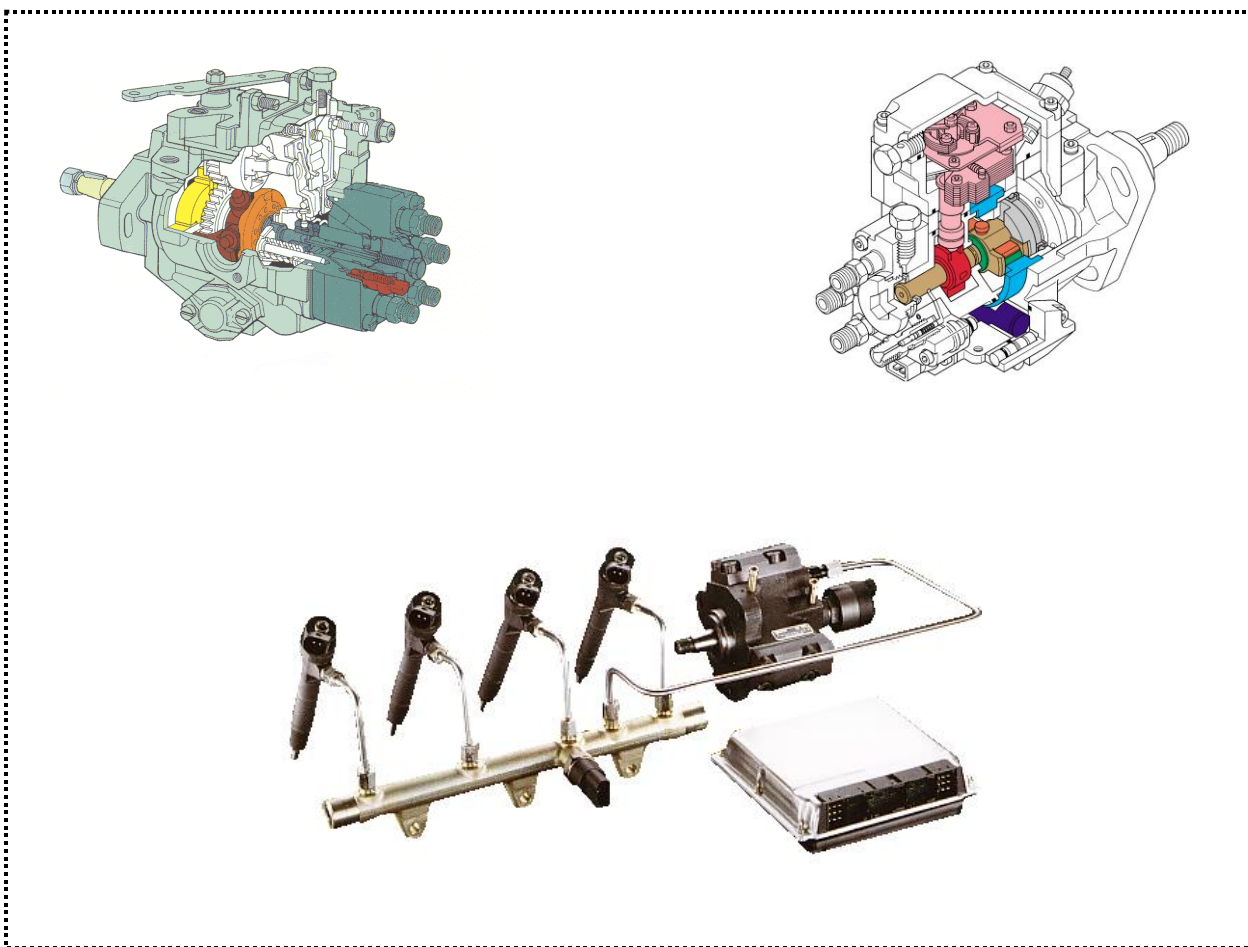


Управление ДИЗЕЛЬНЫМ двигателем 1



Содержание

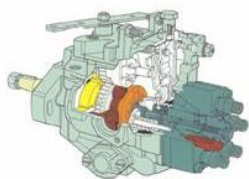
Раздел	Страница
Отличия дизельных и бензиновых двигателей	4
Этапы развития систем управления дизельным двигателем.....	4
Основы процесса сгорания.....	5
Влияние состава смеси.....	7
Элементы системы дизельного впрыска топлива.....	9
Топливный фильтр и влагоотделитель	10
Системы подогрева топлива	12
Системы холодного пуска.....	14
Диагностика свечей накаливания	16
Рециркуляция отработавших газов (EGR).....	18
Рециркуляция отработавших газов в системах CRDI.....	19
Заслонка управления воздушным потоком.....	20
Механизм регулирования завихрения.....	21
Нейтрализатор окислительного типа	22
Сажевый фильтр каталитического типа.....	23
Вакуумный насос.....	24
Топливный насос высокого давления распределительного типа	25
Топливные форсунки.....	27
Контур низкого давления	30
Нагнетание топлива под высоким давлением.....	32
Нагнетательный клапан	34
Дозирование топлива	36
Механическое регулирование частоты вращения вала двигателя.....	38
Всережимный регулятор, пуск и регулирование холостого хода	40
Всережимный регулятор, работа под нагрузкой	42
Двухрежимный регулятор	44
Механизм опережения впрыскивания, устройство останова дизеля	47
Корректирующие устройства, коррекция по давлению во впускном трубопроводе	49
Корректирующие устройства, коррекция в зависимости от нагрузки	51
Корректирующие устройства, ускоритель холодного пуска.....	54
Проверка форсунок и регулировка момента подачи топлива	56
Топливный насос распределительного типа COVEC-F.....	58
Компоненты системы.....	61
Привод электронного регулятора (GE), электромагнитный клапан опережения впрыскивания (TCV) и датчик положения поршня устройства опережения впрыскивания (TPS).....	63
Система непосредственного впрыска топлива аккумуляторного типа	66
Блок управления двигателем	Помилка! Закладку не визначено.
Bosch CRDI, контуры низкого и высокого давления.....	69
Bosch CRDI, управление давлением в рампе	73
Bosch CRDI, типы форсунок и калибровка.....	79
Bosch CRDI, диагностика с помощью диагностического прибора HI-SCAN.....	82
Delphi CRDI, контуры низкого и высокого давления	84

Delphi CRDI, управление давлением топлива в рампе и калибровка форсунок	87
Основные входные и выходные сигналы	90
Управление крутящим моментом двигателя	92
Расчет продолжительности впрыска топлива	97
Расчет требуемого количества воздуха	103
Управление работой свечей накаливания	104
Меры предосторожности.....	107
Снятие форсунок (на примере системы CRDI).....	109
Установка форсунок (на примере системы CRDI).....	111

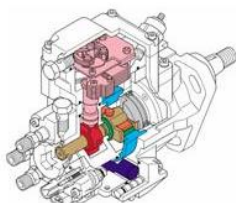
Отличия дизельных и бензиновых двигателей

Характеристика	Дизельный двигатель	Бензиновый двигатель
Коэффициент полезного действия	~35-40%	~22-25%
Воспламенение	От сжатия (самовоспламенение)	Подача искры системой зажигания (извне)
Максимальная частота вращения (об/мин)	~4500	~5500
Степень сжатия	~22	~10
Содержание вредных веществ в отработавших газах		
HC + NO _x	~1,10 г/км	~1,4 г/км
SO ₂ + твердые частицы	~0,22 г/км	—
CO	~1,00 г/км	~2,7 г/км

