с непосредственным впрыскиванием топлива, предназначенных для установки на автомобили, тракторы, сельскохозяйственные машины, а также для дизелей промышленных и судовых установок. Насос DPS выпускается с четырьмя или двумя плунжерами и может устанавливаться на 3-, 4- и 6-цилиндровых двигателях с рабочим объемом одного цилиндра до 1,6 л, в том числе и на дизелях с разделенной камерой сгорания. Семейство топливных насосов DP-200 предназначено для дизелей внедорожных машин, отвечающих требованиям жестких норм токсичности. Насосы DP-200, DP-201, DP-202, DP-203 также в основном предназначены для дизелей с непосредственным впрыскиванием топлива и обеспечивают высокие значения цикловой подачи, до 105 мм³ и максимального давления впрыскивания до 80 МПа.

ТНВД с электронным управлением EPIC предназначены как для дизелей с непосредственным впрыскиванием топлива, так и для дизелей с разделенными камерами сгорания. Топливные насосы EPIC значительно улучшают характеристики дизелей, как ходовые, так и при работе на режиме холостого хода. В ТНВД модели EPIC традиционное для насосов ряда DP дозирование дросселированием на всасывании заменено на дозирование изменением хода плунжеров.

Перспективной разработкой фирмы Lucas является роторный ТНВД с электронным управлением модели ESR для быстроходных дизелей с непосредственным впрыскиванием топлива, обеспечивающий максимальное давление впрыскивания до 150 МПа.

В данном учебном пособии подробно рассматривается базовая конструкция ТНВД Lucas - насос DPC. Другие модели ряда DP имеют принципиально такую же конструкцию нагнетательного элемента насоса и отличаются только дополнительными элементами и электронными устройствами, особенности которых будут рассмотрены ниже.



- Давление на входе в подкачивающий насос
 --- Управляющее давление
 --- Давление в возвратном трубопроводе
 --- Дозирующее давление
 --- Давление впрыскивания
 --- Чередующиеся давления дозирования-впрыскивания
 --- Давление, действующее на исполнительный элемент корректора по наддуву
 --- Давление в камере плунжеров

Рис. 3.1. Схема системы топливоподачи с ТНВД Lucas DPC:

1 - топливный бак, 2 - топливный фильтр с ручным подкачивающим насосом, 3 - топливный насос низкого давления, 4 - регулирующий (редукционный) клапан низкого давления, 5 - электромагнитный клапан выключения подачи топлива, 6 - дозирующий клапан, 7 - нагнетательная секция, 8 - ЛВД, 9 - форсунка, 10 - автомат опережения впрыскивания, 11 - клапан, предотвращающий запуск автомата опережения впрыскивания, 12 - клапан давления в полости кулачкового механизма нагнетательной секции, 13 - регулятор частоты вращения, 14 - клапан опережения впрыскивания на малых нагрузках, 15 - дифференциальный клапан, 16 - корректор по давлению наддува, 17 - давление наддува, 18 - поршни пускового обогатителя, 19 - возвратная пружина.

3.2. Конструкция топливных насосов Lucas DPC

3.2.1. Общее устройство ТНВД Lucas DPC

На рис. 3.1 представлена схема системы топливоподачи с топливным насосом DPC.

Топливо из бака 1 проходит через топливный фильтр 2 и подаётся на вход топливного насоса низкого давления 3 роторно-лопастного типа, откуда через электромагнитный клапан выключения подачи 5 поступает к дозирующему клапану 6. Низкое давление в системе поддерживается регулирующим клапаном 4. Дозирование топлива в ТНВД Lucas осуществляется по принципу дросселирования на впуске путём поворота дозирующего клапана, находящегося под воздействием автоматического регулятора частоты вращения. Топливо от дозирующего клапана поступает в гидравлическую головку и далее в нагнетательную секцию 7, в которой используется механизм с внутренним кулачковым профилем и радиально перемещающимися плунжерами, применяемый во всех распределительных ТНВД фирмы Lucas.

В ходе нагнетания топливо через нагнетательный клапан и ЛВД 8 соответствующего цилиндра подаётся к форсунке 9. Автомат опережения впрыскивания 10 регулирует момент начала впрыскивания топлива в зависимости от скоростного режима двигателя. Кроме автомата опережения впрыскивания в топливной системе Lucas предусматриваются дополнительные устройства опережения впрыскивания, которые будут рассмотрены ниже.

В дизелях с турбонаддувом устанавливается корректор по давлению наддува 16, обеспечивающий согласование расходов топлива и воздуха на режимах разгона.

Общий вид топливного насоса Lucas DPC в разрезе показан на рис.3.2.

3.2.2. Роторно-лопастной насос низкого давления

Роторно-лопастной насос низкого давления служит для создания в корпусе ТНВД низкого давления, величина которого зависит от частоты вращения двигателя. Низкое давление топлива обеспечивает его подачу к нагнетательной секции и также управляет работой автомата опережения впрыскивания.

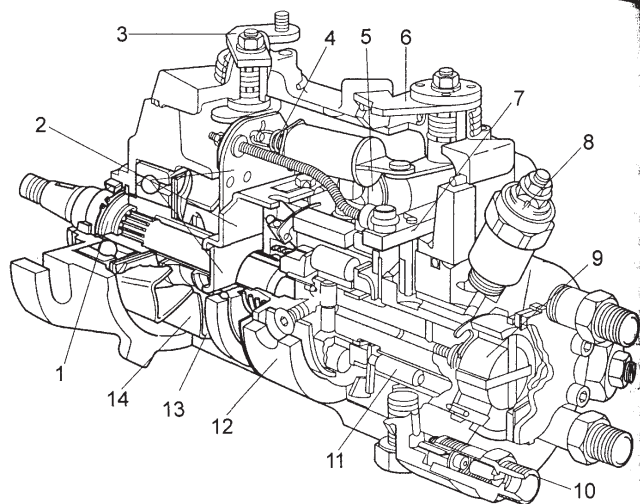


Рис.3.2. Общий вид ТНВД Lucas DPC:

1 - ступица привода, 2 - рычаг регулятора частоты вращения, 3 - рычаг холостого хода, 4 - рабочая пружина регулятора частоты вращения, 5 - автомат опережения впрыскивания, 6 - рычаг управления, 7 - дозирующий клапан, 8 - электромагнитный клапан выключения подачи, 9 - насос низкого давления, 10 - корпус (штуцер) нагнетательной секции, 11 - поршень повышенной подачи топлива, 12 - кольцо с внутренними кулачками, 13 - грузы регулятора частоты вращения, 14 - держатель грузов регулятора.

Расположение топливного насоса низкого давления в корпусе ТНВД выделено чёрным цветом на рис. 3.3. Детали топливного насоса низкого давления показаны на рис.3.4.

Топливный насос низкого давления установлен на конце ротора - распределителя ТНВД и состоит из ротора, эксцентриковой шайбы и двух жёстких лопастей, которые перемещаются по профилю внутренней поверхности эксцентриковой шайбы. Насос низкого давления относится к насосам объёмного типа, давление топлива в котором увеличивается, когда объём полости при движении лопастей уменьшается.

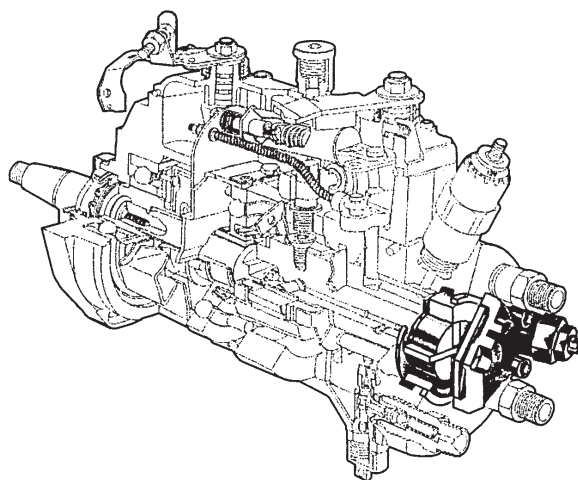


Рис.3.3. Расположение топливного насоса низкого давления.

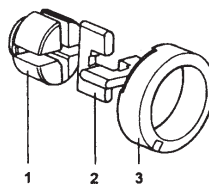


Рис.3.4. Детали топливного насоса низкого давления:

1 - ротор, 2 - лопасти, 3 - эксцентриковая шайба.

Регулирующий клапан низкого давления, установленный в гидравлической головке ТНВД, поддерживает низкое давление в определённых пределах, обеспечивая заданную зависимость давления топлива от частоты вращения, а также условия правильного дозирования топлива.

Регулирующий клапан состоит из корпуса 4, в котором размещены поршень 2 и пружина 3. Усилие пружины регулируется винтом 5. Пружина 1 удерживает поршень в исходном положении (рис.3.5).

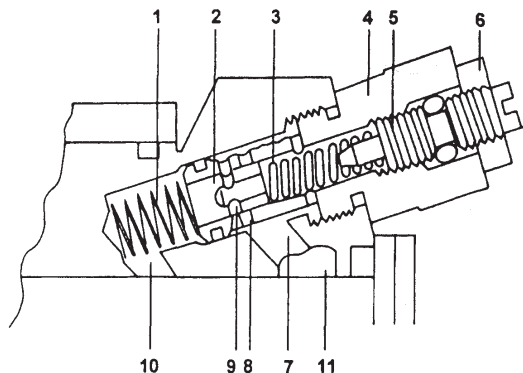


Рис.3.5. Регулирующий клапан низкого давления:

1 - возвратная пружина, 2 - поршень, 3 - рабочая пружина, 4 - корпус регулирующего клапана, 5 - регулировочный винт, 6 - контргайка, 7 - сливной канал, 8 - отверстия регулировочного клапана, 9 - входное отверстие, 10 - полость нагнетания, 11 - полость на входе в насос низкого давления.

Заполнение клапана топливом происходит при перемещении поршня 2, который сжимает пружину 3 и обеспечивает таким образом соединение каналов 10 и 11. При увеличении частоты вращения ротора насоса низкое давление увеличивается, поршень 2 перемещается и последовательно открывает отверстия 8, регулируя таким образом величину давления.

3.2.3. Нагнетание и распределение топлива

Функции нагнетания и распределения топлива выполняются основной секцией топливного насоса, которая называется гидравлической головкой и состоит из двух частей - корпуса гидравлической головки и ротора-распределителя. Ротор-распределитель включает в себя нагнетательный элемент, состоящий из двух радиально движущихся плунжеров (в некоторых модификациях ТНВД серии DP нагнетательный элемент состоит из четырёх плунжеров). Схема гидравлической головки в разрезе показана на рис.3.6.

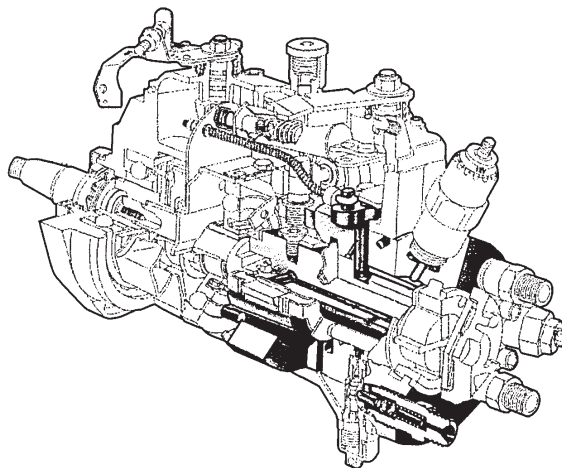


Рис.3.6. Схема гидравлической головки ТНВД Lucas DPC.

Схема работы ротора-распределителя показана на рис.3.7а,б.

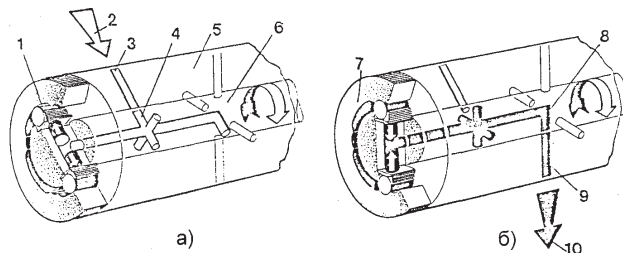


Рис.3.7. Схема работы ротора-распределителя ТНВД Lucas:

а - фаза впуска топлива, б - фаза нагнетания и впрыскивания топлива; 1 - плунжер, 2 - впуск топлива, 3 - впускное отверстие, 4 - канал для впуска топлива, 5 - корпус гидравлической головки, 6 - ротор-распределитель, 7 - кольцо с внутренними кулачками, 8 - выходной канал, 9 - выходное отверстие, 10 - подача топлива к форсунке одного из цилиндров.

Топливо под низким давлением поступает к впускному отверстию в гидравлической головке, эффективное сечение которого определяется положением дозирующего клапана (позиция 6 на рис.3.1), управляемого автоматическим регулятором частоты вращения. Во время фазы впуска впускное отверстие (-я) в гидравлической головке совмещается с одним из каналов в роторе-распределителе, и топливо поступает во внутренние полости ротора. В это время плунжеры 3

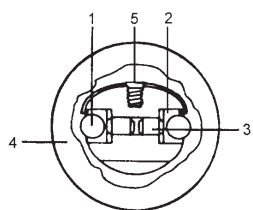


Рис.3.8. Схема перемещения плунжеров нагнетательного элемента:

1 - ролик, 2 - толкатель (башмак), 3 - плунжер, 4 - кольцо с внутренним кулачковым профилем, 5 - регулировочный винт максимальной подачи.

Во время хода нагнетания роликовые толкатели в соответствии с профилем двух (или четырех) противоположно расположенных внутренних кулачков заставляют плунжеры перемещаться навстречу друг другу, в результате чего происходит нагнетание топлива. Когда ролики оказываются на вершине кулачков, процесс сжатия топлива прекращается и начинается следующий цикл наполнения нагнетательного элемента.

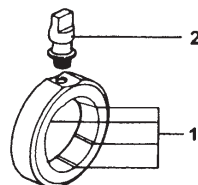


Рис.3.9. Кольцо с внутренним кулачковым профилем.

Кольцо с внутренним кулачковым профилем показано на рис.3.9.

На внутренней поверхности кольца имеются кулачки 1, выполненные с высокой степенью точности. Форма кулачков определяет закон перемещения плунжеров, продолжительность фазы сжатия и стабильность подачи топлива в каждом цикле. Винт-поводок 2 служит для соединения кольца с автоматом опережения впрыскивания.

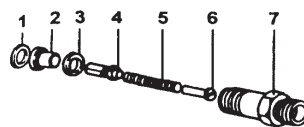


Рис.3.10. Нагнетательный клапан ЛВД: 1 - уплотнительная шайба, 2 - седло клапана, 3 - уплотнительная шайба, 4 - нагнетательный клапан, 5 - пружина, 6 - вытеснитель, 7 - штуцер нагнетательного клапана.

В корпус ТНВД ввернут корпус нагнетательного клапана высокого давления, устройство и работа которого подробно рассмотрены в параграфе 2.1.4 настоящего учебного пособия. Детали нагнетательного клапана топливного насоса Lucas DPC показаны на рис.3.10.

3.2.4. Пусковая подача топлива

Для облегчения пуска двигателя в топливном насосе DPC предусмотрен пусковой обогатитель, который обеспечивает увеличенную подачу топлива при пуске и при работе на пусковой частоте вращения, что осуществляется путём увеличения расстояния между плунжерами в ходе впуска. Для этого на внешней поверхности толкателей и в пластине - ограничителе максимальной подачи выполнены прорезы, как показано на рис.3.11.

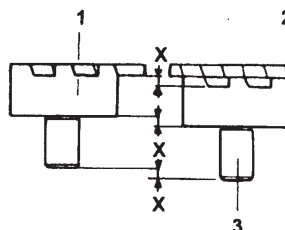


Рис.3.11. Схема регулирования расстояния между плунжерами:

1 - толкатели (башмаки), 2 - пластина-ограничитель максимальной подачи, 3 - плунжер.

Расположение пускового обогатителя в гидравлической головке выделено чёрным цветом на рис.3.12.

Когда выступы в толкателях входят в зацепление с прорезями в пластине, максимальное расстояние между плунжерами 3 (рис.3.11) увеличивается на величину x , которая зависит от глубины паза в толкателях. Совместное перемещение ролика и толкателя из положения максимальной (пусковой) подачи в положение номинальной подачи и обратно осуществляется при осевом смещении узла ролик - толкатель под действием возвратной пружины пускового обогатителя (позиции 19 на рис.3.1 и 2 на рис.3.13) в сторону увеличения подачи топлива и перемещением поршней пускового обогатителя (позиции 18 на рис.3.1 и 1 на рис.3.13) в сторону уменьшения пусковой подачи.

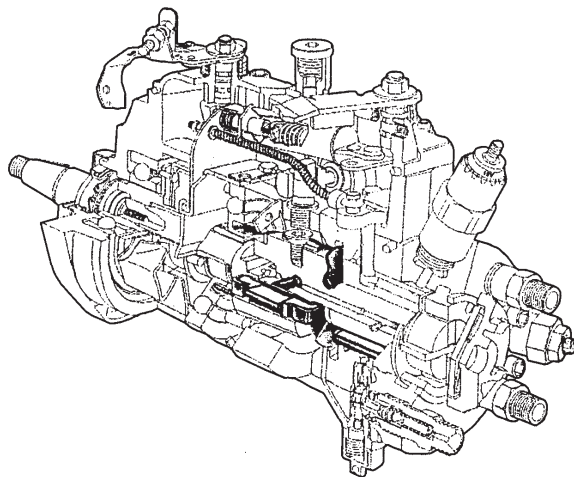


Рис.3.12. Схема расположения пускового обогатителя в гидравлической головке ТНВД.

нии клапана давление на поршни пускового обогатителя не действует и последний увеличивает подачу топлива. Когда клапан открыт, давление топлива под низким давлением поступает через отверстие 8 к поршням пускового обогатителя, в результате чего действие последнего прекращается.

3.2.5. Автоматические регуляторы частоты вращения

Автоматические регуляторы частоты вращения служат для поддержания на заданном уровне частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Подробно о назначении и работе механических регуляторов частоты вращения говорится в разделах 1.3 и 2.2 настоящего пособия.

3.2.5.1. Всережимный регулятор

Расположение всережимного регулятора частоты вращения в корпусе ТНВД показано на рис.3.15. всережимный регулятор обеспечивает поддержание задаваемой водителем частоты вращения во всем диапазоне рабочих режимов.

Детали всережимного регулятора частоты вращения показаны на рис.3.16.

Рычаг управления 1, связанный с педалью акселератора, при своём повороте воздействует на рабочую пружину 3 регулятора, изменяя её предварительную натяжку и устанавливая таким образом регулируемый скоростной режим двигателя. Пружина регулятора одним концом соединена с валом рычага управления и вторым концом с рычагом 9 регулятора, который в свою очередь соединён тягой 7 с дозирующим клапаном 8. Обойма 13 грузов регулятора закреплена на валу привода 14, в обойме установлены несколько (в данном регуляторе шесть) грузов, движение которых передаётся через муфту регулятора 11 рычагу 9. При работе на установившемся режиме центробежная сила грузов регулятора и усилие рабочей пружины, приведённые к рычагу регулятора 9, находятся в равновесии, и регулятор величину подачи топлива не изменяет. Любое изменение в соотношении этих сил, связанное либо с изменением нагрузки, либо с изменением положения педали акселератора, приводит к изменению положения дозирующего клапана и, следовательно, к изменению величины подачи топлива.

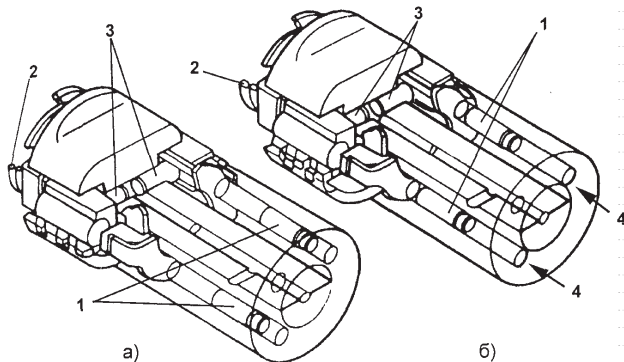


Рис.3.13. Механизм перемещения пускового обогатителя:

а - пусковая подача. б - номинальная подача.

1 - поршни пускового обогатителя, 2 - возвратная пружина, 3 - плунжеры, 4 - направление подачи топлива под давлением от дифференциального клапана.

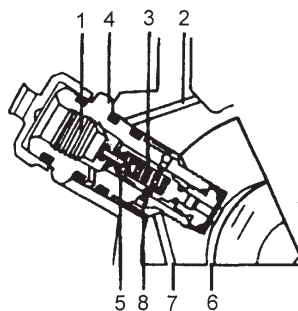


Рис.3.14. Дифференциальный клапан:

1 - регулировочный винт, 2 - перепускной канал к камере кулачкового механизма, 3 - пружина клапана, 4 - корпус клапана, 5 - клапан, 6 - кольцевая канавка для подвода низкого давления, 7 - канал к поршням пускового обогатителя; 8 - отверстие, соединяющее канал с клапаном.

Управляющее давление к поршням пускового обогатителя подводится от дифференциального клапана (позиция 15 на рис.3.1), схема которого показана на рис.3.14.

Дифференциальный клапан, работающий под действием низкого давления, размещён в корпусе 4, который одновременно прикрепляет гидравлическую головку к корпусу ТНВД. Усилие предварительной натяжки пружины 3 клапана 5 регулируется винтом 1.

Давление, создаваемое лопастным насосом низкого давления и зависящее от скоростного режима двигателя, подводится к клапану через кольцевую канавку 6. При закрытом положе-

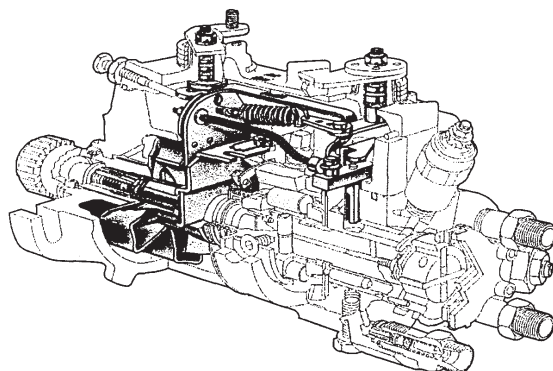


Рис.3.15. Расположение всережимного регулятора частоты вращения в корпусе ТНВД.

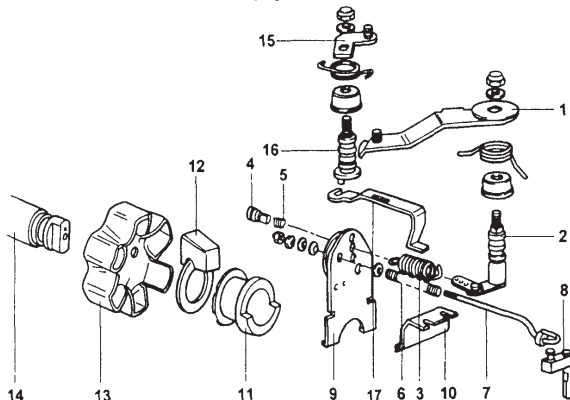


Рис.3.16. Детали всережимного регулятора частоты вращения:

1 - рычаг управления, 2 - вал рычага управления, 3 - рабочая пружина регулятора, 4 - направляющая пружины минимального холостого хода, 5 - пружина минимального холостого хода, 6 - пружина соединительной тяги, 7 - соединительная тяга регулятора, 8 - дозирующий клапан, 9 - рычаг регулятора, 10 - кронштейн, 11 - муфта регулятора, 12 - грузы регулятора, 13 - обойма грузов регулятора, 14 - вал привода, 15 - рычаг остановки двигателя, 16 - вал рычага остановки, 17 - скоба механизма остановки.

3.2.5.2. Двухрежимный регулятор

Расположение регулятора в корпусе ТНВД показано на рис.3.17. Двухрежимный регулятор обеспечивает автоматическое регулирование режима пуска и частоты вращения на минимальном и максимальном режимах. Все промежуточные режимы находятся под управлением водителя, который непосредственно воздействует на дозирующий клапан, изменяя подачу топлива.

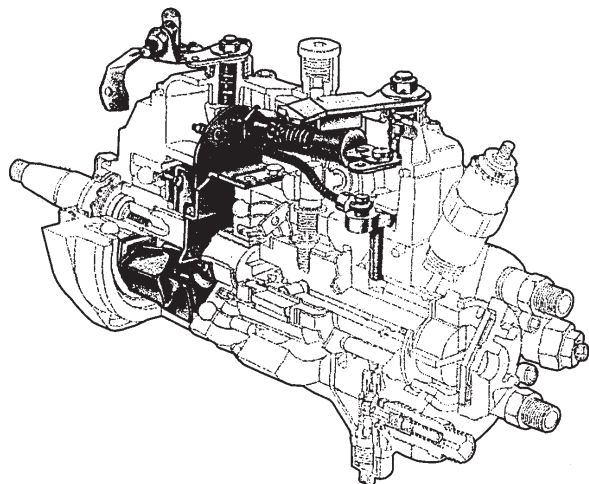


Рис.3.17. Расположение двухрежимного регулятора в корпусе ТНВД.

Детали двухрежимного регулятора показаны на рис.3.18. Узел 2 в регуляторе включает в себя пружину максимального скоростного режима и пружину частичного режима, которые размещены внутри цилиндрического стального корпуса, соединяющего рычаг управления 1 с верхней частью рычага регулятора 3, который через тягу 5 соединён с дозирующим клапаном 7. Пластина пружина 14, закреплённая на передней части рычага регулятора 3, регулирует холостой ход минимального режима.

Центробежные грузы 9 регулятора, размещённые в обойме 10, при своём перемещении под действием центробежной си-

лы воздействуют на муфту регулятора 8, которая, в свою очередь, на рычаг регулятора 3 и затем на дозирующий клапан 7.

На холостом ходу минимального режима центробежная сила грузов мала и режимом управляет пластинчатая пружина 14.

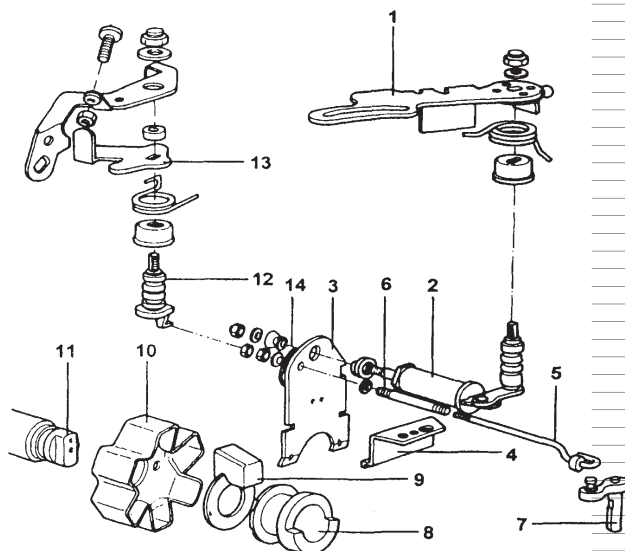


Рис.3.18. Детали двухрежимного регулятора:

1 - рычаг управления, 2 - узел рабочих пружин регулятора, 3 - рычаг регулятора, 4 - кронштейн, 5 - соединительная тяга, 6 - пружина соединительной тяги, 7 - дозирующий клапан, 8 - муфта регулятора, 9 - грузы регулятора, 10 - обойма грузов регулятора, 11 - вал привода, 12 - вал регулирования холостого хода минимального режима, 13 - рычаг холостого хода минимального режима, 14 - пластинчатая пружина холостого хода минимального режима.

В отличие от всережимного регулятора при повороте рычага управления имеет место непосредственное воздействие на дозирующий клапан, а регулятор осуществляет регулирование только максимального и минимального скоростных режимов.

3.2.6. Регулирование угла опережения впрыскивания

Регулирование угла опережения впрыскивания является необходимым условием нормального протекания рабочего процесса дизеля. Общие соображения о назначении автоматического устройства опережения впрыскивания топлива представлены в параграфе 2.3.1 настоящего учебного пособия.

3.2.6.1. Автомат опережения впрыскивания

Автомат опережения впрыскивания расположен в верхней части корпуса ТНВД и связан механически с кулачковым кольцом. Схема расположения и устройство автомата опережения впрыскивания показаны на рис.3.19 и рис.3.20 соответственно.

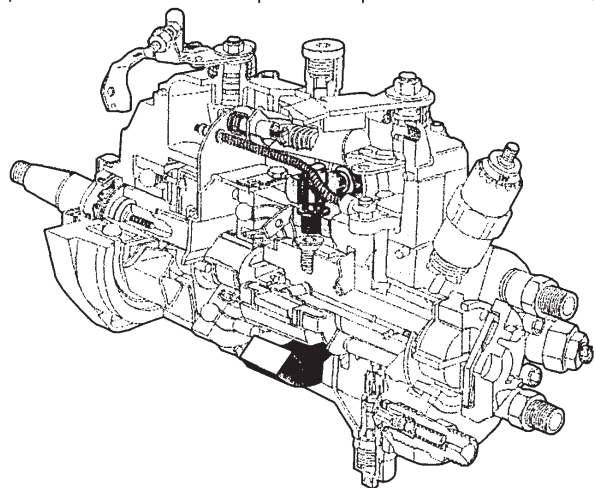


Рис.3.19. Схема расположения автомата опережения впрыскивания в корпусе ТНВД.

Поршень 7 автомата, перемещающийся во втулке 10, расположенной в корпусе ТНВД, посредством винта-поводка 6 соединяется с кулачковым кольцом 13. Набор пружин 3 и 5 контролирует перемещение поршня, когда он находится под воздействием низкого давления топлива.

Когда двигатель остановлен и дифференциальный клапан дополнительной подачи топлива на режиме пуска закрыт, давление на поршень автомата опережения не действует. Поршень под действием рабочей пружины 3 и пружины запаздывания 5 прижимается к пробке 9. Таким образом система находится в положении подготовки к пуску. При открытии дифференциального клапана топливо от роторно-лопастного насоса поступает в камеру 8, и поршень под действием давления топлива перемещается до упора в тарелку 4, полностью сжимая пружину запаздывания 5. Теперь система находится в положении так называемого "нулевого опережения". При увеличении частоты вращения двигателя давление в камере 8 увеличивается, и когда сила давления превышает усилие затяжки рабочей пружины 3, поршень начнёт перемещаться, а связанное с ним кулачковое кольцо поворачиваться в сторону, противоположную направлению вращения вала ТНВД, увеличивая угол опережения впрыскивания. При снижении частоты вращения двигателя пружина толкает поршень автомата обратно, уменьшая угол опережения.

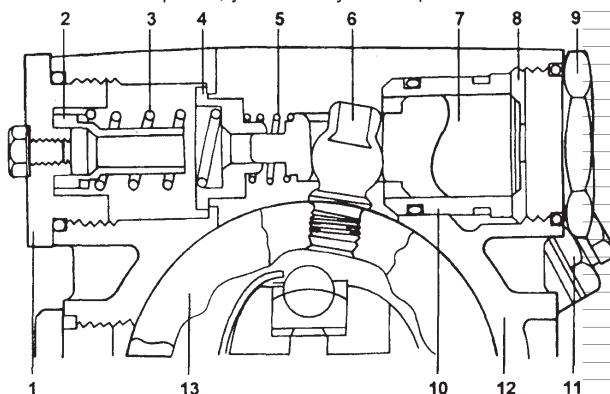


Рис.3.20. Автомат опережения впрыскивания топлива:

1 - резьбовая пробка, 2 - ограничитель максимального опережения, 3 - главная рабочая пружина, 4 - подвижный упор пружины, 5 - пружина запаздывания, 6 - винт-поводок кулачкового кольца, 7 - поршень автомата опережения, 8 - камера давления, 9 - пробка, 10 - втулка автомата опережения, 11 - штуцер гидравлической головки, 12 - корпус ТНВД, 13 - кольцо с внутренним кулачковым профилем.

3.2.6.2. Регулирование угла опережения впрыскивания на режимах малых нагрузок

В рассматриваемом ТНВД управление цикловой подачей топлива осуществляется изменением количества топлива, наполняющего межплунжерную полость ротора, что приводит к нежелательному запаздыванию начала впрыскивания топлива на частичных режимах. Для компенсации уменьшения угла опережения впрыскивания предусмотрена система регулирования опережения впрыскивания на режимах малых нагрузок (LLA), которая дополняет основную систему регулирования опережения.

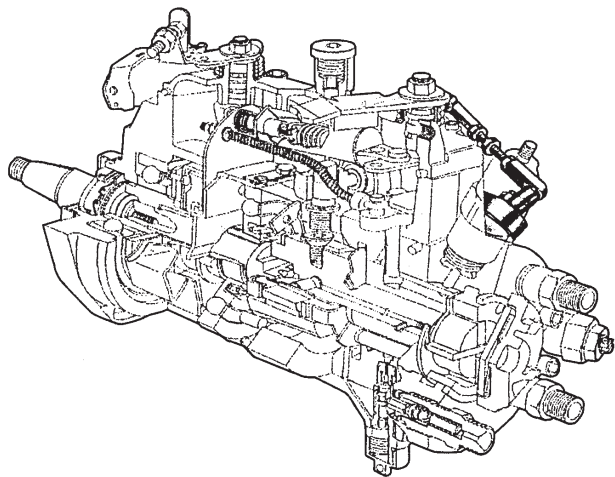


Рис.3.21. Расположение устройства опережения на режимах малых нагрузок на корпусе ТНВД.

Расположение устройства опережения на корпусе ТНВД показано на рис.3.21. Схема механизма опережения на режимах малых нагрузок показана на рис.3.22.

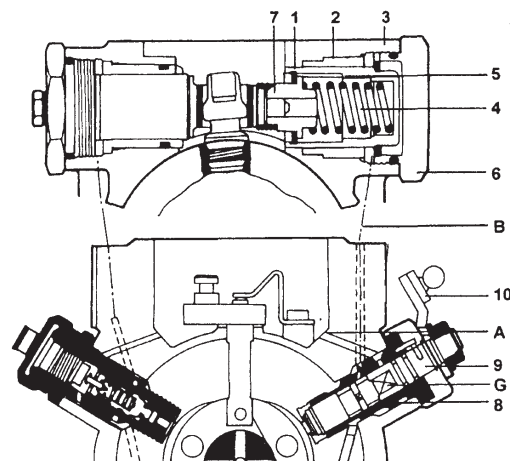


Рис.3.22. Схема механизма опережения впрыскивания на режимах малых нагрузок:

1 - поршень LLA, 2 - втулка, 3 - корпус, 4 - пружина опережения, 5 - стопорное кольцо, 6 - пробка LLA, 7 - подвижный упор, 8 - корпус клапана, 9 - золотник, 10 - рычаг; А - канал к полости кулачкового механизма, В - канал подвода топлива к поршню LLA, G - лыска.

Принцип работы механизма LLA с гидромеханическим управлением

На холостом ходу и на режимах малых нагрузок топливо под давлением поступает к клапану 9 системы LLA через дифференциальный клапан пускового обогатителя, рычаг управления, соединённый тягой с клапаном 9, открывает клапан и на поршень 1 LLA начинает действовать давление, создаваемое в полости кулачкового механизма. В то же время к поршню автомата опережения впрыскивания приложено низкое давление от роторно-лопастного насоса. Разность давлений в указанных механизмах вызывает сдвиг кольца с кулачковым профилем в положение опережения, характерное для малых нагрузок.

На режиме полной нагрузки рычаг управления с помощью тяги перекрывает клапан системы LLA, и за поршнем LLA создаётся давление от роторно-лопастного насоса, под действием которого поршень 1 сдвигается вместе с поршнем основного механизма - автомата опережения, поворачивая кольцо с внутренним кулачковым профилем в направлении вращения вала ТНВД и устанавливая его в положение, соответствующее полной нагрузке.

Принцип действия механизма LLA с электромагнитным управлением

На автомобилях с электронной системой управления, в частности с системой рециркуляции отработавших газов (EGR), регулирование угла опережения впрыскивания на режимах малых нагрузок может осуществляться электромагнитным клапаном, что позволяет более точно поддерживать угол опережения впрыскивания. Сигнал от потенциометра, соединённого с рычагом управления, подаётся на электронный блок управления (ECU), который в свою очередь посылает управляющий сигнал к электромагнитному клапану, установленному в гидравлической головке на месте механически управляемого клапана (рис.3.22). Схема электромагнитного клапана регулирования опережения на режимах малых нагрузок показана на рис.3.23.