Этапы развития систем управления дизельным двигателем



Распределительный насос (механический)



Распределительный насос (с электронным управлением)



Система непосредственного впрыска топлива аккумуляторного типа (CRDI)

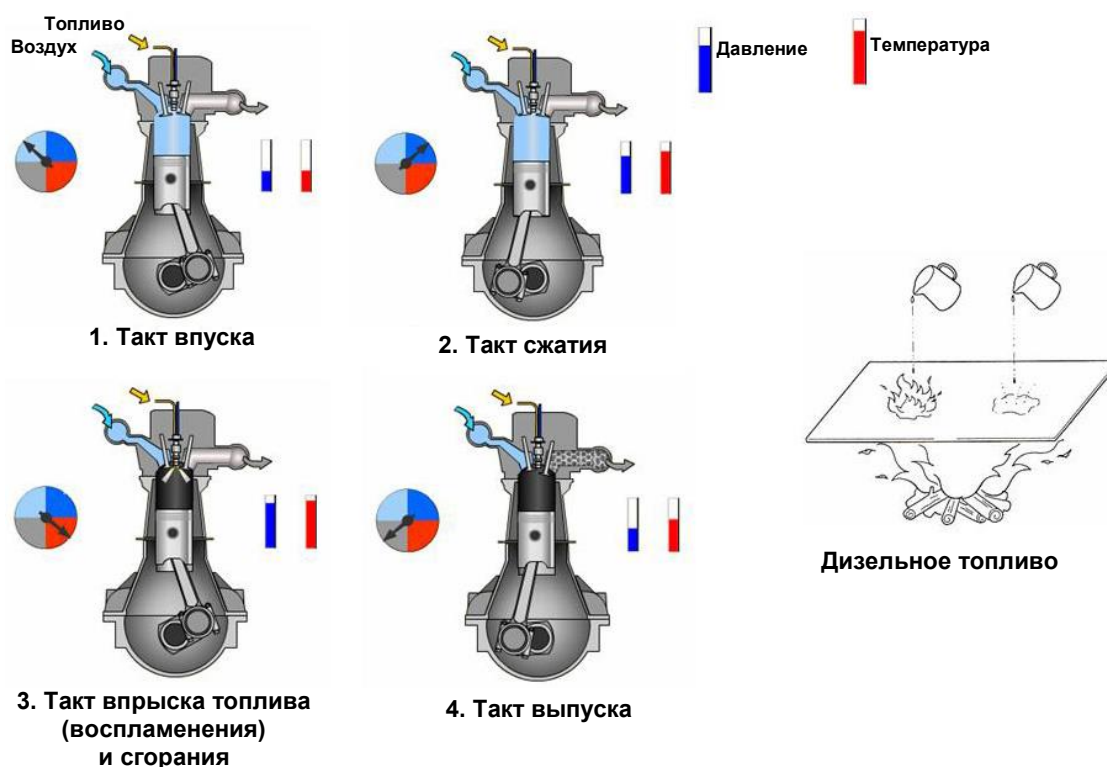
Основные отличия дизельных и бензиновых двигателей

Поскольку в дизельных двигателях воспламенение происходит в результате сжатия поступившего в цилиндры воздуха, то и степень сжатия значительно выше аналогичного показателя у искровых двигателей, сжимающих топливоздушную смесь. Высокий показатель КПД говорит о том, что дизельный двигатель более экономичен, то есть имеет более низкий расход топлива. Общественная значимость и популярность дизельного двигателя обусловлены его низким расходом топлива, малым содержанием загрязняющих веществ в выхлопных газах и невысоким уровнем шума.

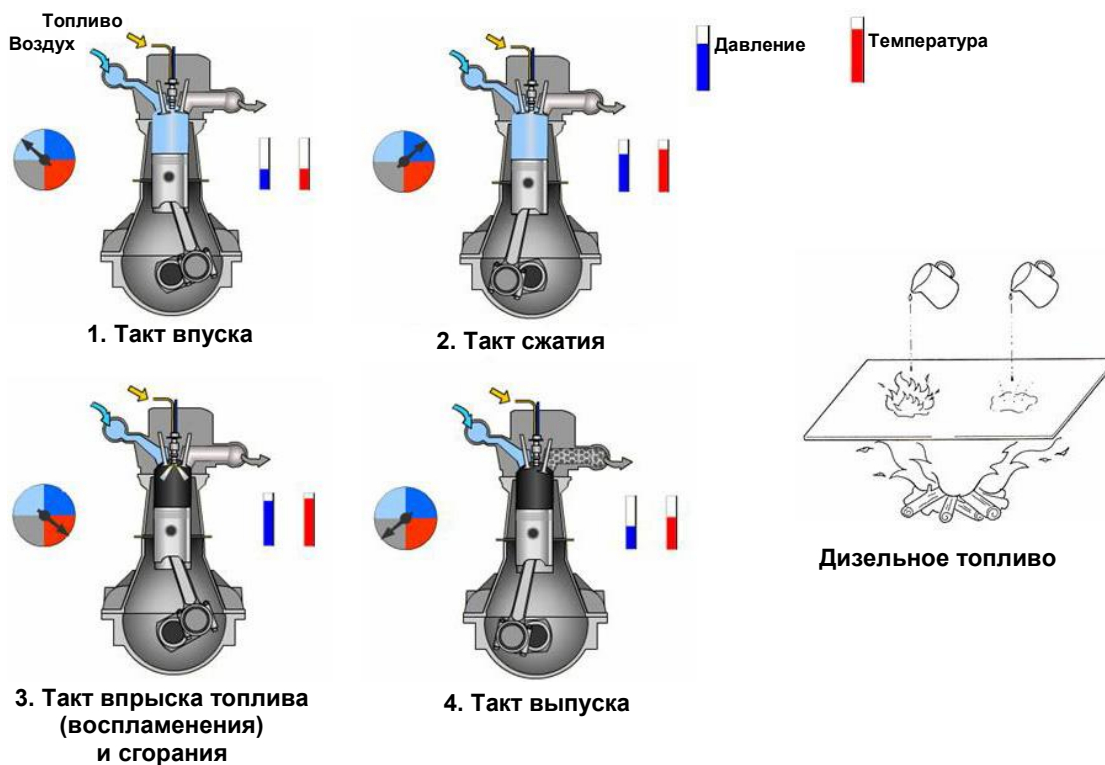
Этапы развития систем управления дизельным двигателем

К системам дизельным двигателям предъявляются все более жесткие требования из-за постоянного ужесточения экологических норм токсичности и требований к уровню шума, а также потребности в снижении расхода топлива. Одна из первых систем управления дизельным двигателем имела механический распределительный ТНВД (топливный насос высокого давления). Из-за не очень точного дозирования топлива в этих системах сложно было достичь высокой мощности и соответствия двигателя жестким экологическим нормам. Следующий этап развития ознаменовался появлением ТНВД распределительного типа с электронным управлением COVEC-F фирмы Zexel. К последнему поколению систем дизельного впрыска относится аккумуляторная система непосредственного впрыска CRDI, которая включает в себя множество датчиков для определения условий и режима работы двигателя. Исполнительные механизмы регулируют режим работы двигателя и управляются электронным устройством или блоком управления (ЭБУ). Блок управления обрабатывает сигналы от датчиков, находит оптимальный режим работы двигателя и обеспечивает его путем управления исполнительными механизмами. Чтобы понимать принципы управления, необходимо знать, как работает дизельный двигатель.