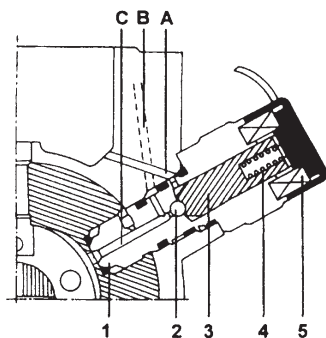


Рис.3.23. Электромагнитный клапан системы опережения впрыскивания на режимах малых нагрузок:

1 - корпус клапана, 2 - шарик, 3 - плунжер, 4 - пружина, 5 - электромагнит; А - канал к полости кулачкового механизма, В - канал к поршню LLA, С - канал от лопастного насоса низкого давления.

На режимах малых нагрузок в обмотку электромагнита 5 подаётся ток. Топливо под низким давлением поднимает шарик 2 и поступает во внутреннюю полость корпуса ТНВД. Давление за поршнем LLA (1 на рис.3.22) при этом падает. И система переходит в режим регулирования на малых нагрузках. При возрастании нагрузки до

определённого предела электромагнитный клапан обесточивается, шарик под действием пружины 4 садится на седло, и давление за поршнем LLA возрастает. В результате система переходит в режим обычного регулирования угла опережения впрыскивания.

3.2.6.3. Дополнительные устройства регулирования угла опережения впрыскивания

Для снижения дымности отработавших газов при работе холодного двигателя на режиме холостого хода на насосах ряда ДР предусмотрено дополнительное увеличение угла опережения впрыскивания, которое может быть осуществлено одним из четырех различных устройств.

Устройство ручного изменения опережения впрыскивания

Данное устройство установлено со стороны пружины автомата опережения впрыскивания, как это показано на рис.3.24. Схема устройства ручного опережения показана на рис.3.25.

Устройство состоит из вала 1, чашки 2 и рычага управления 3, в котором выполнены три отверстия для размещения стальных шариков 4. При воздействии на рычаг 3 стальные шарики выходят из углублений в пластине-ограничителе 5, что приводит к частичному сжатию пружины опережения 9. Когда открывается дифференциальный клапан пускового обогатителя, на поршень автомата опережения начинает действовать давление от роторно-лопастного насоса, в результате чего кулачковое кольцо поворачивается в сторону "дополнительного опережения".

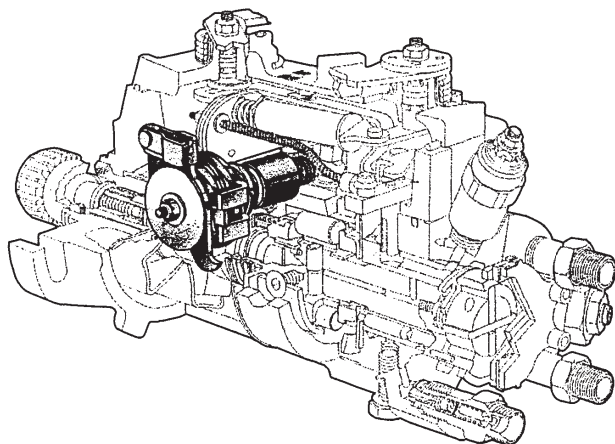


Рис.3.24. Дополнительное устройство ручного изменения угла опережения впрыскивания.

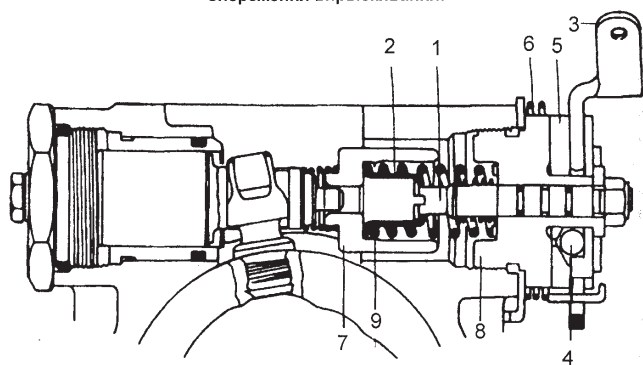


Рис.3.25. Устройство ручного изменения угла опережения впрыскивания: 1 - вал, 2 - чашка, 3 - рычаг, 4 - стальные шарики, 5 - ограничитель, 6 - возвратная пружина, 7 - подвижный упор, 8 - пробка, 9 - пружина опережения.

Устройство автоматического изменения угла опережения впрыскивания

Данное устройство установлено со стороны механизма опережения при малых нагрузках и состоит из поршня 1 с выступом, входящим в отверстие в ограничителе 2, и вала 3, который соединён рычагом 4 и тягой 6 с рычагом холостого хода 7 (рис.3.26).

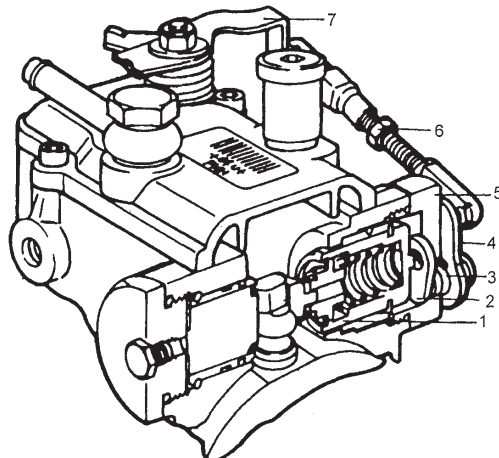


Рис.3.26. Автоматическое устройство дополнительного изменения угла опережения впрыскивания:

1 - поршень механизма LLA, 2 - ограничитель, 3 - вал, 4 - рычаг, 5 - пробка механизма LLA, 6 - тяга, 7 - рычаг холостого хода.

При работе холодного двигателя на режиме холостого хода рычаг холостого хода поворачивает рычаг 4 и, соответственно, вал 3. В этом положении выступ на поршне 1 совмещается с отверстием в ограничителе 2 и под действием усилия пружины входит в это отверстие. Под воздействием давления от лопастного насоса поршень механизма LLA поворачивает кольцо с внутренним кулачковым профилем в сторону "дополнительного опережения".

Гидравлическое устройство дополнительного изменения угла опережения впрыскивания

Гидравлическое устройство дополнительного изменения угла опережения впрыскивания состоит из таких же деталей, что и в устройстве для регулирования опережения при малых нагрузках. Единственное отличие заключается в том, что соединительная тяга в гидравлическом устройстве соединяет клапан с рычагом ускоренного холостого хода, а не с рычагом управления. В положении ускоренного холостого хода давление в камере поршня LLA передаётся в полость кулачкового механизма, и кулачковое кольцо поворачивается в положение "дополнительного опережения".

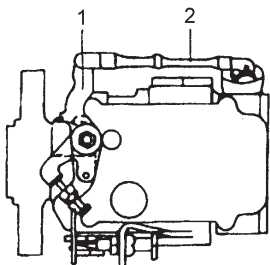


Рис.3.27. Соединение гидравлического устройства дополнительного опережения с рычагом холостого хода: 1 - рычаг холостого хода, 2 - тяга.

Электромагнитное устройство дополнительного изменения угла опережения впрыскивания

Эта система включает в себя электромагнитный клапан 1, установленный на месте пробки автомата опережения впрыскивания, шток электромагнита взаимодействует с поршнем 3. Ток подаваемый в обмотку электромагнита, управляется выключателем 6 (рис.3.28).

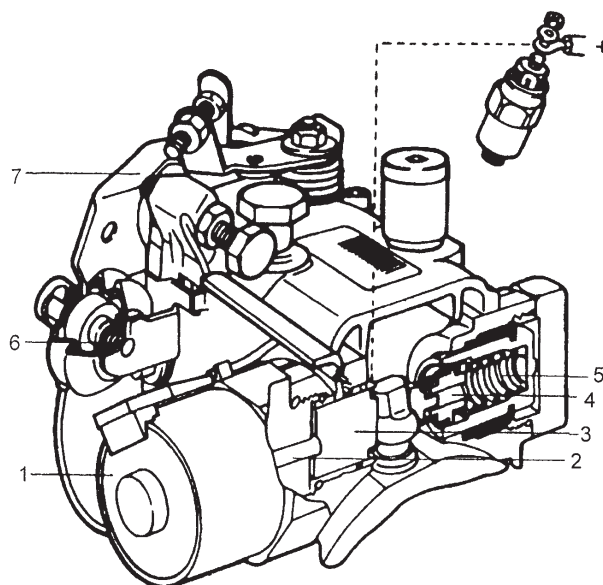


Рис.3.28. Электромагнитное устройство дополнительного изменения угла опережения впрыскивания:

1 - электромагнит, 2 - шток электромагнита, 3 - поршень механизма опережения, 4 - упор, 5 - пружина опережения, 6 - выключатель, 7 - рычаг холостого хода.

3.2.7. Корректор по давлению наддува

Корректор по давлению наддува предназначен для регулирования величины подачи топлива в зависимости от изменения давления наддува, создаваемого турбокомпрессором. Более подробно о необходимости установки корректора по наддуву в дизелях с турбокомпрессором говорится в параграфе 2.3.2 настоящего учебного пособия.

Расположение корректора по давлению наддува на корпусе ТНВД показано на рис.3.29.

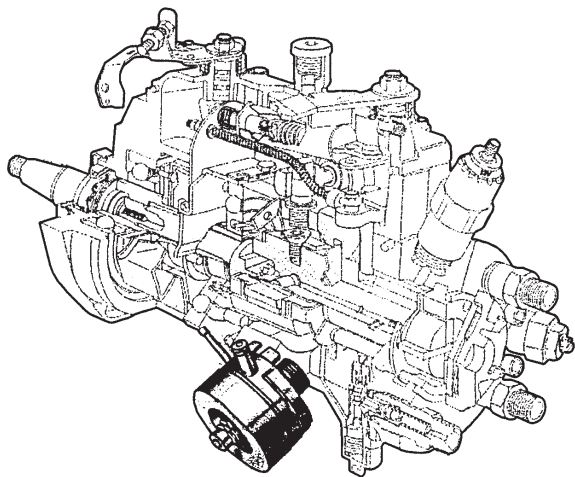


Рис.3.29. Расположение корректора по давлению наддува на корпусе ТНВД Lucas.

В топливных насосах DPC для корректирования подачи топлива на дизелях с турбонаддувом применяется модифицированное устройство управления цикловой подачей при пуске (раздел 3.2.4). На рабочих поверхностях пластины-ограничителя подачи (рис.3.11) и толкателей (башмаков) выполнены наклонные пазы, позволяющие изменять подачу топлива при перемещении этого узла вдоль оси ротора.

Корректор по давлению наддува (позиция 16 на рис.3.1) установлен между дифференциальным клапаном пускового обогатителя и устройством корректирования подачи. Корректирование цикловой подачи топлива в зависимости от давления наддува осуществляется путём изменения давления топлива за поршнями (позиции 18 на рис.3.1 и 1 на рис.3.13), перемещающими узел регулирования подачи в направлении возвратной пружины (позиции 19 на рис.3.1 и 2 на рис.3.13).

Корректор по давлению наддува состоит из корпуса 1, в котором размещён поршень 2, упирающийся в распорную втулку 3. С

обеих сторон распорной втулки располагаются две диафрагмы 4 разного размера. Давление от турбокомпрессора подаётся в камеру между диафрагмами через входной штуцер 7 (рис.3.30).

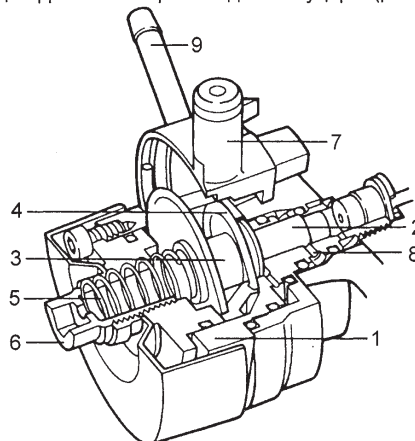


Рис.3.30. Корректор по давлению наддува:

1 - корпус клапана, 2 - поршень, 3 - распорная втулка, 4 - диафрагмы, 5 - пружина, 6 - регулировочный винт подачи топлива, 7 - штуцер подвода давления наддува, 8 - канал перепуска топлива на вход лопастного насоса низкого давления, 9 - сливная трубка.

При работе двигателя с малой частотой вращения топливо через дифференциальный клапан поступает к исполнительным поршням (рис.3.13), перемещая узел подачи топлива в положение, при котором ход плунжеров не является увеличенным.

При увеличении давления наддува, происходящем с увеличением частоты вращения двигателя, диафрагмы 4 (рис.3.30) прижимаются к пружине 5. За счёт этого поршень 2 постепенно открывает отверстие 8, через которое топливо выходит на слив, в результате чего давление за поршнями (позиция 1 на рис.3.13) снижается, и узел подачи топлива под действием возвратной пружины (позиция 2 на рис.3.13) сдвигается в сторону увеличения хода плунжеров и, следовательно, увеличения цикловой подачи топлива.

3.2.8. Привод топливного насоса

Привод топливного насоса Lucas DPC показан на рис.3.31.

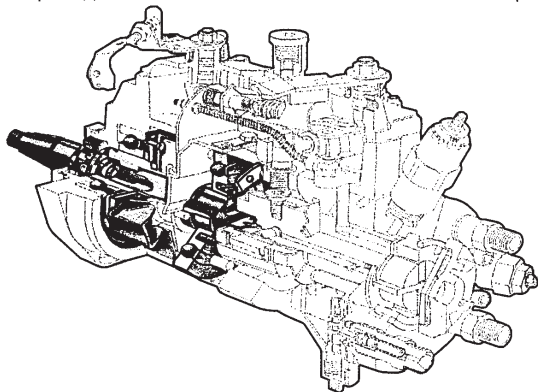


Рис.3.31. Привод топливного насоса Lucas DPC. Узел привода показан на рис. 3.32.

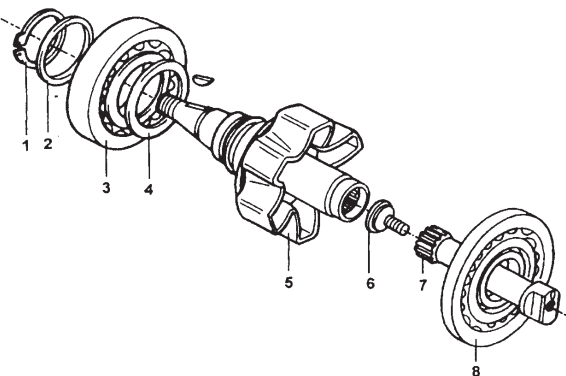


Рис.3.32. Узел привода ТНВД Lucas DPC:

1 - стопорное кольцо, 2 - упорная шайба, 3 и 8 - подшипники приводного вала, 4 - распорное кольцо, 5 - приводной вал с держателем грузов регулятора в сборе, 6 - упор, 7 - промежуточный вал.

Привод топливного насоса с плавающей муфтой

Вариант привода топливного насоса Lucas DPC с плавающей муфтой показан на рис.3.33, а детали привода на рис.3.34.

В рассматриваемом приводе ротор-распределитель гидравлической головки приводится во вращение с помощью шлицевой муфты и хвостовика, вставляемого в паз ротора.

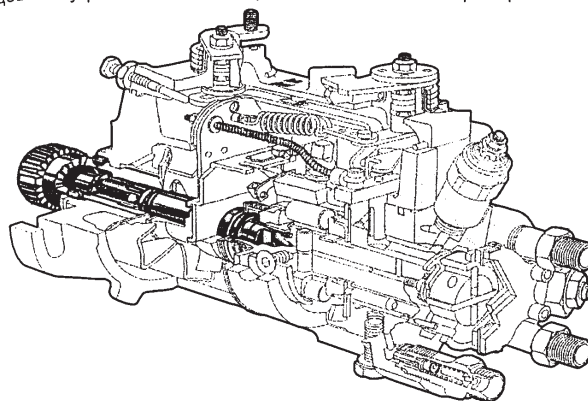


Рис. 3.33. Привод ТНВД Lucas DPC с плавающей муфтой.

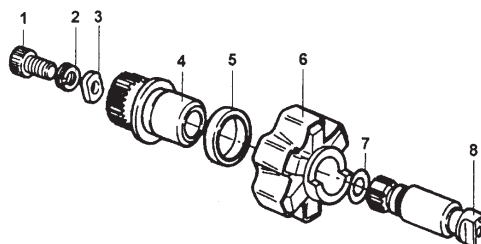


Рис.3.34. Детали привода ТНВД Lucas DPC с плавающей муфтой:

1 - винт крепления, 2 - стопорная шайба, 3 - упорная шайба, 4 - муфта привода, 5 - сальник муфты, 6 - держатель грузов регулятора, 7 - кольцо, 8 - промежуточный вал.

3.2.9. Устройство выключения подачи топлива

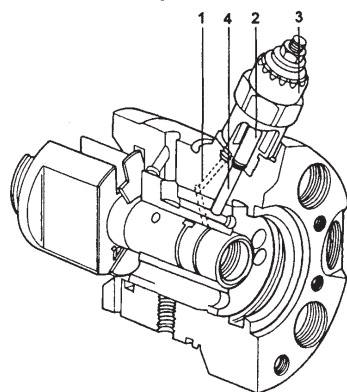


Рис.3.35. Устройство выключения подачи топлива:

1 - канал от роторно-лопастного насоса, 2 - шток, 3 - электромагнитный клапан, 4 - канал к дозирующему клапану.

Остановка двигателя осуществляется путем прекращения поступления топлива в ротор-распределитель. Для этой цели в системе между каналом 1 поступления топлива от лопастного насоса и каналом 4 подвода топлива к дозирующему клапану установлен электромагнитный клапан 3 (рис.3.35). Расположение электромагнитного клапана прекращения подачи на корпусе ТНВД показано на рис.3.36.

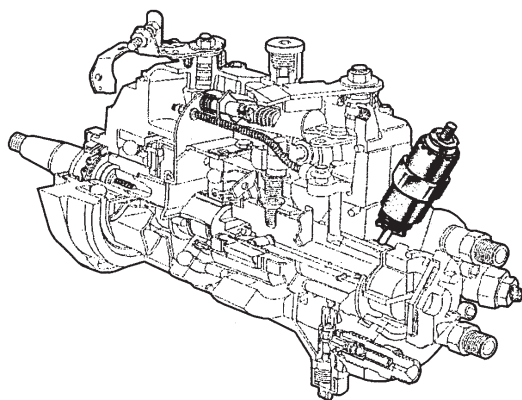


Рис.3.36. Расположение устройства выключения подачи на корпусе ТНВД Lucas DPC.