Основы процесса сгорания



Как упоминалось ранее, в дизельном двигателе воспламенение происходит от сжатия. Топливовоздушная смесь образуется в камере сгорания. Форсунки установлены в головке блока цилиндров, они подают топливо непосредственно в камеру сгорания, где и происходит его смешивание с воздухом. Во время такта впуска поршень движется вниз, и воздух поступает в цилиндр через открытый впускной клапан, при этом дроссельная заслонка отсутствует. Во время такта сжатия движущийся поршень сжимает заключенный в цилиндре воздух до давления 32-35 бар. Степень сжатия составляет примерно 25. В результате сжатия воздух нагревается до температуры 800°C . В конце такта сжатия форсунка впрыскивает топливо в разогретый воздух. Давление подачи топлива варьируется в пределах 250-1600 бар в зависимости от режима работы двигателя и типа применяемой системы впрыска. После задержки воспламенения, в самом начале рабочего хода распыленное топливо воспламеняется в сильно сжатом горячем воздухе и сгорает почти без остатка. В результате заряд топливовоздушной смеси в цилиндре продолжает разогреваться, и давление в цилиндре поднимается еще выше. Освобожденная при сгорании энергия воздействует на поршень. Под действием давления поршень движется вниз, при этом тепловая энергия преобразуется в механическую. Во время такта выпуска движущийся вверх поршень вытесняет отработавшие газы через открытый выпускной клапан. Новый заряд воздуха вновь поступает в цилиндр и рабочий цикл повторяется.



Дизельное топливо

Дизельное топливо — это нефтяная фракция, состоящая из множества углеводородных соединений. Дизельное топливо перегоняется из сырой нефти. Его основу составляют углеводороды с температурами кипения 250-350°C при атмосферном давлении. Плотность дизельного топлива на 18% больше, чем у бензина. Однако дизельное топливо обычно содержит больше серы. В странах Европы нормы выбросов загрязняющих веществ вынуждают проводить очистку топлива от серы, так как она наносит вред окружающей среде. Содержание серы в топливе исключает применение каталитических сажевых фильтров, снижающих выхлоп вредных веществ. Но уменьшение содержания серы ведет к потере смазывающих свойств топлива. В этом случае в топливо добавляют специальные смазывающие присадки, необходимые для компонентов системы впрыска. Теплотворная способность дизельного топлива на 18% выше, чем у бензина, что в совокупности с высоким КПД дизеля обеспечивает двигателю высокую топливную экономичность.

Биодизельное топливо

Биодизельное топливо производят из растительного масла и животных жиров. Это топливо не производится из ископаемых энергоносителей и состоит из алкиловых или метиловых эфиров взамен алкановых и ароматических углеводородов дизельного топлива нефтяного происхождения. Однако компания Hyundai не рекомендует использовать этот вид топлива в дизельных двигателях своих автомобилей.

Влияние состава смеси

Состав веществ в отработавшем газе		На оборотах холостого хода	При максимальной мощности	Оптимальный момент подачи топлива ° поворота коленчатого вала ← Опережение Задержка →
Оксид азота (NO _x)	объемная доля, %	0,005...0,025	0,06...0,15	
Углеводород (HC)	объемная доля, %	0,05...0,06	0,02...0,06	
Оксид углерода (CO)	объемная доля, %	0,01...0,045	0,035...0,2	
Углекислый газ (CO ₂)	объемная доля, %	...3,5	...12,0	
Водяной пар	объемная доля, %	...3,0	...11,0	
Кислород (O ₂)	объемная доля, %	...16,0	...10,0	
Азот (N)	объемная доля, %	Остальное	Остальное	
Сажа	мг/м ³	~20	~200	
Температура отработавших газов	°C	100...200	550...750	



Турбонагнетатель

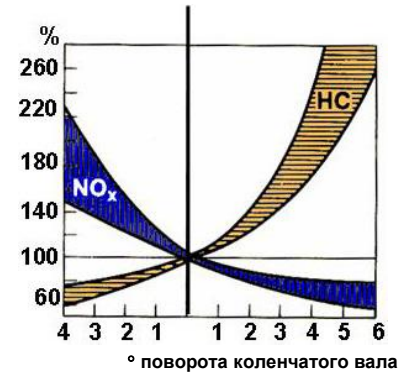


Промежуточный охладитель

В результате сгорания дизельного топлива образуется ряд продуктов сгорания. Их состав зависит от конструкции двигателя, системы подачи топлива, мощности и рабочей нагрузки. На первом месте стоят вода (H₂O) и безвредный углекислый газ (CO₂). Кроме того, в достаточно малых концентрациях образуется еще несколько веществ:

- оксид углерода (CO);
- несгоревшие углеводороды (CH);
- оксиды азота (NO_x);
- диоксид серы (SO₂) и серная кислота (H₂SO₄);
- твердые частицы сажи.

Если двигатель не перегрет, в процессе его работы образуется много не прореагировавших углеводородов из-за недостатка кислорода. Они проявляют себя в виде белого или голубоватого дыма, а альдегиды (частично окисленные углеводороды) вызывают неприятный запах.

Состав веществ в отработавшем газе		На оборотах холостого хода	При максимальной мощности	Оптимальный момент подачи топлива 
Оксид азота (NO _x)	объемная доля, %	0,005...0,025	0,06...0,15	
Углеводород (HC)	объемная доля, %	0,05...0,06	0,02...0,06	
Оксид углерода (CO)	объемная доля, %	0,01...0,045	0,035...0,2	
Углекислый газ (CO ₂)	объемная доля, %	...3,5	...12,0	
Водяной пар	объемная доля, %	...3,0	...11,0	
Кислород (O ₂)	объемная доля, %	...16,0	...10,0	
Азот (N)	объемная доля, %	Остальное	Остальное	
Сажа	мг/м ³	~20	~200	
Температура отработавших газов	°C	100...200	550...750	



Турбоагрегат



Промежуточный охладитель

Влияние состава смеси

Для снижения токсичности отработавших газов применяются следующие методы:

- распыл топлива (под высоким давлением);
- последовательный впрыск топлива;
- изготовленные с высокой точностью сопла распылителей;
- точное дозирование топлива топливными насосами;
- камеры сгорания особой конструкции;
- точный расчет геометрии факела распыла.

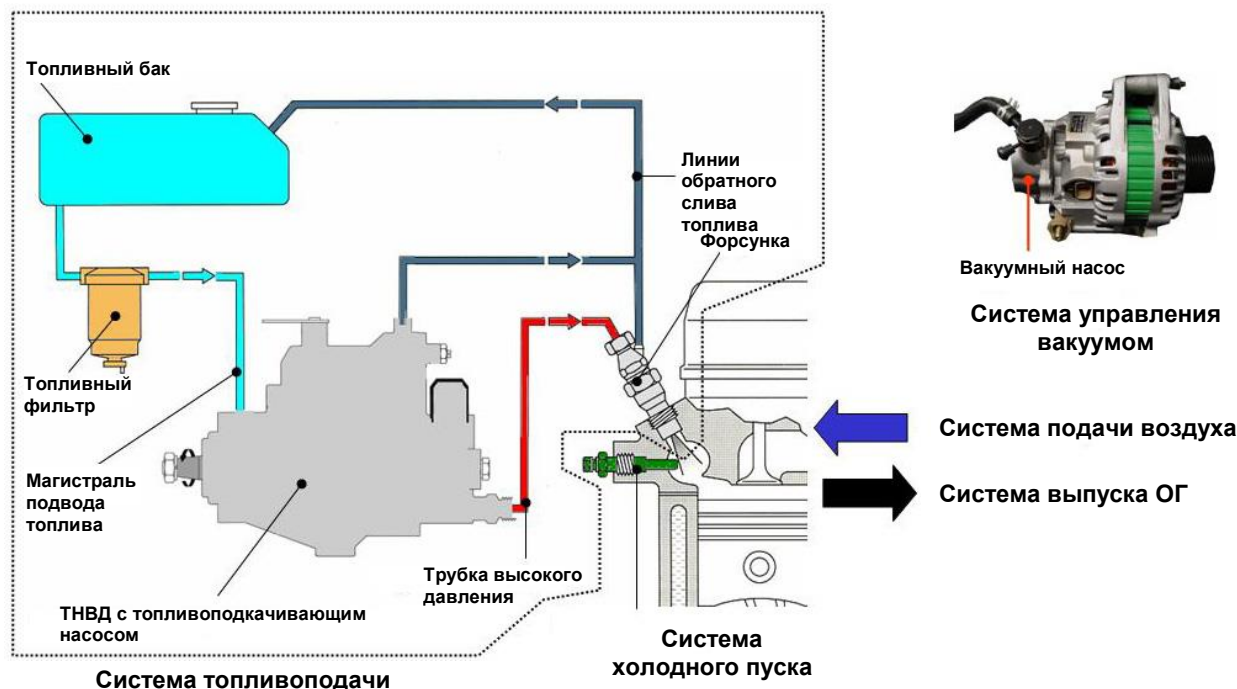
Помимо этих методов, снижению вредных веществ в отработавших газах способствует управление моментом впрыска топлива. Начало процесса сгорания зависит от момента начала впрыскивания топлива. Задержка впрыскивания приводит к снижению содержания кислорода и азота. Очень большая задержка приводит к появлению углеводородов. Незначительное отклонение момента начала подачи топлива, например, на 1° от номинального значения по углу коленчатого вала приводит к росту выбросов NO_x и HC примерно на 15%.

Поэтому момент подачи топлива должен быть установлен очень точно. Наиболее предпочтительными в этом отношении являются электронные системы управления.

Турбоагрегат/промежуточный охладитель

С ростом температуры подаваемого воздуха в цилиндры двигателя, оснащенного турбоагрегатом, повышается температура сгорания, и соответственно увеличиваются выбросы оксидов азота. Поэтому в двигателях с турбоагрегатом применяется промежуточный охладитель наддувочного воздуха. Это обеспечивает снижение выбросов NO_x. Еще один способ снижения выбросов NO_x — это рециркуляция отработавших газов (EGR).

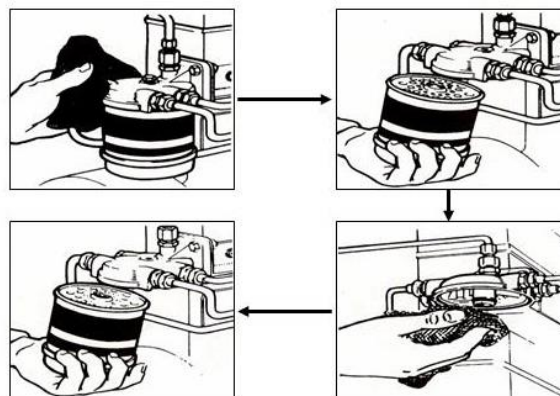
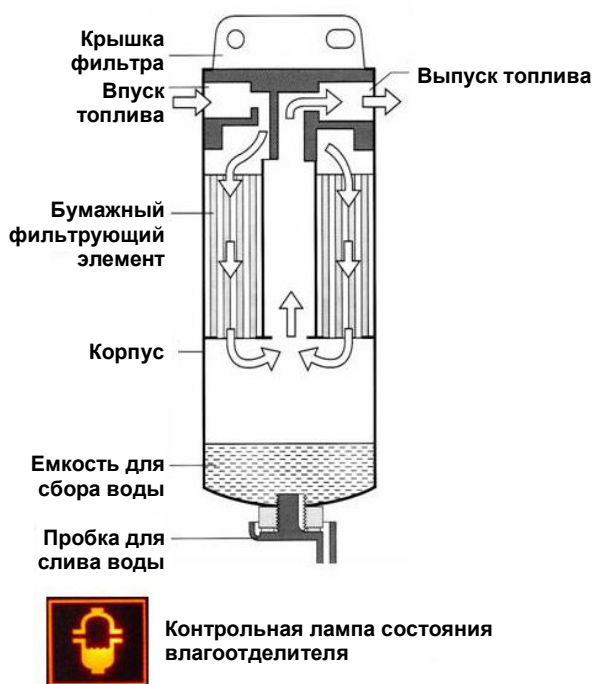
Элементы системы дизельного впрыска топлива



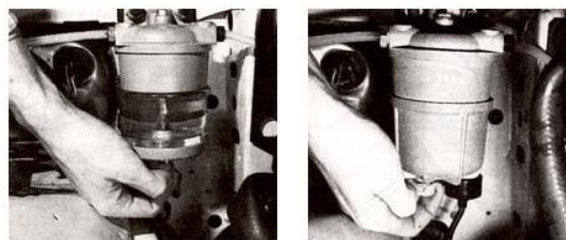
В системе топливоподдачи дизельного двигателя выделяют контур низкого давления и контур высокого давления. Система впрыска дизельного двигателя включает в себя следующие основные компоненты:

- система топливоподдачи: топливный бак, трубопроводы подачи топлива, топливный фильтр, топливоподкачивающий насос (электрический или механический), топливный насос высокого давления (ТНВД) и трубки высокого давления;
- система холодного пуска: свечи накаливания, блок управления свечами накаливания (отдельный блок или модуль ЭБУ впрыска топлива);
- система подачи воздуха: воздушный фильтр, система рециркуляции отработавших газов;
- система выпуска отработавших газов (ОГ): нейтрализатор ОГ окислительного типа и сажевый фильтр (только с CRDI);
- электронная система управления: датчики и исполнительные механизмы (только с электронно-управляемым ТНВД и с CRDI);
- система управления вакуумом.