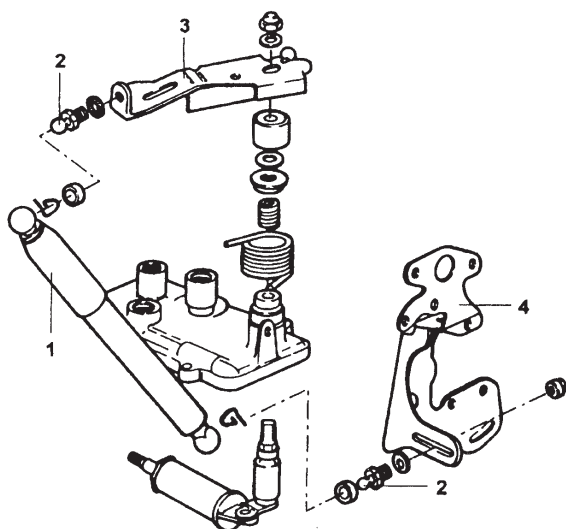


Рис.3.38. Детали крепления демпфера рычага управления: 1 - демпфер, 2 - шарнирное соединение, 3 - рычаг управления, 4 - скоба крепления.

3.3. Регулировки и испытания топливных насосов Lucas DPC

Фирма Lucas рекомендует при обнаружении неисправностей ТНВД обращаться в специализированные мастерские, которые должны иметь оборудование, соответствующее требованиям стандартов ISO (см. ниже раздел «Испытательное оборудование») и тест-планы, в которых для каждой серии ТНВД указаны порядок регулировки и необходимые численные величины для проверки и регулировки ТНВД.

Ниже представлена расшифровка марки топливного насоса Lucas DPC. Табличка на корпусе ТНВД содержит обозначение типа насоса, модели и номер серии, стрелкой показано направление вращения вала насоса (рис.3.39).

3.2.10. Демпфер рычага управления

Демпфер ограничивает и регулирует скорость перемещения рычага управления, что обеспечивает плавность управления двигателем. Расположение демпфера на топливном насосе показано на рис.3.37.

Маслонаполненный демпфер работает на сжатие, во время которого масло вытесняется через калиброванное отверстие, обеспечивая требуемое демпфирование. Детали крепления демпфера рычага управления показаны на рис.3.38.

Демпфер 1 крепится двумя шарнирными соединениями 2. Одним концом демпфер соединяется с рычагом управления 3 и другим - со скобой крепления 4.

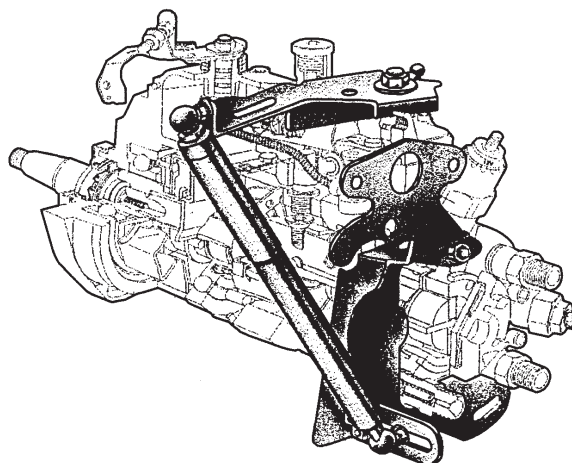


Рис.3.37. Расположение демпфера рычага управления на корпусе ТНВД.

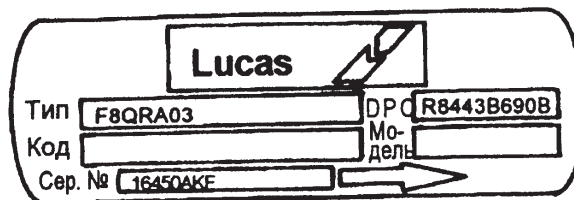


Рис.3.39. Табличка с обозначениями ТНВД Lucas DPC.

Расшифровка DPC:

R	84	4	3	B	69	0	B
1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)

- 1) Поставщик насоса.
- 2) Насос модели DPC.
- 3) Изготовитель насоса.
- 4) Кодовое число, указывающее число штуцеров высокого давления (1).
- 5) Буква, указывающая основную модификацию насоса (2).
- 6) Число, указывающее на применимость насоса.
- 7) Число, указывающее модификацию насоса, определяет взаимозаменяемость деталей насоса, кроме самого насоса.
- 8) Буква, определяющая регулировку насоса.

(1) - кодовое число 1 и 2 обозначает три выходных штуцера высокого давления, от 3^х до 7^{ми} - четыре выходных штуцера, 8 - шесть выходных штуцеров.

(2) - Буква **A** указывает модификацию регулятора частоты вращения;

буква **B** указывает модификацию топливоподкачивающего насоса (насоса низкого давления) и метод регулирования угла опережения впрыскивания.

Испытательное оборудование

В соответствии с требованиями стандарта ISO 4008 испытания топливных насосов DPC должны проводиться в следующих условиях:

- Диапазон частоты вращения: 0 - 3000 мин⁻¹;
- Испытательная жидкость должна соответствовать стандарту ISO 4113 (Shell Normafluid BR или эквивалентная.) Температура испытательной жидкости на выходе из насоса $40 \pm 2^\circ\text{C}$;
- Трубопроводы высокого давления имеют размеры $6 \times 2 \times 600$ мм по стандарту ISO 4093-1
- Корпусы форсунок по стандарту ISO 7440;
- Распылители форсунок штифтового типа по стандарту ISO 4010, давление начала открытия $12,5 + 0,3$ МПа;
- Измерение производительности насоса: шкала измерения производительности должна соответствовать стандарту ISO 4009-2, производительность измеряется в мм³/цикл или в см³/200 циклов.
- Измерение расхода перепускаемого топлива должно производиться в л/ч или в см³/100 циклов.

Регулировка низкого давления топлива (рис.3.5)

Ослабить регулировочный винт регулирующего клапана и завернуть его до получения требуемой величины давления. С помощью отвёртки нужно снова повернуть регулировочный винт в сторону увеличения или уменьшения давления для точной его регулировки, после чего затянуть контргайку.

Регулировка дифференциального клапана пускового обогатителя (рис.3.14)

Снять защитные колпачки с клапана пускового обогатителя и полностью затянуть регулировочный винт клапана. При заданной частоте вращения медленно отворачивать регулировочный винт клапана, пока давление от лопастного насоса не начнёт уменьшаться. Это указывает на то, что клапан начинает открываться. Проверить, изменяется ли угол опережения впрыскивания и величина перепуска топлива при полном открытии клапана.

Регулировка автомата опережения впрыскивания топлива (рис.3.20)

Предварительно угол опережения впрыскивания устанавливается с помощью регулировочных шайб в автомате опережения впрыскивания под главную рабочую пружину 3. Толщина регу-

лировочных шайб подбирается конкретно для каждой модификации топливного насоса. Окончательная регулировка выполняется при заданной частоте вращения насоса путём регулировки величины низкого давления, увеличение давления увеличивает угол опережения впрыскивания. Величина низкого давления от лопастного насоса должна находиться в пределах, указанных в технической характеристике данного ТНВД. Если не удаётся получить сочетание требуемых значений угла опережения впрыскивания и давления от лопастного насоса, то нужно изменить толщину или количество регулировочных шайб в автомате опережения впрыскивания. По окончании регулировки затянуть контргайку регулировочного винта регулирующего клапана низкого давления.

Проверка давления в полости кулачкового механизма

Необходимо, чтобы на насосе был установлен его оригинальный клапан поддержания давления в полости кулачкового механизма. Слив испытательной жидкости (топлива) из насоса должен быть выведен в бак испытательного стенда. Величина давления контролируется по техническим характеристикам испытаний в зависимости от частоты вращения. Величина этого давления влияет на некоторые регулировки насоса, особенно на угол опережения впрыскивания.

Регулировка максимальной подачи топлива

Регулировочный винт максимальной подачи расположен внутри смотрового отверстия, закрытого пробкой (позиция 7 на рис. 3.40 и позиция 5 на рис. 3.8).

Величина максимальной подачи топлива определяется на режиме "полной нагрузки", то есть при положении рычага управления на упоре максимальной частоты вращения, в соответствии с техническими характеристиками на испытании.

Подача топлива регулируется поворотом регулировочного винта, для чего его нужно совместить с отверстием в кулачковом кольце, соответственно повернув вал привода ТНВД. Величина максимальной подачи зависит от положения регулировочного винта и от диаметров плунжеров ротора. При завёртывании винта подача топлива увеличивается, при отворачивании - уменьшается. Существуют специальные приспособления, устанавливаемые на регулировочный винт в окне под заглушкой, для более удобной регулировки.

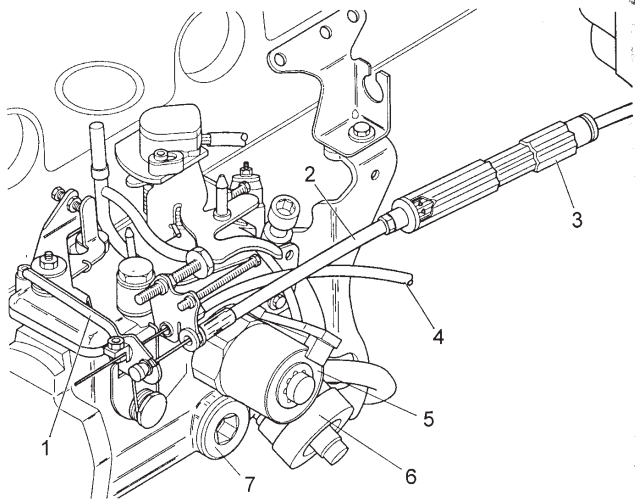


Рис.3.40. Расположение некоторых устройств на ТНВД Lucas DPC:

1 - рычаг ускоренного холостого хода, 2 - трос рычага холостого хода, действующего при работе воздушного кондиционера, 3 - регулировка троса рычага холостого хода, 4 - трос рычага холостого хода, 5 - электромагнитный клапан дополнительного опережения впрыскивания, 6 - корректор по давлению наддува, 7 - пробка смотрового отверстия.

Настройка регулятора частоты вращения

Расположение регулировочных винтов частоты вращения показано на рис.3.41.

Регулировка максимальной частоты вращения проводится после регулировки положения винта 3, препятствующего самопроизвольной остановке двигателя и регулировочного винта холостого хода минимального режима 2. Максимальный скоростной режим устанавливается согласно технической характеристики испытаний, для чего проводится регулировка винтом 5 максимальной частоты вращения. Подробное описание регулировки частоты вращения холостого хода ТНВД Lucas DPC для некоторых двигателей представлено ниже.

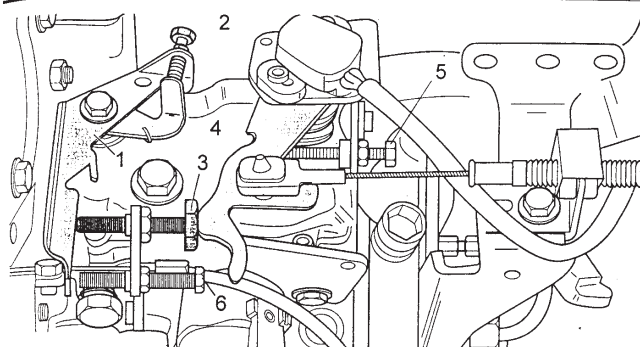


Рис.3.41. Расположение регулировочных винтов на крышке ТНВД Lucas DPC:

1 - рычаг холостого хода, 2 - регулировочный винт холостого хода, 3 - регулировочный винт устойчивой работы, 4 - рычаг управления, 5 - регулировочный винт максимальной частоты вращения, 6 - регулировочный винт ускоренного холостого хода.

Регулировка корректора по давлению наддува

Расположение корректора по давлению наддува на корпусе ТНВД DPC показано на рис.3.40, а устройство корректора на рис 3.30 раздела 3.2.

Данная регулировка проводится в зависимости от модификации насоса для определения максимальной подачи топлива при заданной частоте вращения при следующих условиях:

- При отсутствии давления наддува;
- При промежуточном давлении наддува;
- При максимальном давлении наддува.

При заданной частоте вращения отрегулировать величину подачи без давления наддува или при частичном давлении наддува, в зависимости от модификации насоса, вращением регулировочного винта, расположенного в центре корректора по давлению наддува (позиция 6 на рис.3.30).

Затем следует соединить ниппель воздушной полости корректора с источником сжатого воздуха, величина давления которого может изменяться от нуля до 0,1 МПа. Установить дав-

ление наддува в соответствии с технической характеристикой и проверить величину подачи. При необходимости отрегулировать в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Затянуть контргайку регулировочного винта.

В зависимости от модификации топливные насосы DPC могут оснащаться дополнительными устройствами, описанными в разделе 3.2. К числу этих устройств относятся:

- Механизм опережения впрыскивания при малых нагрузках;
- Устройство дополнительного опережения впрыскивания;
- Механический привод изменения угла опережения впрыскивания при прогреве;
- Контактный датчик рычага управления (для системы рециркуляции ОГ);
- Демпфер рычага управления.

Расположение перечисленных выше устройств на корпусе ТНВД Lucas DPC показано на рис.3.42 (см. также соответствующие параграфы Раздела 3.2).

Установка момента начала впрыскивания

Момент начала впрыскивания топлива определяется при пусковом обогатителе в положении "максимальная подача", а именно:

- Для насосов двигателей без турбонаддува при пусковой подаче топлива с задержкой опережения при пуске и отключённых механизмах опережения впрыскивания при малых нагрузках и дополнительного опережения, если эти механизмы имеются на насосе;
- Для насосов двигателей с турбонаддувом при пусковой подаче топлива с задержкой опережения при пуске, а также с механизмами опережения при малых нагрузках и дополнительного опережения, если они имеются на насосе.

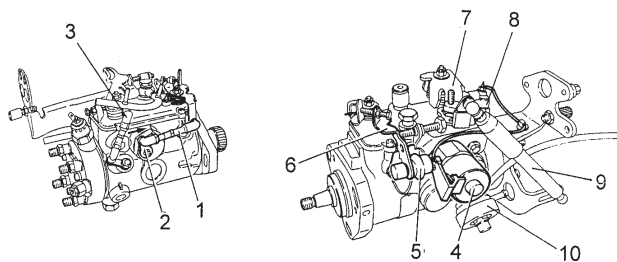


Рис.3.42. Расположение дополнительных устройств на корпусе ТНВД Lucas DPC:

1 - тяга механического привода механизма опережения впрыскивания, 2 - рычаг, 3 - тяга механизма опережения на режимах малых нагрузок, 4 - электромагнитный клапан механизма опережения, 5 - контакт, 6 - рычаг холостого хода, 7 - рычаг управления, 8 - электромагнитный клапан выключения подачи, 9 - демпфер рычага управления, 10 - корректор по давлению наддува.

Установка статического угла начала впрыскивания через смотровое отверстие

Проводится для насосов, имеющих фазовую отметку, профрезерованную на фланце ротора - горизонтальную канавку V - образной формы. Ниже приводится порядок установки статического угла момента начала впрыскивания.

- Установить ТНВД на опорной плите или на топливном стенде;
- Закрепить рычаг управления в положении максимального режима;
- Соединить входной штуцер насоса с линией низкого давления;
- Соединить штуцеры ЛВД с источником высокого давления, например, с прибором для испытания форсунок;
- Удалить пробку смотрового отверстия и установить в смотровое отверстие ТНВД приспособление со стрелочным индикатором (рис.3.43);
- Повернуть ручную приводной вал насоса до совпадения регулировочного штифта 1 (фазового стержня) с фазовой канавкой В и в этом положении установить стрелочный индикатор на "ноль";

- Подать на вход насоса давление 0,4 МПа и проверить, сдвинулись ли пусковой обогатитель и кулачковое кольцо;
- Уменьшить давление и проверить, что индикатор показывает "ноль";
- Подвести высокое давление к штуцерам ЛВД (величина давления указана в технической характеристике испытаний);
- Повернуть ручную приводной вал насоса в направлении нормального вращения (указано на табличке ТНВД) до момента, когда ролики упрутся в выступы внутренних кулачков и приложить к приводному валу в этом положении момент, величина которого указана в технических характеристиках испытаний, Индикатор в этом положении должен показывать "ноль";
- Отключить подачу высокого давления от гидравлической головки, повернуть приводной вал и проверить, что индикатор показывает "ноль", когда установочный штифт входит в фазовую канавку. В случае необходимости установить индикатор на "ноль";
- Снова подать высокое давление в гидравлическую головку и проверить показание индикатора, которое должно быть $0 \pm 0,04$ мм;
- Если нет, то следует перерегулировать установку момента начала впрыскивания;
- Снять приспособление с индикатором и установить пробку на смотровое отверстие.

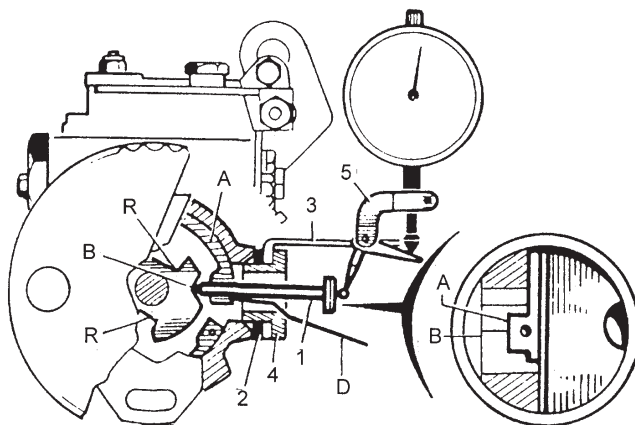


Рис.3.43. Установка приспособления с индикатором через смотровое окно: А - кольцо, В - фазовая канавка, D - зажим, R - фрезерованное углубление; 1 - регулировочный штифт, 2 - шайба, 3 - держатель индикатора, 4 - гайка, 5 - угольник поворотной планки.

Установка статического угла опережения впрыскивания с использованием приспособления с индикатором на крышке топливного насоса

В этом случае на крышке регулятора устанавливается адаптер для крепления стрелочного индикатора, а регулировочный штифт для фазовой метки входит в корпус ТНВД через отверстие в крышке, закрываемое пробкой. Порядок проверки и установки статического угла опережения впрыскивания практически аналогичен рассмотренному выше. Определённые отличия от него и в рассматриваемой схеме могут иметь место в зависимости от модификации топливного насоса. В каждом конкретном случае следует обращаться к инструкции по эксплуатации или к руководству по ремонту фирмы - изготовителя автомобиля или ТНВД.

Рассмотрим порядок установки статического угла опережения впрыскивания на примере топливного насоса Lucas DPC двигателя D9B автомобиля Peugeot 405 1,9D.