Топливный фильтр и влагоотделитель



Замена топливного фильтра



Процедура слива воды

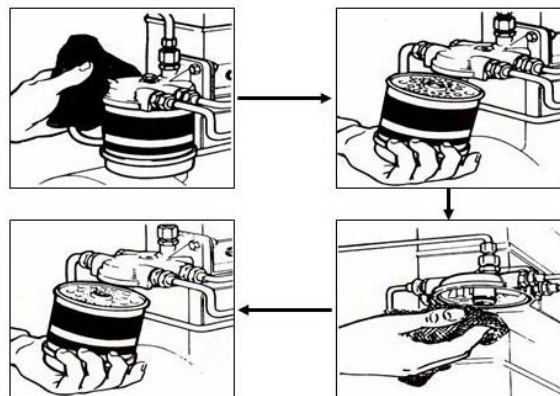
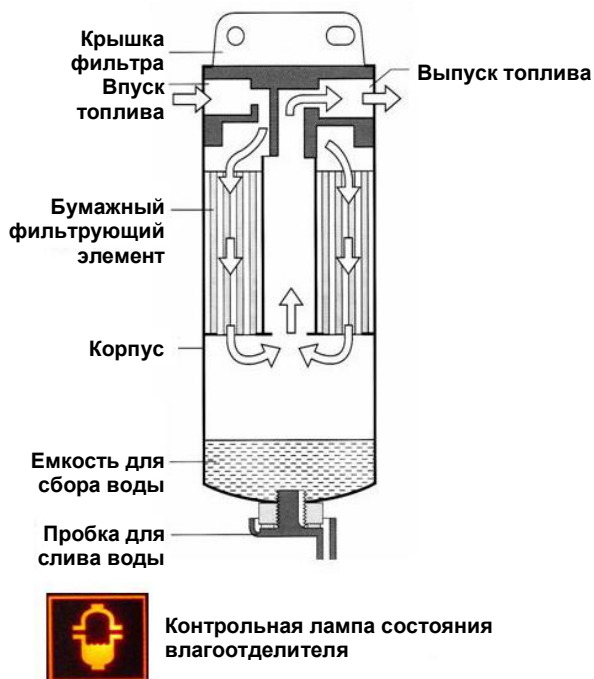
Загрязняющие вещества, содержащиеся в топливе, могут привести к выходу из строя системы впрыска. Поэтому устанавливается топливный фильтр, который предназначен для данной системы впрыска. Установка другого фильтра может привести к снижению ресурса двигателя. Вода в дизельном топливе содержится в виде эмульсии (то есть перемешана с топливом) или отдельно, например, при снижении температуры. Если вода попала в систему впрыска, она может привести к поломкам в результате коррозии.

Контрольная лампа состояния влагоотделителя

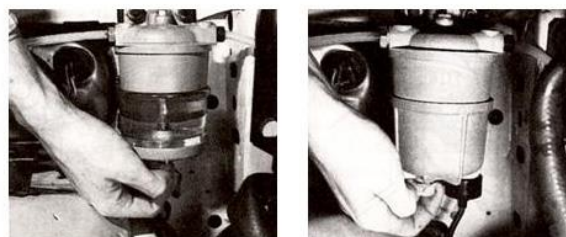
Рост числа автомобилей, оснащенных дизельным двигателем, привел к необходимости установки специального устройства, которое предупреждает водителя о необходимости удалить воду из влагоотделителя фильтра.

Процедура слива воды

Современные дизельные двигатели оснащены топливным фильтром с влагоотделителем, из которого необходимо сливать воду при проведении регулярного ТО или если загорелась контрольная лампа состояния влагоотделителя. Необходимо открутить сливную пробку, чтобы слить воду из фильтра. Если вода не выходит, следует отвернуть штуцер для удаления воздуха на верхней части топливного фильтра. Более подробная информация приведена в заводской инструкции.



Замена топливного фильтра



Процедура слива воды

Замена топливного фильтра

1. Очистить корпус топливного фильтра.
2. Снять корпус, повернув его против часовой стрелки.
3. Очистить от грязи места крепления.
4. Установить новый фильтрующий элемент, затянуть корпус, повернув его по часовой стрелке. Данные по моментам затяжки приведены в заводской инструкции.

Удаление воздуха

При замене любого компонента системы, из нее необходимо удалить воздух. В противном случае двигатель будет запускаться с трудом или неустойчиво работать. Процедура удаления воздуха различная для каждой модели. За более подробной информацией следует обращаться к заводской инструкции.

Редукционный клапан

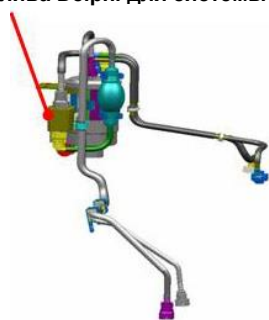
Некоторые фильтры (например, Bosch CRDI) имеют редукционный клапан, который расположен на его крышке. При засорении фильтра или выходного отверстия давление резко возрастает и клапан открывается. В результате топливо возвращается в топливный бак.

Системы подогрева топлива

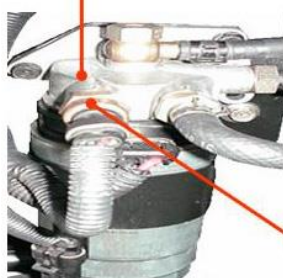


Подогреватель дизельного топлива Delphi (в фильтрующем картридже)

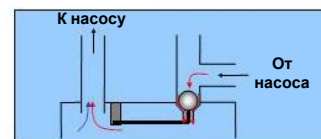
Подогреватель дизельного топлива Delphi для системы CRDI



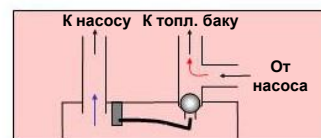
Подогреватель дизельного топлива Bosch для системы CRDI



Датчик температуры



Холодно



Тепло

Полупроводник



Подпружиненная пластина

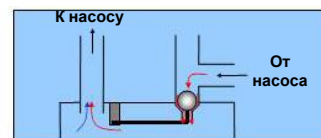
При низких температурах дизельное топливо превращается в «гель». В топливе образуются кристаллы парафинов, и оно начинает мутнеть. Если такое топливо пропускать через фильтр, оно быстро забьет его микропоры. В результате через короткий промежуток времени топливо перестанет поступать в ТНВД. Это приведет к снижению мощности двигателя, или он просто заглухнет. Зимнее дизельное топливо не гарантирует плавной работы двигателя. Это топливо проходит тестирование в лаборатории при температуре $-20^{\circ}\text{C}/-4^{\circ}\text{F}$ (в зависимости от страны). Если температуры будут еще ниже, неизвестно, станет двигатель работать на таком топливе или нет. В любом случае возникнут перебои в работе двигателя, которые приведут к резкому повышению расхода топлива. Если топливный фильтр забит, только его подогрев поможет решить эту проблему. Здесь на помощь приходят системы подогрева топлива.

Подогреватель дизельного топлива Delphi (в фильтрующем картридже)

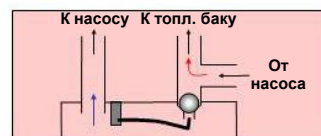
В системе впрыска топлива аккумуляторного типа Delphi в картридж фильтрующего элемента вмонтирована биметаллическая пластина. При низких температурах топливо из ТНВД возвращается в топливный фильтр, где смешивается с топливом, поступающим в ТНВД из топливного бака. В результате сжатия и трения в ТНВД топливо, направляемое в фильтр по магистрали обратного слива, сильно разогрето. В тот момент, когда температура топлива в фильтре достигнет примерно 40°C , биметаллическая пластина выгибается и больше не удерживает шарик в открытом состоянии. Поэтому он перекрывает подачу нагретого топлива в фильтр из ТНВД. В результате все топливо, поступающее от ТНВД по магистрали обратного слива, будет направлено исключительно в топливный бак.