Установка индикаторного приспособления на крышке ТНВД показана на рис.3.44. Табличка с идентификационной меткой показана на рис.3.45.

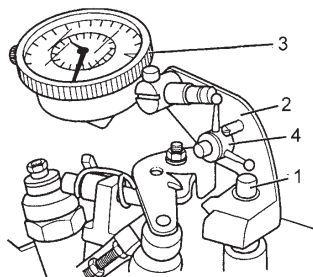


Рис.3.44. Установка индикаторного приспособления на крышке ТНВД Lucas DPC:
1 - регулировочный штифт, 2 - кронштейн, 3 - индикатор, 4 - поворотный шарнир.

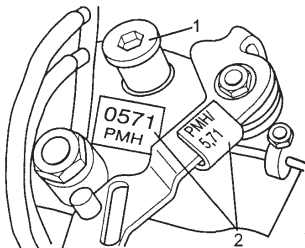


Рис.3.45. Табличка с идентификационной меткой на рычаге управления:
1 - заглушка, 2 - табличка на рычаге управления.

Порядок установки статического угла опережения впрыскивания:

- Повернуть коленчатый вал по часовой стрелке до совмещения отверстий в зубчатом шкиве ТНВД с отверстиями в задней крышке;
- Вставить установочный штифт маховика;
- Вывернуть заглушку (пробку) 1 на крышке ТНВД (рис.3.45);
- Вставить штифт 1 из набора для установки угла опережения впрыскивания ТНВД в отверстие заглушки;
- Установить кронштейн 2, стрелочный индикатор 3 и поворотный шарнир 4 (рис.3.44);
- Повернуть корпус ТНВД в сторону максимального запаздывания;
- Вынуть установочный штифт маховика;
- Повернуть коленчатый вал на 90° против часовой стрелки;
- Установить стрелочный индикатор на "ноль";

- Медленно поворачивать коленчатый вал по часовой стрелке и вставить установочный штифт маховика;
- Медленно поворачивать корпус ТНВД до положения, когда показание стрелочного индикатора будет соответствовать значению, указанному на табличке 2 на рычаге управления;
- Затянуть гайки фланца ТНВД регламентированным моментом;
- Затянуть болт задней опоры ТНВД;
- Вынуть установочный штифт маховика;
- Проверить установку угла опережения впрыскивания и соответствие показания стрелочного индикатора значению, указанному на табличке на рычаге управления с допуском $\pm 0,04$ мм;
- Установить демонтированные детали в порядке, обратном снятию;
- Удалить воздух из топливной системы;
- Проверить частоту вращения холостого хода.

Регулировка частоты вращения холостого хода

Регулировки частоты вращения холостого хода любого дизеля должны проводиться при следующих условиях:

- Двигатель прогрет до рабочей температуры;
- Воздушный фильтр установлен и находится в хорошем состоянии;
- Автоматическая коробка перемены передач в положении N или P;
- Всё дополнительное оборудование и кондиционер воздуха выключены;
- Вентилятор радиатора во время проверок и регулировок работать не должен.

Ниже приводятся в качестве примеров регулировки частоты вращения холостого хода минимального режима для нескольких дизелей с механическими регуляторами частоты вращения топливного насоса Lucas DPC.

Двигатель F8Q 784 автомобиля Renault Megane 1,9 TD

Расположение регулировочных винтов показано на рис.3.46.

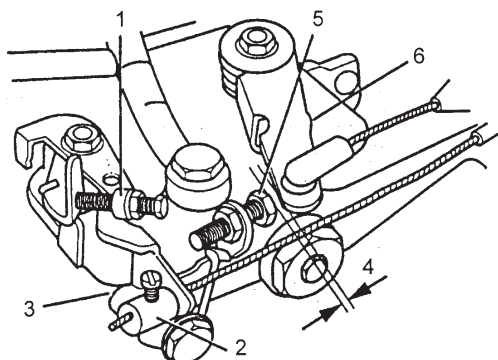


Рис.3.46. Регулировочные винты ТНВД двигателя Renault:
1 - регулировочный винт холостого хода, 2 - ниппель троса рычага холостого хода, 3 - рычаг холостого хода (управления прогревом), 4 - регулировочный зазор, 5 - регулировочный винт устойчивой работы, 6 - рычаг управления.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Минимальная частота вращения холостого хода 825 ± 25 мин⁻¹
Минимальная частота вращения устойчивой работы 1250 ± 50 мин⁻¹
Зазор в системе управления прогревом 2 ± 1 мм

Регулировка частоты вращения холостого хода

- Запустить двигатель и установить минимальную частоту вращения холостого хода;
- Ослабить контргайку и отрегулировать частоту вращения холостого хода поворотом винта 1.

Проверка частоты вращения холостого хода при прогреве двигателя

Частота вращения холостого хода при прогреве устанавливается на заводе-изготовителе и регулировке не подлежит. Проверить зазор между упором 2 троса и рычагом 3.

Регулировка минимальной частоты вращения устойчивой работы

- Проверить правильность регулировки холостого хода;

- Вставить проставку толщиной 4 мм между регулировочным винтом 5 и рычагом управления 6;
- Измерить частоту вращения вала двигателя и при необходимости отрегулировать поворотом винта 5.

Двигатель D9B автомобиля Peugeot 405 1,9D, 306 1,9D, 205 1,8D Turbo

Расположение регулировочных винтов показано на рис.3.47.

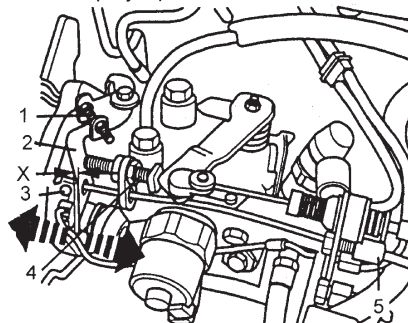


Рис.3.47. Регулировочные винты двигателя Peugeot:
1 - винт холостого хода, 2 - рычаг холостого хода (управления прогревом), 3 - ниппель троса, 4 - упор рычага 2, 5 - гайка с насечкой.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Минимальная частота вращения холостого хода 750 - 800 мин⁻¹
При включённом кондиционере 800 - 850 мин⁻¹
Частота вращения холостого хода при прогреве 900 - 1000 мин⁻¹
Минимальная частота вращения устойчивой работы
Модель Проставка Частота вращения
306 3 мм 900 ± 50 мин⁻¹
205/405 4 мм 1500 мин⁻¹

Регулировка минимальной частоты вращения холостого хода (рис.3.47)

- Убедиться, что тросы акселератора и рычага холостого хода (управления прогревом) имеют слабину и отрегулированы правильно;

- Запустить двигатель и установить режим холостого хода;
- Ослабить контргайку и отрегулировать частоту вращения холостого хода поворотом регулировочного винта 1.

Регулировка частоты вращения холостого хода при прогреве двигателя (рис.3.47)

- Прогреть двигатель до рабочей температуры;
- Рычаг 2 управления прогревом должен находиться на упоре 5;
- Зазор X между рычагом 2 и ниппелем троса 3 должен быть равен 0,5 - 1,0 мм;
- Если нет, то изменить положение ниппеля 3, тонкая регулировка проводится гайкой с насечкой 4;
- Запустить двигатель;
- Измерить частоту вращения холостого хода при прогреве.

Регулировка частоты вращения устойчивой работы (рис.3.48)

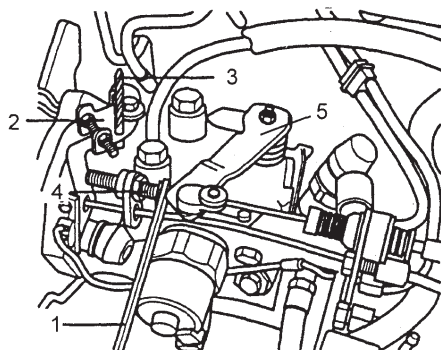


Рис.3.48. Регулировка устойчивой работы:

1 - проставка, 2 - рычаг управления прогревом, 3 - сверло, 4 - регулировочный винт устойчивой работы, 5 - рычаг управления.

- Прогреть двигатель до рабочей температуры;
- Вставить регулировочную проставку 1 указанной в технических данных толщины между рычагом управления и винтом 4;

В зависимости от модификации топливного насоса Lucas DPS возможно отличие в расположении регулировочных винтов, а также наличие дополнительных элементов. Кроме того, каждый двигатель отличается по частоте вращения, как номинальной, так и холостого хода минимального режима. В каждом отдельном случае следует обращаться к руководствам по ремонту или к инструкциям по эксплуатации завода-изготовителя.

3.4. Система EPIC электронного регулирования ТНВД Lucas типа DP

Система EPIC (Electronically Programmed Injection Control) электронного регулирования топливоподачи дизелей разработана фирмой Lucas в конце 1970-х годов. В 1987 г. фирма Ford использовала систему EPIC в четырёхцилиндровом дизеле с непосредственным впрыскиванием топлива с рабочим объёмом 2,5 л для автомобиля модели Transit. В настоящее время система EPIC устанавливается на дизели автомобилей Citroen, Mercedes-Benz, Peugeot, Ford и ряд других.

Система EPIC разрабатывалась фирмой Lucas для дизелей, которые могут эксплуатироваться в условиях всё более ужесточающихся норм токсичности. Кроме того, точное управление дозированием подачи топлива и установкой угла опережения впрыскивания повышает топливную экономичность и улучшает управляемость автомобиля.

В настоящее время система EPIC применяется как в дизелях с разделёнными камерами сгорания, давление впрыскивания топлива в которых может достигать 35 МПа, так и в дизелях с непосредственным впрыскиванием топлива с давлением до 100 МПа.

Основной системой является топливный насос Lucas типа DPS с внутренним кулачковым механизмом, описанным в разделе 3.2 данного учебного пособия. Топливо после фильтра тонкой очистки поступает в роторно-лопастной насос низкого давления и затем в нагнетательную секцию с четырьмя или двумя плунжерами. Точное дозирование подачи топлива достигается путём регулирования хода плунжеров при осевом перемещении ротора, которое обеспечивается двумя электромагнитными исполнительными механизмами.

- Повернуть рычаг 2 и вставить в отверстие верхнего рычага сверло 3 диаметром 3 мм;
- Запустить двигатель;
- Измерить частоту вращения устойчивой работы;
- В случае необходимости отрегулировать поворотом винта 4;
- Удалить проставку 1 и сверло 3;
- Увеличить частоту вращения до 3000 мин⁻¹ и быстро отпустить рычаг управления;
- Убедиться, что двигатель не глохнет.

Регулировка троса акселератора (рис. 3.49)

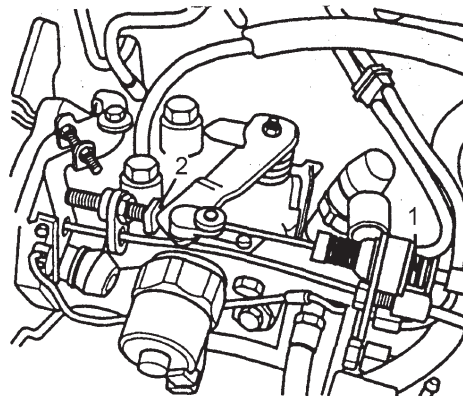


Рис.3.49. регулировка троса акселератора:

1 - зажим троса, 2 - регулировочный винт устойчивой работы.

- Нажать на педаль акселератора до упора;
- Убедиться, что рычаг управления находится на упоре максимального режима;
- Если нет, отрегулировать положение зажима 1 троса;
- Отпустить педаль акселератора;
- Убедиться, что рычаг управления находится на упоре в винт 2.

Управление системой осуществляется электронным блоком управления. Сигналы от различных датчиков двигателя, ТНВД и автомобиля преобразуются в цифровую форму и поступают в электронный блок управления, где сравниваются с рядом многомерных характеристик, заложенных в память микропроцессора блока. Затем электронный блок управления посылает соответствующие сигналы к исполнительным устройствам, которые осуществляют управление работой ТНВД в соответствии с программой регулирования.

Низкое давление, или давление подкачки, как и в механическом топливном насосе DPS, создаётся роторно-лопастным насосом, установленным на валу привода ТНВД, однако лопасти насоса EPIC находятся под усилием пружин, благодаря чему при пусковой частоте вращения вала двигателя 180 мин⁻¹ может быть создано давление подкачки около 0,3 МПа. Таким образом, электронный блок управления уже при пуске двигателя может регулировать начало и величину пусковой подачи.

При увеличении частоты вращения свыше 500 мин⁻¹ низкое давление постепенно увеличивается и в зависимости от варианта исполнения насоса достигает величины 0,8 - 0,9 МПа.

Высокое давление в топливных насосах EPIC создаётся с помощью четырёх (двух) радиально расположенных плунжеров, которые вращаются вместе с роликами и толкателями (башмаками) внутри кулачковой обоймы. Регулирование подачи осуществляется посредством радиального смещения роликов по наклонной опорной поверхности толкателей при осевом перемещении ротора, как указывалось выше.

Общий вид ТНВД Lucas EPIC в разрезе показан на рис.3.50.

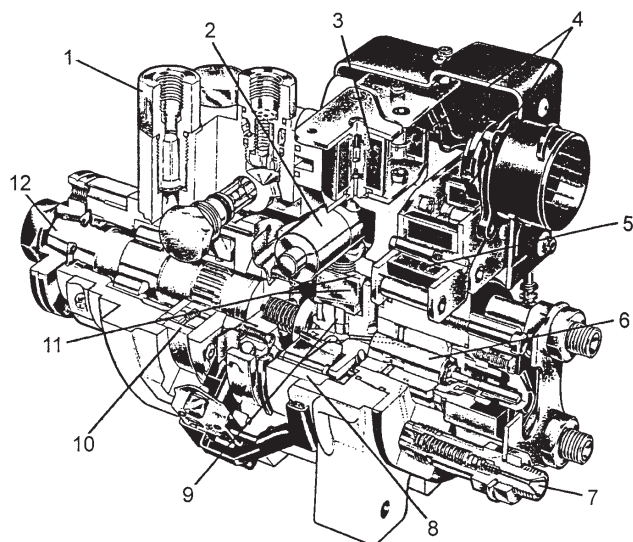


Рис.3.50. THVD Lucas EPIC:

1 - вход топлива, 2 - поршень автомата опережения впрыскивания, 3 - исполнительный механизм автомата опережения впрыскивания, 4 - исполнительные механизмы перемещения ротора, 5 - электромагнитный клапан прекращения подачи топлива, 6 - ротор, 7 - штуцер с нагнетательным клапаном, 8 - кольцо с внутренним кулачковым профилем, 9 - плунжеры нагнетательной секции, 10 - лопастной насос низкого давления, 11 - ролик и толкатель, 12 - вал привода.

Схема системы автоматического управления EPIC дизеля с непосредственным впрыскиванием топлива и турбонаддувом, с рабочим объемом 2,5 л показана на рис.3.51.

Количество впрыскиваемого топлива регулируется с высокой точностью на всех эксплуатационных режимах двигателя, включая неустойчивые режимы, чтобы обеспечить требуемые мощность и уровень токсичности ОГ при низком расходе топлива. Регулятор в электронном блоке управления выполняет необходимые функции при пуске двигателя и на режимах холостого хода и полной нагрузки.

Резкое изменение входного сигнала, например, из-за резкого нажатия на педаль акселератора, демпфируется регулятором, чтобы обеспечить плавное движение и исключить рывки автомобиля. В THVD с системой EPIC поддерживается заданное низкое давление (давление подкачки), поскольку дозирующий клапан в THVD отсутствует, а количество впрыскиваемого топлива определяется исключительно ходом плунжеров. Детали нагнетательной секции THVD Lucas EPIC показаны на рис.3.52. Рабочие поверхности толкателей 3 имеют форму наклонной плоскости 8, так что при осевом перемещении последних изменяется величина хода плунжеров.

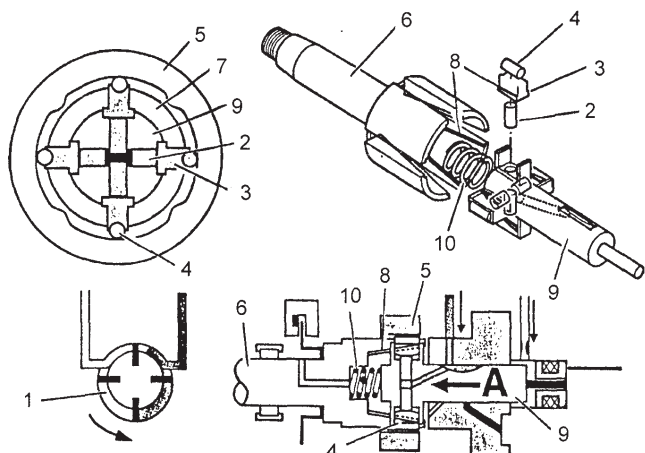


Рис.3.52. Детали нагнетательной секции THVD Lucas EPIC:

А - осевое перемещение ротора; 1 - роторно-лопастной насос низкого давления, 2 - плунжер высокого давления, 3 - толкатель (башмак), 4 - ролик, 5 - кулачковое кольцо, 6 - вал привода, 7 - держатель, 8 - наклонная поверхность, 9 - ротор, 10 - возвратная пружина ротора.

Ротор 9, в держателе которого установлены плунжеры высокого давления 2, находится под усилием пружины 10, которая в стационарном положении держит ротор на упоре, когда ход плунжеров имеет максимальную величину и обеспечивает максимальную подачу топлива (рис.3.53,А).

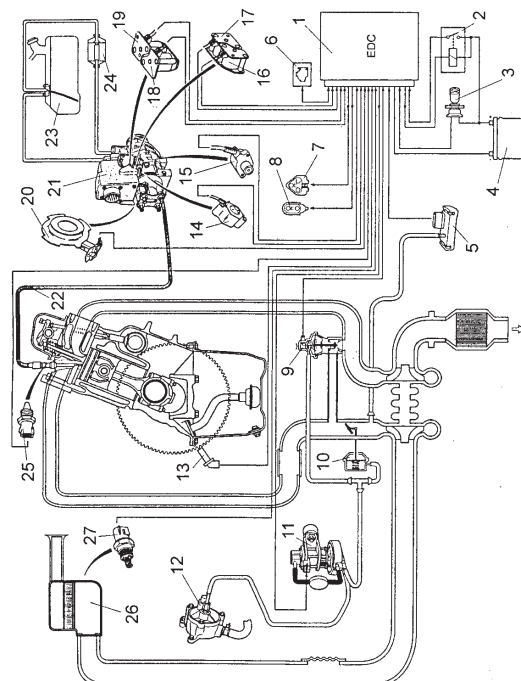


Рис.3.51. Схема системы автоматического управления EPIC дизеля:

1 - электронный блок управления, 2 - реле электрического питания, 3 - выключатель "зажигания", 4 - аккумуляторная батарея, 5 - датчик давления во впускном коллекторе, 6 - контрольная лампа (индикатор), 7 - разъем самодиагностики, 8 - диагностический разъем, 9 - клапан системы рециркуляции ОГ (EGR), 10 - дроссельная заслонка с вакуумным приводом управления системой рециркуляции, 11 - преобразователь, 12 - вакуумный насос, 13 - датчик частоты вращения/положения коленчатого вала, 14 - датчик положения ротора THVD, 15 - датчик положения кулачкового кольца, 16 - электромагнитный клапан прекращения подачи, 17 и 18 - регулировочные клапаны положения ротора, 19 - регулировочный клапан положения кулачкового кольца, 20 - датчик частоты вращения/положения вала THVD, 21 - THVD, 22 - ЛВД, 23 - топливный бак, 24 - топливный фильтр, 25 - датчик температуры охлаждающей жидкости, 26 - воздушный фильтр, 27 - датчик температуры воздуха на впуске.

При работе двигателя камера давления на конце ротора заполняется топливом, под давлением которого ротор перемещается, преодолевая сопротивление пружины, в сторону уменьшения подачи вплоть до достижения минимальной подачи (рис.3.53,В).

Схема системы подвода топлива под низким давлением к ротору и к нагнетательной секции показана на рис.3.54.

Камера давления 1 соединяется с двумя электромагнитными регулируемыми клапанами, которые находятся под управлением электронного блока управления. Один регулирующий клапан 3 обеспечивает заполнение камеры топливом от роторно-лопастного насоса, а другой (позиция 4) регулирует слив топлива обратно в топливный бак через калиброванное отверстие. Во время впрыскивания топлива оба регулирующих клапана закрыты.

Фазы работы регулирующих клапанов регулируются электронным блоком управления, получающего входные частотные сигналы от датчика Холла на THVD, который определяет положение ротора.

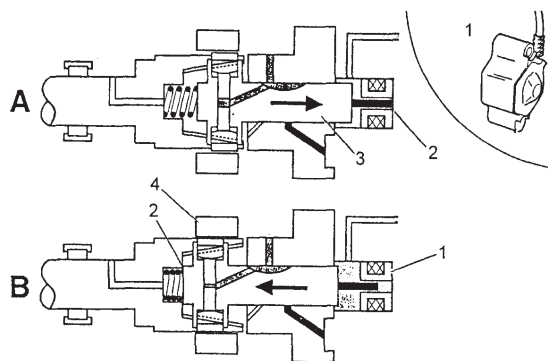


Рис.3.53. Положения ротора при максимальной и минимальной подачах топлива:

А - максимальная подача топлива, В - минимальная подача топлива; 1 - индуктивный датчик, 2 - упор, 3 - ротор, 4 - кольцо с внутренним кулачковым профилем.

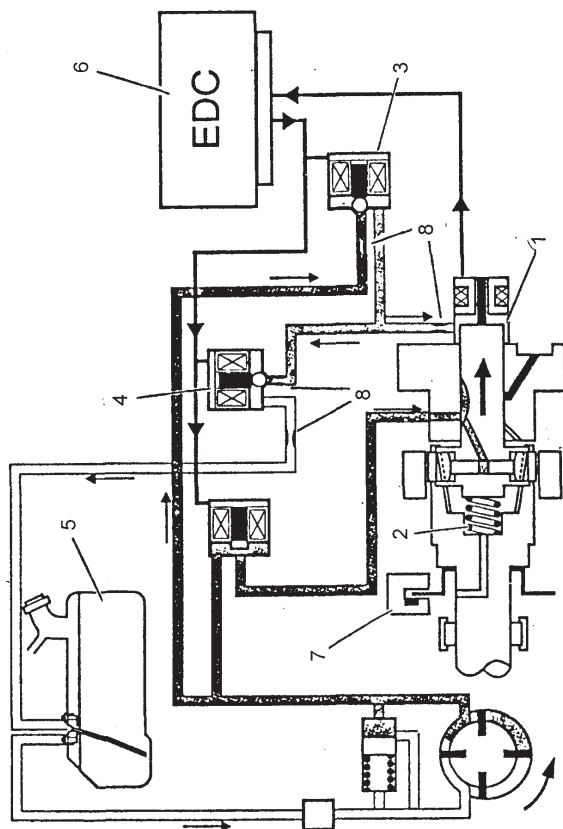


Рис.3.54. Схема подвода топлива к ротору и к нагнетательной секции:
1 - камера управляющего давления ротора, 2 - возвратная пружина, 3 - регулирующий клапан наполнения камеры ротора, 4 - дренажный регулирующий клапан, 5 - топливный бак, 6 - электронный блок управления, 7 - датчик Холла, 8 - дросселирующие отверстия.

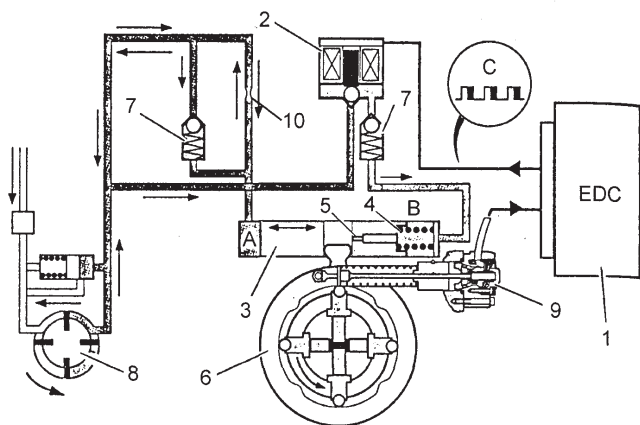


Рис.3.55. Исполнительный механизм регулирования угла опережения впрыскивания:

А - давление от лопастного насоса, В - сниженное давление от лопастного насоса, С - управляющие импульсы; 1 - электронный блок управления, 2 - электромагнитный регулирующий клапан, 3 - регулирующий поршень, 4 - пружина, 5 - дросселирующее отверстие 0,6 мм, 6 - кулачковое кольцо, 7 - обратный клапан, 8 - лопастной насос низкого давления, 9 - датчик положения кулачкового кольца, 10 - дроссель.

Датчик положения кулачкового кольца является индуктивным генератором сигналов, включающим в себя также дополнительный резистор температурной компенсации топлива. Измеренная температура топлива используется в электронном блоке управления для расчета величины топливоподачи.

Подробная информация о работе датчиков электронной системы управления Lucas EPIC изложена в специальных руководствах фирмы Lucas.

Точное положение ротора определяет величину цикловой подачи, соответствующей также температуре топлива. Сигнал положения ротора передается индуктивным датчиком (1 на рис.3.53), расположенным в камере давления ротора, в электронный блок управления (6 на рис.3.54). Время перемещения ротора от нулевой до максимальной подачи топлива составляет приблизительно 0,1 с, растягиваясь на несколько циклов впрыскивания в зависимости от частоты вращения двигателя.

В системе регулирования с обратной связью электронный блок управления регулирует пусковую подачу топлива и постоянно управляет установкой угла опережения впрыскивания в соответствии с нагрузкой и частотой вращения двигателя на базе хранящихся в памяти характеристик.

Исполнительный механизм регулирования угла опережения впрыскивания показан на рис.3.55.

Электронный блок управления 1 распознает положение роликов внутри кольца с внутренним кулачковым профилем 6 по отношению к ВМТ по сигналу от датчика частоты вращения/положения коленчатого вала и от датчика 9 положения кулачкового кольца 6 ТНВД EPIC. Датчик положения кулачкового кольца посылает в электронный блок управления сигнал, который определяет точный угол опережения впрыскивания по отношению к ВМТ такта сжатия. Любое отклонение от установленного значения компенсируется тем, что электронный блок управления корректирует время открытия электромагнитного регулирующего клапана путем модулирования импульсов.

Положение регулирующего поршня 3 определяется соотношением давления в камере А и усилием пружины 4 вместе с действием давления топлива перед дросселем 5, куда оно попадает через регулирующий электромагнитный клапан 2, работающий под воздействием управляющих импульсов С.

Обратные клапаны 7 предотвращают перемещение кулачкового кольца при набегании роликов на кулачок, поскольку в этот момент в межплунжерной полости нарастает давление топлива, которое создает силы, действующие на кулачковое кольцо.

3.5. ТНВД Lucas DPS

ТНВД распределительного типа Lucas DPS устанавливаются на многие быстроходные дизели, в том числе на дизели легковых автомобилей FORD Transit с рабочим объемом 2,5 л с непосредственным впрыскиванием топлива. Это полностью механический насос, подобный ТНВД DPS, но с конструктивными изменениями, необходимыми для обеспечения высокого давления впрыскивания в двигателях с непосредственным впрыскиванием топлива. В частности, в ТНВД DPS имеются четыре плунжера высокого давления. Общий вид ТНВД Lucas DPS в разрезе показан на рис. 3.56.

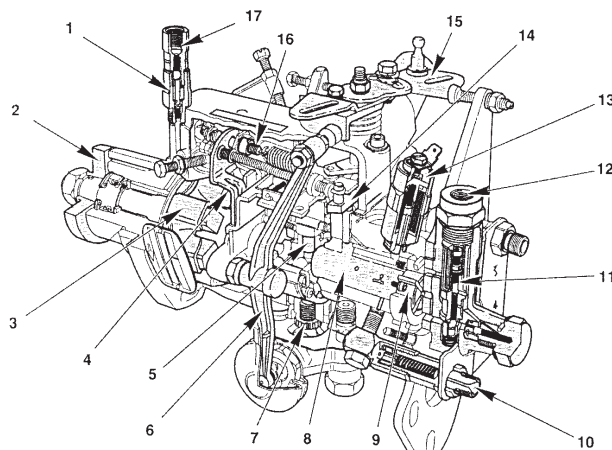


Рис. 3.56. ТНВД Lucas DPS.

1 - перепускной клапан, 2 - фланец крепления шкива ремня привода ГРМ, 3 - центробежные грузы регулятора частоты вращения, 4 - рычаг регулятора, 5 - плунжер высокого давления, 6 - «качающийся» рычаг, 7 - автомат опережения впрыскивания, 8 - ротор-распределитель, 9 - топливный насос низкого давления, 10 - штуцер ЛВД, 11 - редукционный клапан, 12 - впуск топлива, 13 - электромагнитный клапан отсечки подачи топлива, 14 - дозирующий клапан, 15 - рычаг управления, 16 - рабочая пружина регулятора, 17 - штуцер возврата топлива.

Система топливоподачи с ТНВД Lucas DPS. ТНВД распределительного типа DPS обычно применяется на атмосферных дизелях с непосредственным впрыскиванием топлива, привод насоса осуществляется зубчатым ремнем, как и ТНВД DPS, шкив привода крепится болтами в прорезях для обеспечения статической регулировки угла опережения впрыскивания. Схема системы топливоподачи дизеля с ТНВД DPS показана на рис. 3.57.

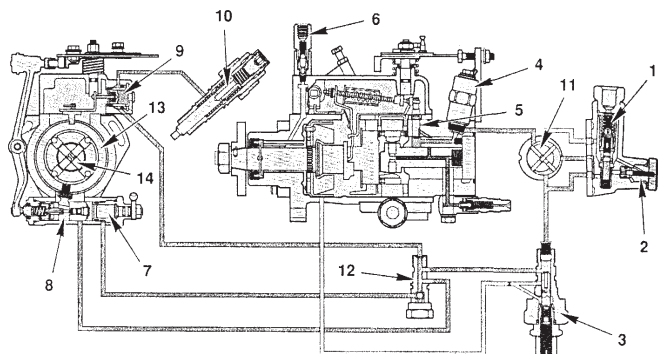


Рис. 3.57. Схема системы топливоподачи ТНВД Lucas DPS.

1 - регулировочный клапан топливного насоса низкого давления, 2 - редукционный клапан, 3 - дифференциальный клапан, 4 - электромагнитный клапан отсечки подачи топлива, 5 - дозирующий клапан, 6 - обратный клапан давления, 7 - клапан ускоренного х.х. 8 - сервоклапан автомата опережения впрыскивания, 9 - клапан пусковой подачи, 10 - регулировочный клапан крутящего момента, 11 - топливный насос низкого давления, 12 - регулировочный винт, 13 - кольцо с внутренними кулачками, 14 - плунжер высокого давления.

Работа ТНВД DPS контролируется рядом механических и электромагнитных клапанов, представленных на схеме системы топливоподачи. Электромагнитный клапан отсечки подачи топлива, дозирующий клапан и обратный клапан давления работают аналогично таким же клапанам в ТНВД DPS и поэтому описание их устройства и работы опускаются (см. главу 4).

Регулировочный клапан топливного насоса низкого давления допускает увеличение давления топлива пропорционально

частоте вращения до максимальной, после чего закрывается, а дальнейшее повышение низкого давления возможно только до срабатывания редукционного клапана. При неработающем двигателе регулировочный клапан позволяет осуществлять прокачку и удаление воздуха из насоса. Схема работы регулировочного клапана низкого давления показана на рис. 3.58.

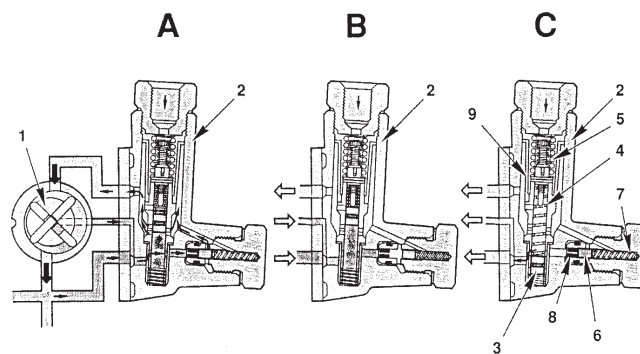


Рис. 3.58. Схема работы регулировочного клапана топливного насоса низкого давления.

А - процесс регулирования давления, В - максимальная частота вращения, редукционный клапан открыт, С - прокачка. 1 - топливный насос низкого давления, 2 - регулировочный клапан топливного насоса низкого давления, 3 - плунжер, 4 и 5 - пружины, 6 - плунжер редукционного клапана, 7 - пружина редукционного клапана, 8 - дроссель, 9 - топливный фильтр.

После пуска двигателя дифференциальный клапан закрыт, и топливо проходит к автомату опережения впрыскивания, клапану пусковой подачи и регулировочному клапану крутящего момента. Давление, создаваемое насосом низкого давления, действует на пружину дифференциального клапана через дросселирующее отверстие в плунжере клапана, увеличиваясь с увеличением частоты вращения. Одновременно топливо через другой дроссель проходит во внутреннюю камеру ТНВД, давление в которой всегда меньше, чем мгновенное давление, создаваемое насосом низкого давления. При некотором, достаточно высоком, давлении, определяемом частотой вращения, дифференциальный клапан открывается, отверстие в плунжере

при его движении закрывается, и давление в камере дифференциального клапана становится равным давлению во внутренней камере ТНВД. Дифференциальный клапан остается открытым из-за наличия перепада давлений и закрывается только при остановке двигателя. Схема работы дифференциального клапана показана на рис. 3.59.

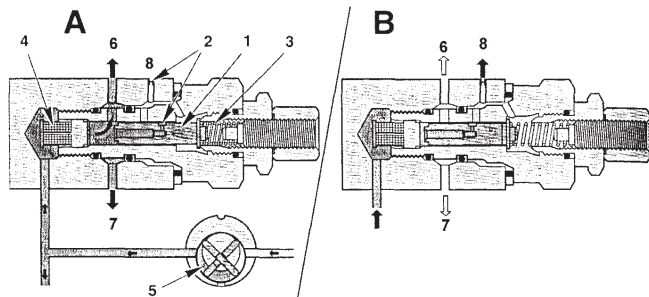


Рис. 3.59. Схема работы дифференциального клапана.

А - клапан открыт, В - клапан закрыт. 1 - плунжер, 2 - дроссели, 3 - пружина, 4 - топливный фильтр, 5 - топливный насос низкого давления, 6 - к клапану пусковой подачи и клапану крутящего момента, 7 - к автомату опережения впрыскивания, 8 - во внутреннюю полость ТНВД.

Примечание: настройка дифференциального клапана ни в коем случае не должна меняться и может проводиться только на стенде.

Клапан ускоренного х.х. расположен в корпусе автомата опережения впрыскивания топлива. Минимальная частота вращения х.х. на режиме прогрева двигателя увеличивается благодаря работе термозлемента с восковым наполнителем, который соединен тросом с реверсивным рычагом (рис. 3.61), который в свою очередь действует на рычаг х.х. и далее на клапан ускоренного х.х. Клапан включает в себя плунжер с отверстием для соединения с каналом низкого давления, которое перемещает плунжер до внутреннего упора, в результате чего угол опережения впрыскивания увеличивается. После достижения нормальной рабочей температуры двигателя плунжер перемещается пружиной и перекрывает канал низкого давления. Работа клапана ускоренного х.х. показана на рис. 3.60.

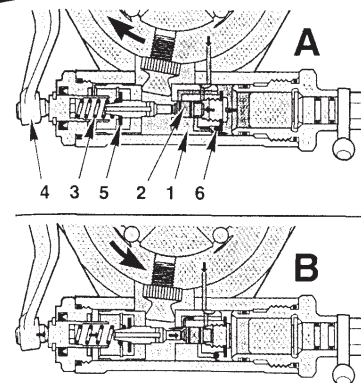


Рис. 3.60. Схема работы клапана ускоренного холостого хода.

А - работа клапана при прогреве двигателя, В - перемещение плунжера при прогреве, С - вход низкого давления. 1 - корпус клапана, 2 - регулировочный рычаг, 3 - поворотный плунжер, 4 - регулировочный плунжер, 5 - ведущий штифт.

Термозлемент расположен на корпусе термостата и, как говорилось выше, соединен тросом с реверсивным рычагом, который в свою очередь действует на рычаг х.х. и далее на клапан ускоренного х.х. Кинематика и работа системы ускоренного х.х. показана на рис. 3.61.

При холодном пуске двигателя трос укорачивается и перемещает реверсивный рычаг 1 на упор. Это движение передает усилие на пружину х.х. 7, в результате чего дозирующий клапан 11 открывается, и минимальная частота вращения х.х. увеличивается. После прогрева двигателя термозлемент устанавливает обычную минимальную частоту вращения х.х. Одновременно клапан ускоренного х.х. соответствующим образом воздействует на автомат опережения впрыскивания.