Подогреватель дизельного топлива Delphi (в фильтрующем картридже)

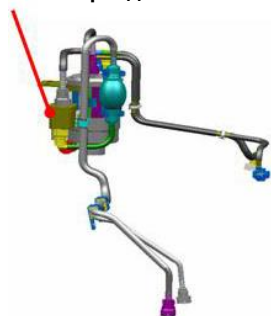


Холодно

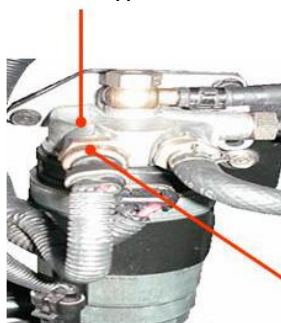


Тепло

Подогреватель дизельного топлива Delphi для системы CRDI



Подогреватель дизельного топлива Bosch для системы CRDI



Датчик температуры

Полупроводник

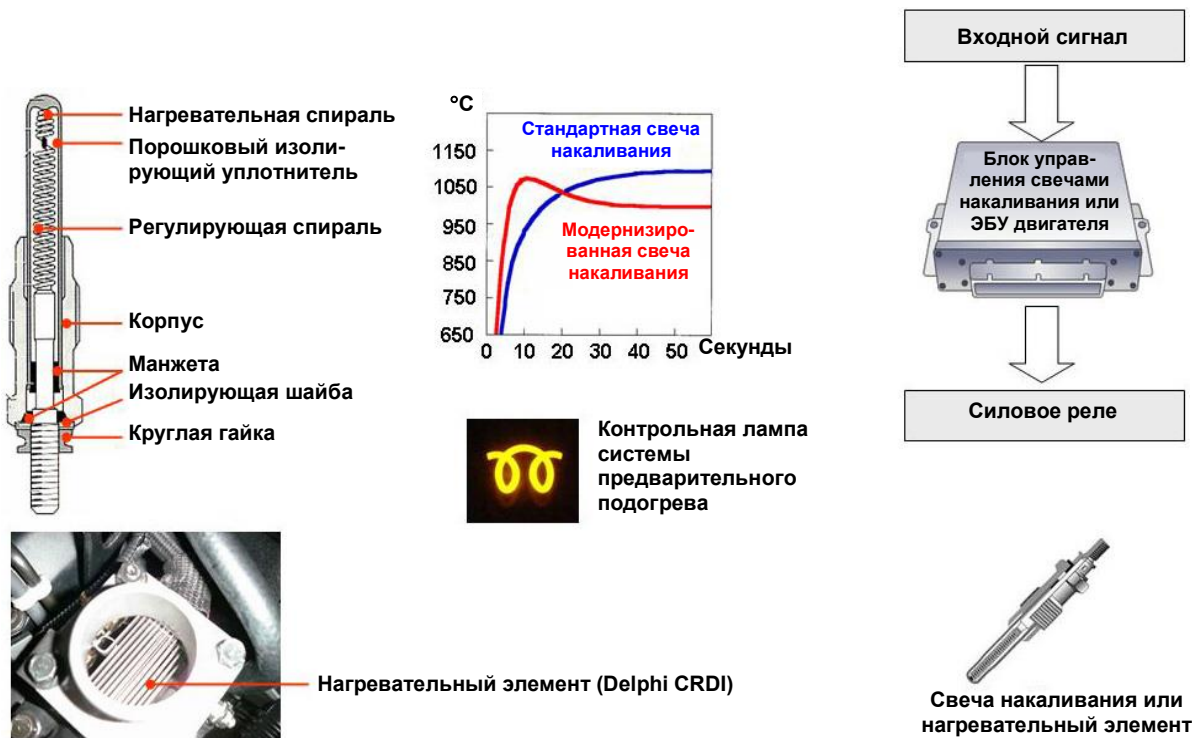


Подпружиненная пластина

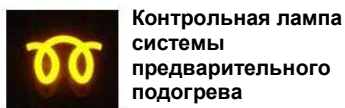
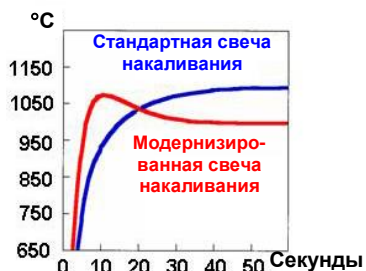
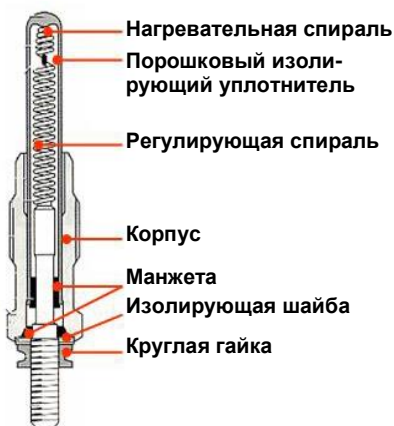
Система предварительного подогрева (Bosch/Delphi)

Два металлических диска соединены 4 полупроводниками. Подпружиненная пластина создает необходимое давление для обеспечения контакта. Полупроводники нагреваются от проходящего через них тока и нагревают топливо в фильтре. В системах Bosch устройство нагрева топлива расположено внутри, между крышкой и фильтрующим элементом. В системах Delphi оно размещено снаружи, на топливном фильтре. Устройство включается по сигналу от датчика температуры топлива, размещенного в корпусе фильтра.

Системы холодного пуска



Системы холодного пуска предназначены для повышения надежности запуска двигателя при низких температурах и ускорения прогрева воздуха в цилиндрах, что очень важно для снижения выбросов загрязняющих веществ. Включением свечей накаливания через силовое реле управляет электронный блок по сигналам множества датчиков: температуры охлаждающей жидкости, L-линии (контролирующей бортовое напряжение), частоты вращения двигателя и количества впрыскиваемого топлива (для расчета времени послепускового подогрева). Они управляют не только продолжительностью работы свечей накаливания, но и выполняют функции контроля и безопасности. Чтобы избежать короткого замыкания, ток к свечам накаливания подается через контактный стержень или специальный резьбовой болт. В дизельном двигателе, как и в бензиновом, также есть режим включения зажигания и режим стартерного пуска. Сразу после включения зажигания начинается предпусковой подогрев и загорается соответствующая контрольная лампа. Когда контрольная лампа гаснет, свечи нагреваются до рабочей температуры и двигатель можно запускать. В этот момент топливо впрыскивается в хорошо прогретый, сжатый воздух. В результате сгорания топлива цилиндры двигателя еще больше прогреваются. Если предпусковой подогрев необходим для надежного пуска двигателя, то послепусковой подогрев обеспечивает ровную и плавную работу двигателя и снижение дымности в момент ускорения и на холостых оборотах. Кроме того, если двигатель холодный, предпусковой подогрев снижает уровень шума двигателя. Блок управления свечами накаливания может представлять собой отдельный блок или входить в ЭБУ двигателя. В последнем случае ЭБУ обеспечивает оптимальное и более точное управление режимом работы свечей накаливания в зависимости от условий работы двигателя.



Нагревательный элемент (Delphi CRDI)



Свеча накаливания

Свеча накаливания представляет собой металлическую трубку, защищенную от коррозии и высоких температур. Внутри трубки находится нагревательный элемент, помещенный в порошок непроводящий уплотнитель. Нагревательный элемент состоит из двух последовательных сопротивлений: нагревательной спирали на конце трубки свечи и регулирующей спирали. Если сопротивление нагревательной спирали теоретически постоянно и не зависит от температуры, то сопротивление регулирующей спирали имеет положительный температурный коэффициент (ПТС). Ее сопротивление быстро нарастает с увеличением температуры, в отличие от обычных (стандартных) свечей накаливания. Это означает, что такая свеча накаливания может достичь рабочей температуры гораздо быстрее (850°C за 4 секунды). Кроме того, подобные свечи являются саморегулируемыми. Они сами ограничивают ток в зависимости от температуры, что не приводит к их перегреву. Поэтому после запуска дизельного двигателя свечи накаливания могут оставаться нагретыми до 3 минут.