Работа сервоклапана. Сервоклапан служит для регулирования угла опережения впрыскивания топлива. После открытия дифференциального клапана он регулирует величину давления в наружной камере за регулирующим плунжером. Под действием давления плунжер перемещается как показано стрелкой на рис. 3.62, поворачивая кольцо с внутренними кулачками по часовой стрелке и увеличивая таким образом угол опережения впрыскивания. Положение плунжера сервоклапана определяется его пружиной, положением «качающегося» рычага и величиной низкого давления. Схема работы клапана показана на рис. 3.62.

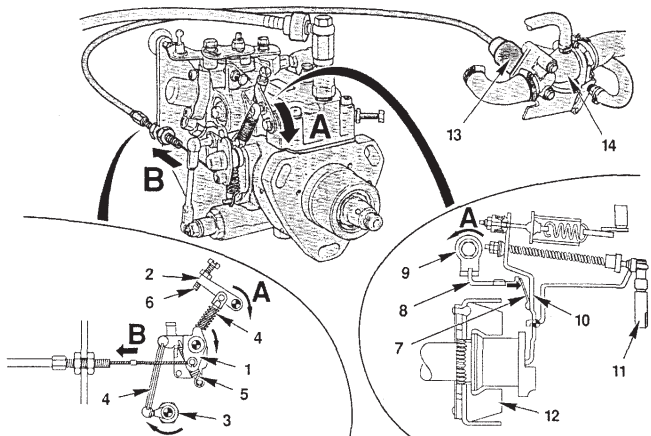


Рис. 3.61. Кинематика и работа системы ускоренного холостого хода.

А — перемещение рычага х.х. при прогреве двигателя, В — перемещение троса при прогреве. 1 — реверсивный рычаг, 2 — рычаг х.х., 3 — клапан ускоренного х.х., 4 — соединительные тяги, 5 — возвратная пружина, 6 — регулировочный винт минимального х.х., 7 — пружина х.х. (в регуляторе частоты вращения), 8 — упор, 9 — внутренний рычаг х.х., 10 — рычаг регулятора, 11 — дозирующий клапан, 12 — центробежные грузы регулятора, 13 — термоэлемент с восковым наполнителем, 14 — корпус термостата.

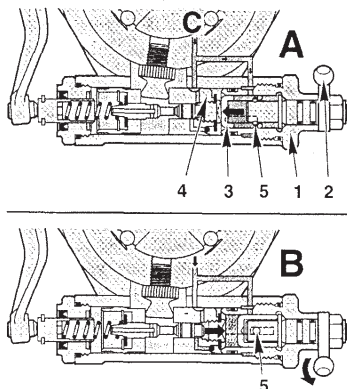


Рис. 3.62. Схема работы сервоклапана.

А — увеличение угла опережения впрыскивания, В — уменьшение угла опережения впрыскивания. 1 — регулировочный плунжер, 2 — толкатель, 3 — пружина, 4 — «качающийся» рычаг, 5 — упор, 6 — невозвратный клапан.

Клапан пусковой подачи. Клапан пусковой подачи плунжерного типа воспринимает низкое давление топлива, как только открывается дифференциальный клапан. Схема работы клапана показана на рис. 3.63. Во время пуска двигателя пружина 2 удерживает ползун 3 в положении максимальной (пусковой) подачи. Ползун своими выступами 5 перемещает кулачковые пластины 6 в положение, при котором ход плунжеров высокого давления ограничивается выступающими роликами 7, перемещающимися по внутренней поверхности кулачковых пластин 6. По мере увеличения давления после пуска двигателя ползун перемещается в направлении, показанном стрелкой на рис. 3.63. В, постепенно уменьшая подачу.

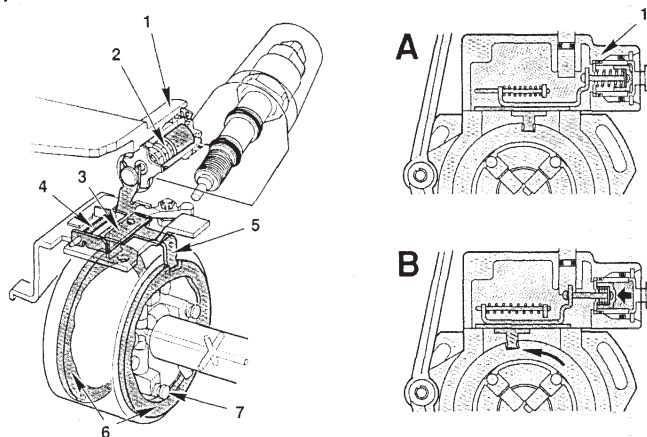


Рис. 3.63. Схема работы клапана пусковой подачи топлива.

А — положение пусковой подачи, В — клапан пусковой подачи выключен (положении подачи минимального х.х.). 1 — корпус клапана, 2 — пружина, 3 — регулирующий ползун, 4 — возвратная пружина, 5 — выступы, 6 — кулачковые пластины, 7 — выступающие ролики.

Регулировочный клапан крутящего момента. Схемы расположения и функционирования клапана крутящего момента показаны на рис. 3.64.

После того, как клапан пусковой подачи 2 переключился в положение х.х. (А), регулировочный клапан крутящего момента 1 обеспечивает постоянный контроль за максимально возможной

подачей. Клапан крутящего момента включает в себя плунжер, который под воздействием двух пружин 7 и 8 довольно быстро выдвигается в положение В при низкой частоте вращения и затем, по мере включения в работу более сильной второй пружины 8, медленно переходит в положение С. Таким образом, работа регулировочного клапана крутящего момента согласована с потребностями двигателя посредством соответствующего положения плунжера 3.

Плунжер клапана крутящего момента при своем движении через поворотный рычаг 4 воздействует на регулировочный ползун 5, который поворачивает кулачковые пластины 6, являющиеся ограничителями движения плунжеров высокого давления и, следовательно, ограничителями максимальной подачи топлива. По мере увеличения низкого давления подача топлива также увеличивается вплоть до максимальной при полной нагрузке.

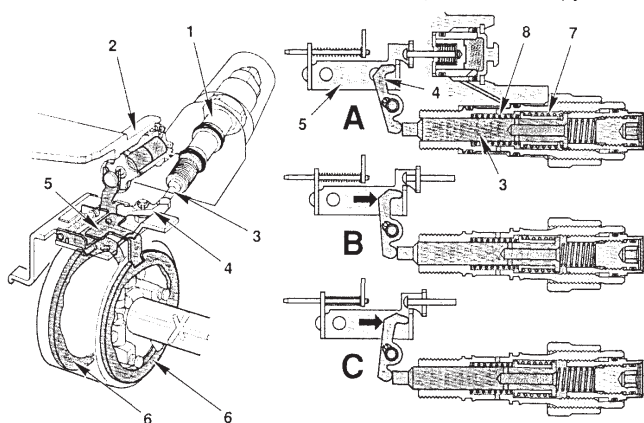


Рис. 3.64. Схемы расположения и функционирования клапана крутящего момента.

1 — регулировочный клапан крутящего момента, 2 — клапан пусковой подачи, 3 — плунжер, 4 — поворотный рычаг, 5 — регулировочный ползун, 6 — кулачковые пластины, 7 и 8 — пружины. А — минимальный х.х., В — частичные нагрузки, С — полная нагрузка.

Работа ТНВД DPS. Основные положения, касающиеся работы ТНВД DPS, подобны описанным выше для насоса DPS,

поэтому ниже дается описание только конструктивных и функциональных особенностей ТНВД DPS. Схема расположения элементов ТНВД, обеспечивающих подачу топлива, показана на рис. 3.65.

Количество плунжеров высокого давления в насосе увеличено до четырех (по сравнению с ТНВД DPS), при этом башмаки роликов и ролики в осевом направлении не перемещаются. Активный ход плунжеров ТНВД DPS обеспечивается двумя кулачковыми пластинами, воздействующими на кольцо с внутренними кулачками. Соответственно, ролики стали длиннее и имеют, таким образом, рабочие поверхности для контакта с кулачковыми пластинами, движущимися параллельно. Положение кулачковых пластин регулируется клапаном пусковой подачи и регулировочным клапаном крутящего момента. При полностью открытом дозирующем клапане 5 максимальная подача топлива определяется активным ходом плунжеров, который ограничивается положением кулачковых пластин.

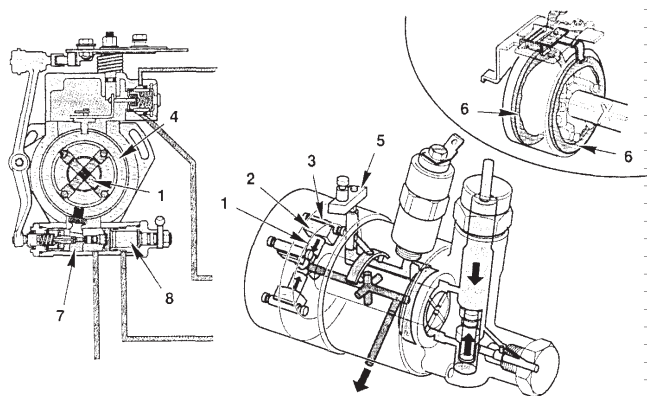


Рис. 3.65. Схема расположения элементов ТНВД, обеспечивающих подачу топлива.

1 — плунжеры высокого давления, 2 — башмаки роликов, 3 — ролики, 4 — кольцо с внутренними кулачками, 5 — дозирующий клапан, 6 — кулачковые пластины, 7 — автомат опережения впрыскивания, 8 — клапан ускоренного х.х.

Кольцо с внутренними кулачками 4 установлено в корпусе ТНВД и спроектировано так, чтобы его положение могло регулироваться автоматом опережения впрыскивания 7 с сервоклапаном.

В принципе, работа кольца происходит также, как и в ТНВД ДРС. Увеличение числа плунжеров до четырех обеспечивает более быструю подачу объема топлива и, следовательно, более высокое давление впрыскивания.

Дозирование топлива, как говорилось выше, определяется положением дозирующего клапана, дросселирующего поток топлива, и кулачковых пластин, регулирующих активный ход плунжеров. На рис. 3.66 приведена схема работы автоматического регулятора частоты вращения и соединенного с ним дозирующего клапана, а также показаны кулачковые пластины с приводом от клапана пусковой подачи и клапана регулирования крутящего момента, работа которых описана выше.

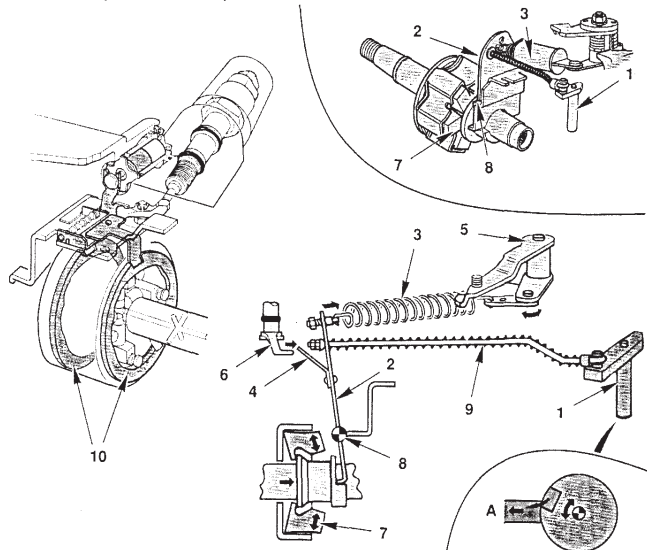


Рис. 3.66. Схема работы автоматического регулятора частоты вращения и кулачковых пластин.

1 - дозирующий клапан, 2 - рычаг регулятора, 3 - рабочая пружина регулятора, 4 - пластинчатая пружина минимального х.х., 5 - рычаг управления, 6 - рычаг минимального х.х., 7 - грузы регулятора, 8 - ось рычага регулятора, 9 - тяга привода дозирующего клапана, 10 - кулачковые пластины. А - схема дозирования (дросселирования) топлива.

После пуска холодного двигателя автомат опережения впрыскивания находится под действием клапана ускоренного х.х., который открывает доступ низкого давления к регулировочному плунжеру, в результате чего угол опережения впрыскивания увеличивается. Работа клапана ускоренного холостого хода описана выше и иллюстрируется рис. 3.60.

Статический угол опережения впрыскивания устанавливается с помощью установочных штифтов, также как и в ТНВД ДРС с зубчатым ремнем ГРМ. Процедура установки статического угла опережения впрыскивания показана на рис. 3.68.

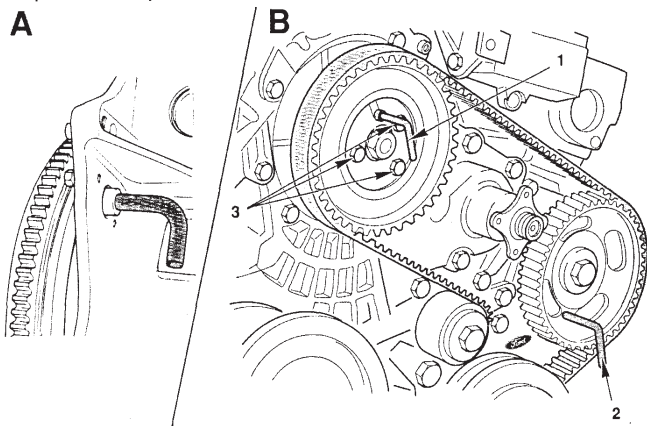


Рис. 3.68. Установка статического угла опережения впрыскивания.

А - регулировочный штифт в маховике, В - регулировочные штифты в шкивах распределительного вала и ТНВД. 1 - установочный штифт шкива ТНВД, 2 - установочный штифт шкива распределительного вала, 3 - болты крепления шкива ТНВД.

Автомат опережения впрыскивания топлива. Регулирование угла опережения впрыскивания топлива происходит при повороте кольца с внутренними кулачками поворотным рычагом автомата под воздействием низкого давления. Давление от насоса низкого давления действует на регулировочный плунжер, расположенный на выходе из корпуса автомата. Конструкция и схема работы автомата опережения впрыскивания топлива показаны на рис. 3.67.

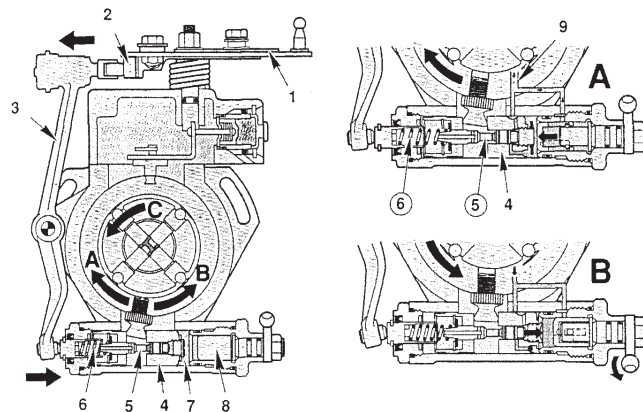


Рис. 3.67. Конструкция и схема работы автомата опережения впрыскивания топлива.

А - увеличение угла опережения впрыскивания, В - уменьшение угла опережения впрыскивания, С - направление вращения ротора насоса. 1 - рычаг управления, 2 - кулачок, 3 - «качающийся» рычаг, 4 - регулировочный плунжер, 5 - сервоклапан, 6 - пружина сервоклапана, 7 - камера низкого давления, 8 - плунжер клапана ускоренного х.х., 9 - входной канал низкого давления.

Сервоклапан 5 определяет положение регулировочного плунжера 4 в соответствии с положением рычага управления 1, воздействующего на сервоклапан через кулачок 2 и «качающийся» рычаг 3. Низкое давление топлива воздействует на плунжер сервоклапана, преодолевая сопротивление его пружины. Под действием давления плунжер сервоклапана перемещает регулировочный плунжер до тех пор, пока первый не откроет отверстие в регулировочном плунжере, через которое топливо истекает во внутреннюю полость ТНВД. Таким образом, оба плунжера являются как бы гидравлически управляемой регулирующей парой.

4. МЕТОД ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ С НАСОСАМИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ТИПА

Особенности расчета топливных систем с одноплунжерными насосами распределительного типа рассмотрим на примере топливной системы с широко распространенным насосом Bosch VE.

При описании неустановившегося движения топлива в топливопроводе принимают, что движение топлива одномерное и изотермическое, а плотность его и скорость распространения импульса (волны) давления постоянные, тогда можно записать следующие дифференциальные уравнения движения топлива:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial x} + \rho \frac{\partial c}{\partial t} + 2 \rho k c &= 0; \\ \frac{\partial c}{\partial x} + \frac{1}{a^2} \frac{\partial p}{\partial t} &= 0 \end{aligned} \right. \quad (4.1)$$

Здесь: x , t - длина топливопровода и время; p , c - давление и скорость топлива; ρ , a - плотность и скорость распространения звука в топливе; k - фактор гидравлического сопротивления.

Решение системы уравнения (4.1) имеет вид:

$$\begin{aligned} p &= p_0 + F \left(t - \frac{x}{a} \right) e^{-k\tau_1} - W \left(t + \frac{x}{a} \right) e^{-k\tau_2}; \\ c &= c_0 + \frac{1}{a\rho} \left[F \left(t - \frac{x}{a} \right) e^{-k\tau_1} + W \left(t + \frac{x}{a} \right) e^{-k\tau_2} \right]. \end{aligned} \quad (4.2)$$

Здесь p_0 и c_0 - остаточное давление в нагнетательной магистрали и скорость в топливопроводе перед началом очередного цикла (обычно $c_0 = 0$).

$F \left(t - \frac{x}{a} \right)$ - прямая волна давления, сформированная у

насоса во время $t - \frac{x}{a}$;

$W\left(t + \frac{x}{a}\right)$ - обратная волна давления, которая подойдет к

наосу во время $t + \frac{x}{a}$;

τ_1, τ_2 - промежутки времени, в течение которых соответственно прямая и обратная волны давления распространялись по топливopроводу.

Уравнения (4.2) решаются совместно с уравнениями граничных условий у насоса и форсунки и с учетом начальных условий (p_0 или V_{ocm}). Остаточные давления или при $p_0 < 0$ остаточные свободные объемы (V_{ocm}) задают приближенно, а затем уточняют в результате нескольких расчетов по балансу топлива, вошедшего за цикл через клапан в линию высокого давления (ЛВД) и вышедшего из ЛВД через форсунку. Величину V_{ocm} распределяют по нагнетательной магистрали пропорционально объемам штуцера насоса (V_H) топливopровода (V_m) и форсунки (V_F). В топливopровode остаточный свободный объем равномерно распределяют по длине.