Нагревательный элемент

Вместо свечей накаливания в системах Delphi CRDI может устанавливаться нагревательный элемент. Он расположен во впускном коллекторе. Принцип работы этого элемента такой же, как у свечей накаливания. Единственное отличие состоит в том, что в системе управления дополнительно используется сигнал датчика атмосферного давления для предупреждения возможности перегрева элемента вследствие изменения плотности воздуха.

Диагностика свечей накаливания



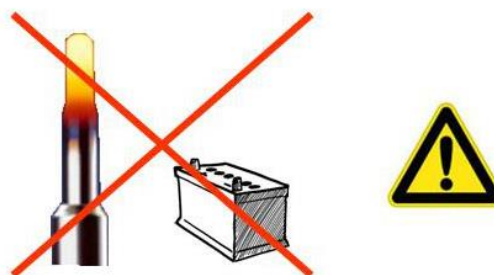
Проверка сопротивления свечи накаливания



Проверка силы тока свечи накаливания



Неисправности, вызванные неправильным моментом затяжки свечей



Систему предпускового подогрева необходимо диагностировать, если есть жалобы на холодный пуск и дымление после запуска двигателя. В современных автомобилях с дизельным двигателем можно считать диагностические коды ошибок. Проверка свечей накаливания состоит в измерении потребляемого ими тока. Поэтому используют специальный токоизмерительный инструмент. Сила тока находится в пределах 10-15 А (более точная информация находится в заводской инструкции), поэтому суммарный ток для 4-цилиндрового дизельного двигателя составит примерно 40-60 А. Измеренное значение суммарного тока сравнивают с приведенными данными:

- 40 А — все свечи в порядке;
- 30 А — одна свеча неисправна;
- 20 А — две свечи неисправны;
- 10 А — три свечи неисправны;
- 0 А — все свечи неисправны.



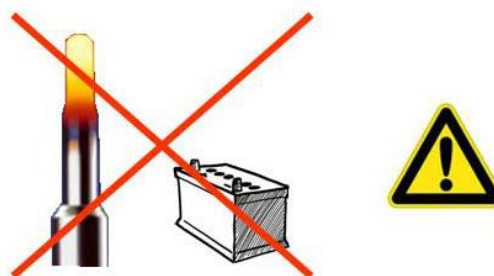
Проверка сопротивления свечи накаливания



Проверка силы тока свечи накаливания



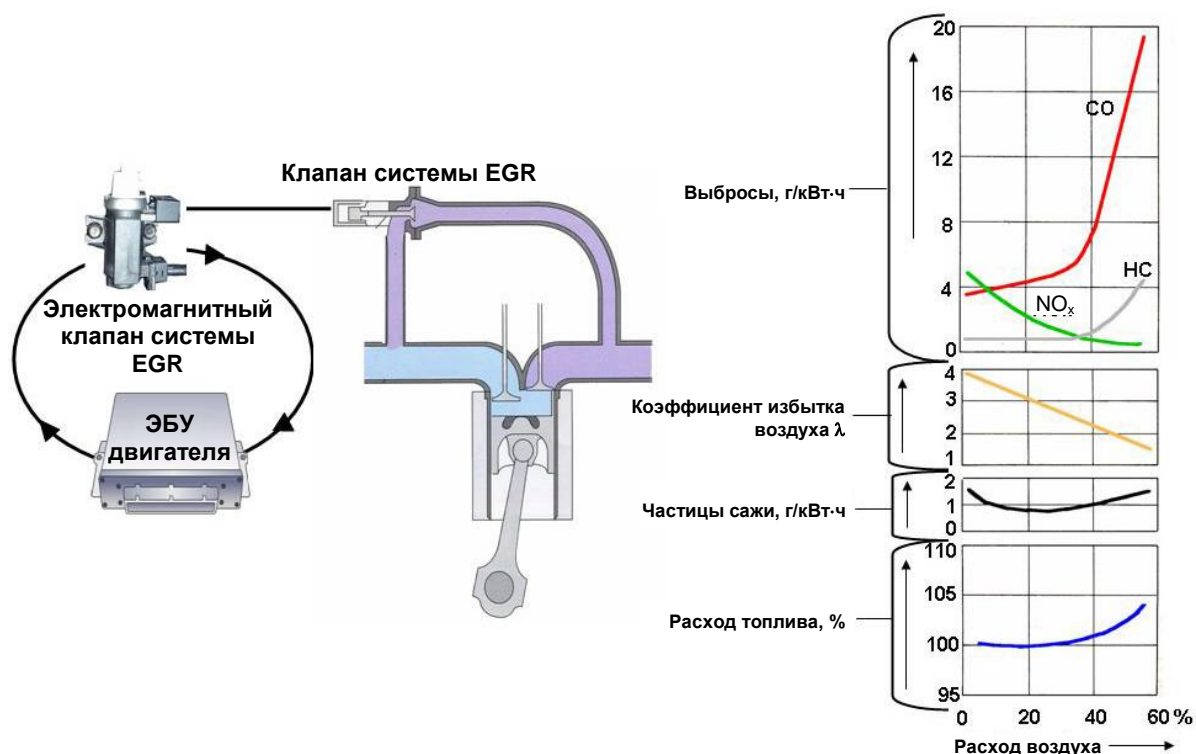
Неисправности, вызванные неправильным моментом затяжки свечей



Перед измерением сопротивления свечи необходимо очистить с помощью щетки. Если сопротивление равно бесконечности, свеча неисправна. Обычно сопротивление свечи ниже 1 Ом (точная информация приведена в заводской инструкции). Не рекомендуется подключать свечу напрямую к аккумуляторной батарее, так как это может привести к ее поломке. Также можно получить травму.