Неустановившееся движение топлива в топливopровode моделируется двумя волнами давления, движущимися навстречу друг другу со скоростью звука (см. уравнения 4.2). При расчетах в соответствии с выбранным шагом h численного интегрирования топливopровод распределяют на m_T частей и на каждом шаге численного интегрирования передвигают величины волн на один шаг по длине. Прямую волну $F(t-L/\alpha)$, прибывшую к форсунке, и обратную $W(t)$, прибывшую к насосу, умножают на величину $e^{-kL/a}$, учитывающую потери на гидравлическое трение. Полученные таким образом величины прибывающих волн используют для вычисления скоростей топлива во входном и выходном сечениях топливopровода и формируемых волн:

входное сечение

$$c = \frac{1}{a\rho} [p'_H - p_0 + 2W(t)e^{-kL/a}]; \quad (4.3)$$

$$F(t) = p'_H - p_0 + W(t)e^{-kL/a};$$

выходное сечение

$$C = \frac{1}{\alpha\rho} \left[p_0 + p_F + 2F\left(t - \frac{L}{a}\right)e^{-kL/a} \right]; \quad (4.4)$$

$$W\left(t + \frac{L}{a}\right) = p_0 - p_F + F\left(t - \frac{L}{a}\right)e^{-kL/a}$$

Таким образом, алгоритм расчета процесса в топливopровode достаточно прост.

Граничные условия уравнений (4.1) представляют собой две системы уравнений, описывающих процессы в насосе и форсунке. Расчетная схема топливной системы с насосом VE приведена на рис. 4.1. В ТНВД осуществлен рабочий цикл ЦНИТА: плунжер, находясь в НМТ, поворачивается, закрывает впускное окно, а потом уже совершает нагнетание, подавая топливо через перьевой клапан с разгрузочным пояском в штуцер и далее в топливopровод и форсунку. Заканчивается процесс нагнетания отсечением отсеченного окна сечением (μf).

Были приняты следующие основные допущения при составлении уравнений граничных условий у насоса: 1) учитывая незначительные размеры полости высокого давления, а также то обстоятельство, что во время подачи топлива через распределительное окно плунжера, последнее открыто полностью и дросселирование в нем незначительно, принимают, что в любой точке надплунжерной и подклапанной полостей и в соединяющих их каналах давление топлива в рассматриваемый момент времени одинаково, т.е. надплунжерная, подклапанная полости и соединяющие их каналы принимают как один объем - V_H ; 2) дросселирование топлива при перетекании его от надплунжерной полости к сечению под конусом нагнетательного клапана, включая дросселирование в перьях нагнетательного клапана, учитывается коэффициентом расхода, приведенным к сечению в перьях нагнетательного клапана; 4) учитывая, что для обеспечения стабильного давления перед началом подачи топлива в подклапанной полости и, следовательно, равномерности подачи по штуцерам на плунжере введен дополнительный паз, который сообщает подклапанную полость с корпусом насоса и за 180° до

начала нагнетания выравнивает давление в этой плоскости до давления подкачки (0,25 - 0,80 МПа), принимаем наполнение всего объема - V_H полным и давление в нем в момент начала движения плунжера равным давлению подкачки; 4) поскольку максимальные давления в ЛВД относительно невысокие, не учитываем податливость объема - V_H и V'_H (полость штуцера ТНВД) и упругость привода плунжера; 5) плотность топлива принимаем постоянной. Система уравнений, описывающих процессы в насосе, составленная для инженерного метода расчета, состоит из уравнений объемного баланса и уравнения динамического равновесия нагнетательного клапана:

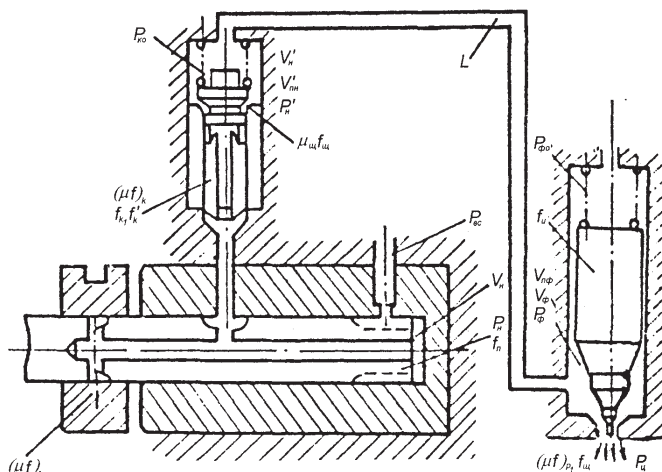


Рис 4.1. Расчетная схема топливной системы с одноплунжерным распределительным насосом типа VE.

$$\alpha_n V_n 6n \frac{dp_n}{d\varphi} = f_n C_n - \sigma_0 (\mu f)_0 \sqrt{\frac{2}{\rho}} \sqrt{p_n - p_{ac}} -$$

$$- \sigma_k \mu_{cl} f_{cl} \sqrt{\frac{1}{1 + K_k^2}} \sqrt{\frac{2}{\rho}} \sqrt{p_n - p'_n} - \sigma_1 f_k C_k - z_1 - z_2;$$

$$\alpha'_n V'_n 6n \frac{dp'_n}{d\varphi} = \left(\sigma_k \mu_{cl} f_{cl} \sqrt{\frac{1}{1 + K_k^2}} \sqrt{\frac{2}{\rho}} \sqrt{p_n - p'_n} + \sigma_1 f_k C_k - f_{mn} C \right) \sigma_2;$$

$$6n \frac{dV'_m}{d\varphi} = - \left(\mu_{cl} f_{cl} \sqrt{\frac{1}{1 + K_k^2}} \sqrt{\frac{2}{\rho}} \sqrt{p_n - p'_n} + \sigma_1 f_k C_k - f_{mn} C \right) \sigma_2;$$

$$M 6n \frac{dC_k}{d\varphi} = \left[f'_k (p_n - p'_n) + \frac{f_k - f'_k}{1 + K_k^2} (p_n - p'_n) - f_k p_{k0} - \delta \cdot h_k \right] \sigma_1$$

$$6n \frac{dh_k}{d\varphi} = C_k \sigma_1$$

здесь α'_n, α_n - коэффициенты сжимаемости топлива в полостях V'_n и V_n ; p_n, p'_n, p_{ac} - давление топлива в полостях V'_n и V_n и давление в полости всасывания (в корпусе насоса); n, φ - частота вращения и угол поворота вала насоса; f_n, C_n - площадь и скорость плунжера; и V_{nH} - свободный объем в полости штуцера ТНВД; σ_0 - коэффициент, показывающий направление движения топлива через отсечное окно гильзы ($\sigma_0 = 1$ при $p_n \geq p_{ac}$, иначе $\sigma_0 = -1$); σ_k - коэффициент, показывающий направление движения топлива через нагнетательный клапан ($\sigma_k = 1$ при $p_n \geq p'_n$, иначе $\sigma_k = -1$); μ_{cl}, f_{cl} - коэффициент расхода топлива через нагнетательный клапан и проходное сечение клапана; f_k, C_k - площадь нагнетательного клапана по разгрузочному пояску и скорость клапана; z_1, z_2 - утечки через прецизионные соединения во впускные и отсечные окна; f_{mn}, C - площадь топливopровода в свету и скорость во входном сечении топливopровода; M - масса нагнетательного клапана и движущихся в нем частей пружины; f'_k - площадь перьев нагнетательного клапана; δ, h_k - жесткость пружины и ход клапана; σ_1 - коэффициент, показывающий нахождение нагнетательного клапана в седле; если клапан находится на седле и сила, действующая на клапан, прижимает его к седлу, $\sigma_1 = 0$ иначе $\sigma_1 = 1$.

Первое уравнение системы (4.5) - уравнение объемного баланса в полости V_n . Здесь коэффициент K_k учитывает дросселирование топлива при протекании от надплунжерной полости к сечению нагнетательного клапана:

$$K_k = \frac{\mu_{ii} f_{ii}}{\mu_1 (f_k - f'_k)},$$

где μ_1 - коэффициент расхода, характеризующий все потери напора при перетекании топлива через каналы плунжера, окна гильзы, канала в головке и через перья клапана при полном его подъеме.

Аналогичным образом учитывается дросселирование топлива в канал плунжера при отсечке. Эффективное проходное сечение отсечных каналов в плунжере и отсечного окна гильзы можно получить в виде:

$$(\mu f)_o = \mu_o f_o \sqrt{\frac{1}{1 + K_n^2}},$$

где μ_o , f_o - коэффициент расхода топлива при перетекании через отсечное окно и площадь отсечного окна гильзы; $(\mu f)_o$ - эффективное проходное сечение в отсечных окнах плунжера.

Дросселирование топлива, учитываемое коэффициентом μ_i , а также дросселирование топлива в каналах плунжера и отсечного окна гильзы были определены экспериментально на стенде постоянной подачи. Результаты проливки отсечных окон вводят в виде таблицы, из которой в программе производится выборка данных на каждом шаге расчета с помощью подпрограмм интерполяции.

Следующие два уравнения являются уравнениями объемного баланса в полости штуцера насоса. Если отсутствует разрыв сплошности, в расчете используют второе уравнение системы, если же сплошность не восстановлена - третье уравнение. Очередность участия в вычислениях этих двух уравнений определяется ступенчатыми функциями σ_2 и σ'_2 :

$$\sigma_2 = 0 \text{ и } \sigma'_2 = 1 \text{ при } V'_{nn} > 0 \text{ и } p'_n = 0;$$

$$\sigma_2 = 1 \text{ и } \sigma'_2 = 0 \text{ при } V'_{nn} = 0 \text{ и } p'_n \geq 0.$$

Во втором уравнении количество топлива, аккумулирующегося в единицу времени в объеме штуцера, приравнивается к расходу топлива через клапан и изменению объема в единицу времени за счет насосного действия клапана и, кроме того, вычитается расход топлива во входном сечении топливопровода. В левой части третьего уравнения записано изменение в единицу времени свободного объема штуцера. Правая часть этого уравнения аналогична правой части второго уравнения, но с обратным знаком, указывающим, что увеличение количества топлива в полости приводит к уменьшению свободного объема V'_{nn} . Четвертое и пятое уравнения системы описывают динамическое равновесие нагнетательного клапана. Коэффициенты сжимаемости в надплунжерной полости в штуцере насоса, а также в форсунке:

$$\alpha_j = \alpha_{nj} + b_{ij} p_j + b_{2j} p_j^2,$$

вместо индекса j могут быть n , $n1$ или ϕ , что означает соответственно надплунжерную полость, штуцер, форсунка; α_{nj} - коэффициенты податливости конечных объемов. Остальные коэффициенты формулы определяются, в свою очередь, как функции температуры топлива в указанных полостях по зависимостям, в которых используются опытные коэффициенты, полученные на основе данных Ю.Я. Фомина.

Допущения, принимаемые при составлении уравнений граничных условий у форсунки, аналогичны в основном перечисленным выше.

Система уравнений, описывающая процесс форсунки, состоит из уравнений объемного баланса и динамического равновесия иглы и движущихся с ней деталей:

$$\begin{aligned} \alpha_\phi V_\phi 6n \frac{dp_\phi}{d\phi} &= \left[f_{nn} C' - (\mu f)_\phi \sqrt{\frac{2}{\rho}} \sqrt{p_\phi - p_u} - \sigma_3 f_u C_u - z_3 \right] \sigma_4; \\ 6n \frac{dV_{n\phi}}{d\phi} &= -[f_{nn} C' - \sigma_3 f_u] \sigma'_4; \\ M 6n \frac{dC_u}{d\phi} &= [(f_u - f'_u)(p_\phi - p_{\phi 0}) + f'_u p'_\phi - \delta' y] \sigma_3; \\ 6n \frac{dy}{d\phi} &= C_u \sigma_3 \end{aligned} \quad (4.6)$$

при

$$p'_\phi = \frac{(\mu f)_\phi^2}{(\mu_c f_c)^2} (p_\phi - p_u) + p_u.$$

здесь V_ϕ , p_ϕ - объем полости и давление в форсунке; C' - скорость в выходном сечении топливопровода; $(\mu f)_\phi$ - эффективное проходное сечение распылителя; p'_ϕ , p_u - давление перед сопловым отверстием распылителя и в цилиндре; f_u , f'_u - площадь поперечного сечения иглы и площадь, ограниченная запорной кромкой иглы; y , C_u - ход (подъем) и скорость иглы; z_3 - утечки через прецизионное соединение игла-корпус распылителя; $p_{\phi 0}$ - давление начала впрыскивания; $V_{n\phi}$ - свободный объем в полости форсунки; M - масса движущихся частей форсунки; δ' - жесткость иглы форсунки; μ_c , f_c - коэффициент расхода и площадь сопловых отверстий распылителя; σ_3 - коэффициент, показывающий нахождение иглы на седле или упоре: если игла находится на седле (упоре) и силы, действующие на нее, прижимают ее к седлу (упору), $\sigma_3 = 0$, иначе $\sigma_3 = 1$.

Первое уравнение системы (4.6) является уравнением объемного баланса в полости распылителя. Количество топлива, аккумулирующегося в объеме в единицу времени за счет сжимаемости, приравнивается к расходу топлива через входное сечение топливопровода за вычетом расходов через сопловые отверстия и зазоры в корпусе распылителя и количества топлива, отсасываемого в единицу времени в результате движения иглы.

Это уравнение используется при отсутствии разрыва сплошности. Если сплошность не восстановлена, применяется второе уравнение. Порядок использования этих двух уравнений определяется ступенчатыми функциями σ_4 и σ'_4 :

$$\sigma_4 = 0 \text{ и } \sigma'_4 = 1 \quad \text{при } V_{n\phi} > 0 \text{ и } p_\phi = 0;$$

$$\sigma_4 = -1 \text{ и } \sigma'_4 = 0 \quad \text{при } p_\phi \geq 0 \text{ и } V_{n\phi} = 0.$$

Изменение в единицу времени свободного объема в распылителе составляет левую часть второго уравнения системы (4.6). Правая часть второго уравнения представляет собой разность расхода топлива через выходное отверстие топливопровода и расхода топлива, связанного с насосным действием иглы, взятого с обратным знаком, учитывающим, что увеличение количества топлива в полости распылителя приводит к уменьшению свободного объема. Третье и четвертое уравнения системы (4.6) описывают динамическое равновесие иглы. Сила инерции приравнивается к сумме сил топлива и пружины, действующих на иглу.

Программы, реализующие описанный выше метод расчета, составлены для ЭВМ. Они предусматривают также автоматизацию расчетов: ведется автоматический поиск начальных условий и заданной цикловой подачи.

На рис. 4.2 приведено сопоставление результатов опыта и расчета. Регистрировались и рассчитывались два параметра: давление топлива в датчике у форсунки - $p_{\phi\phi}$ и ход иглы форсунки - y . Сопоставление расчета и эксперимента показывает, что наилучшее совпадение наблюдается в период основного впрыскивания топлива. Более точное моделирование процессов в конечной фазе и после впрыскивания возможно с применением метода расчета с учетом двухфазного состояния топлива и массового баланса в конечных объемах [2].

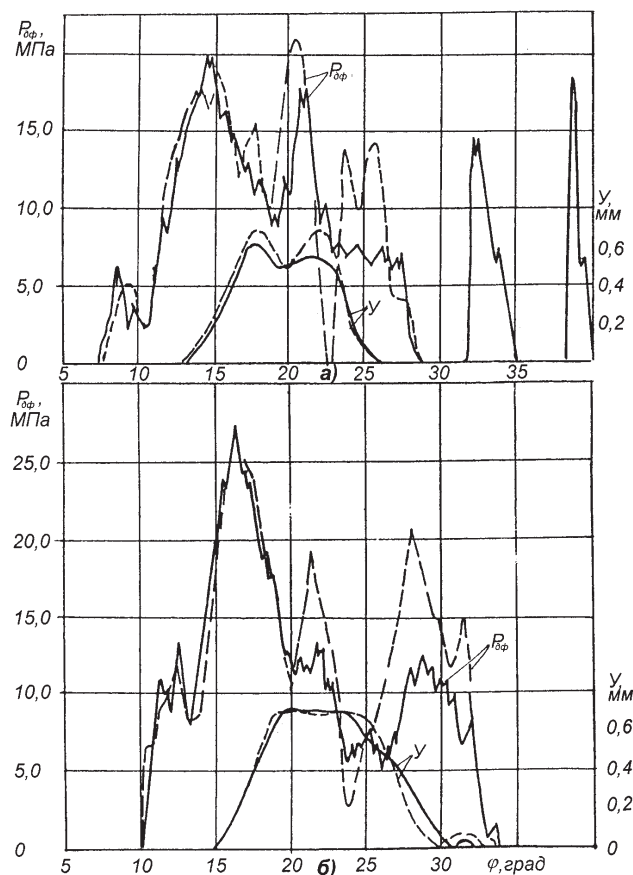


Рис. 4.2. Зависимости давления топлива у форсунки и хода иглы от угла поворота вала насоса ТС с насосом VE:
а - $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$, $V_{ц} = 25 \text{ мм}^3$; б - $n = 2500 \text{ мин}^{-1}$,
 $V_{ц} = 30 \text{ мм}^3$; — опыт; - - - - расчет.

Особенности расчёта топливных систем с роторными ТНВД

Приведённые выше метод и алгоритм гидродинамического расчёта процессов в топливопроводе и форсунке используются как для расчёта топливных систем с одноплунжерными ТНВД, так и для расчёта систем с роторными ТНВД.

Рассмотрим основные положения и допущения метода расчёта рабочего процесса в роторном насосе распределительного типа.

- 1) Расчёт ведётся только для процесса нагнетания, от момента начала подъёма плунжеров (НМТ) до конца впрыскивания топлива в цилиндр дизеля, при этом величина объёма газовой фазы в полости ротора подбирается по условию обеспечения заданной цикловой подачи топлива.
- 2) Сжимаемость топлива в корпусе нагнетательного клапана пренебрегаем.
- 3) Принимаем, что движение плунжера определяется только кулачковым профилем, без учёта отрыва толкателей от профиля кулачка.
- 4) В отличие от расчёта процессов топливоподачи в ТНВД VE рассчитывается время - сечение распределительного окна. Подробно метод и результаты расчёта топливных систем с роторным насосом Lucas DPC изложены в работе [16].