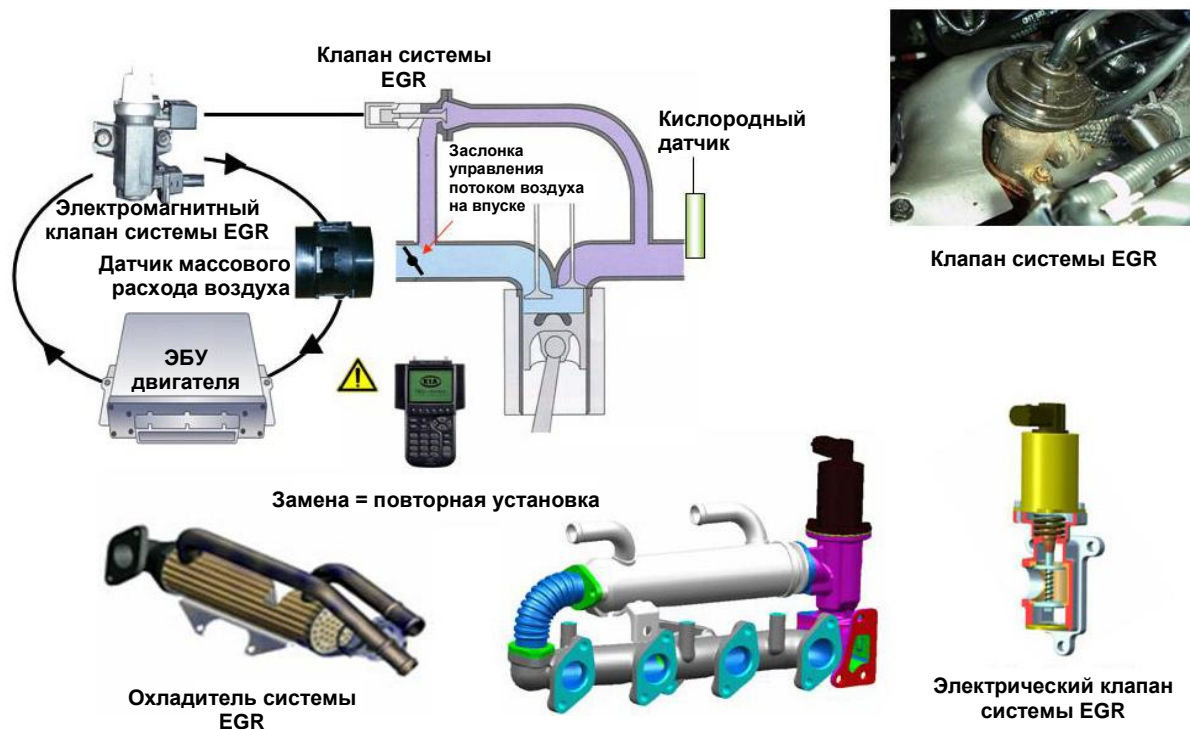
Типичные неисправности свечи накаливания вызваны неправильным моментом впрыска топлива, нарушением факела распыла, неравномерной подачей топлива по цилиндрам, неполным сгоранием из-за утечек масла через поршневые кольца и направляющие клапанов. Перед установкой свечи следует убедиться, что ее резьбовая часть не загрязнена. Всегда затягивайте свечи и контактный болт со строго определенным моментом, указанным в заводской инструкции.

Рециркуляция отработавших газов (EGR)



Как упоминалось ранее, рециркуляция отработавших газов нейтрализует образование NO_x. Система EGR направляет часть выхлопных газов обратно во впускной коллектор при работе двигателя на частичных нагрузках. При этом уменьшается не только содержание кислорода в цилиндре, но и температура фронта пламени и сгорания, что также приводит к снижению выбросов NO_x. Если уровень выхлопных газов, направленных на рециркуляцию, превышает 40% объема впускного воздуха, увеличиваются выбросы сажи, CO и HC, растет расход топлива из-за недостаточного количества кислорода. Рециркуляцию организуют путем соединения выпускного и впускного коллекторов. Клапан EGR, который открывается и закрывается электромагнитным клапаном или электрическим клапаном, регулирует поток газа. Следует заметить, что рециркуляция отработавших газов приводит к снижению топливной экономичности и росту выбросов углекислого газа CO₂ вместо гораздо более опасного NO_x.

Рециркуляция отработавших газов в системах CRDI



На автомобилях с системой непосредственного впрыска аккумуляторного типа (CRDI) рециркуляция отработавших газов осуществляется по замкнутому циклу. Количество воздуха, поступающего в двигатель (степень открытия клапана EGR прямо пропорциональна количеству воздуха) измеряется датчиком массового расхода воздуха, полученные значения сравниваются с заданными данными, хранящимися в памяти ЭБУ двигателя для каждого рабочего режима. Если имеют место отклонения в значениях, ЭБУ корректирует сигнал, подаваемый на электромагнитный клапан EGR. В результате изменяется положение клапана EGR, а количество газов, перепускаемых системой EGR, соответствует требуемой величине. Работа системы EGR будет более точной при применении электрического клапана и при наличии в системе кислородного датчика, который обеспечивает необходимую обратную связь для работы системы. Чтобы газы проходили через систему EGR, необходима разница давлений в выпускном и впускном коллекторах. Она появляется в результате работы заслонки управления воздушным потоком, которая снижает давление воздуха на впуске.

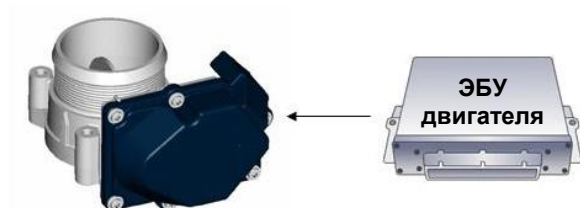
Охладитель системы EGR

В современных дизельных двигателях отработавший газ, проходящий по системе EGR, охлаждается в специальном охладителе. Это дает возможность увеличить количество отработавшего газа, направляемого в цилиндры двигателя.

Замечание

После замены датчика массового расхода воздуха на двигателях, оснащенных каталитическим сажевым фильтром, его параметры должны быть внесены в ЭБУ двигателя повторно с помощью диагностического прибора HI-SCAN Pro. Более подробная информация приведена в заводской инструкции.

Заслонка управления воздушным потоком



Заслонка управления воздушным потоком (с приводом от электромагнитного клапана)
 Основное назначение этой заслонки состоит в том, чтобы снизить избыточное давление во впускном коллекторе для правильной работы системы EGR. Заслонка управления воздушным потоком приводится в действие приводом, в котором создается разрежение через электромагнитный клапан. Заслонка работает на низких оборотах двигателя и закрывается в момент останова двигателя.

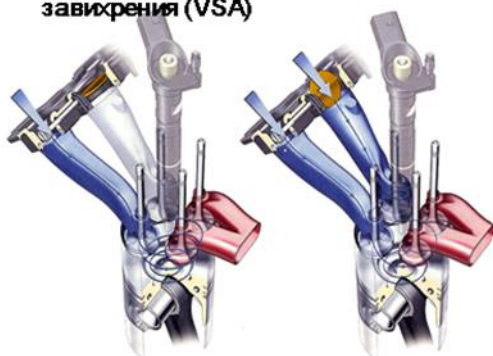
Заслонка управления воздушным потоком (с приводом от электродвигателя)
 На автомобилях, оснащенных сажевым фильтром, положением заслонки управляет электродвигатель. Принцип управления такой же, как и при приводе с электромагнитным клапаном. При осуществлении процесса регенерации сажевого фильтра ЭБУ двигателя прикрывает заслонку для снижения количества поступающего воздуха и повышения температуры ОГ, необходимой для дожигания твердых частиц сажи.

Механизм регулирования завихрения

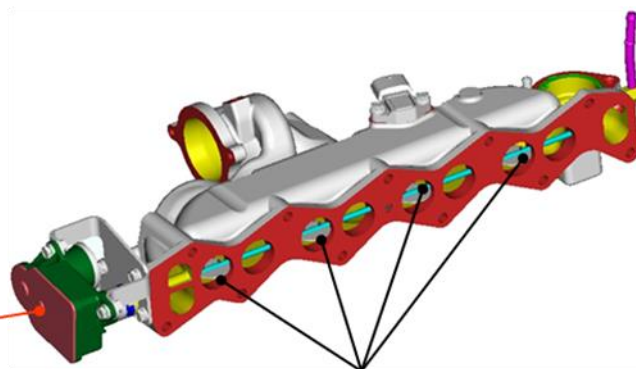
Механизм регулирования завихрения (только с CRDI)



Механизм регулирования завихрения (VSA)



Холостой ход и средние обороты Высокие обороты



3 заслонка управления завихрением



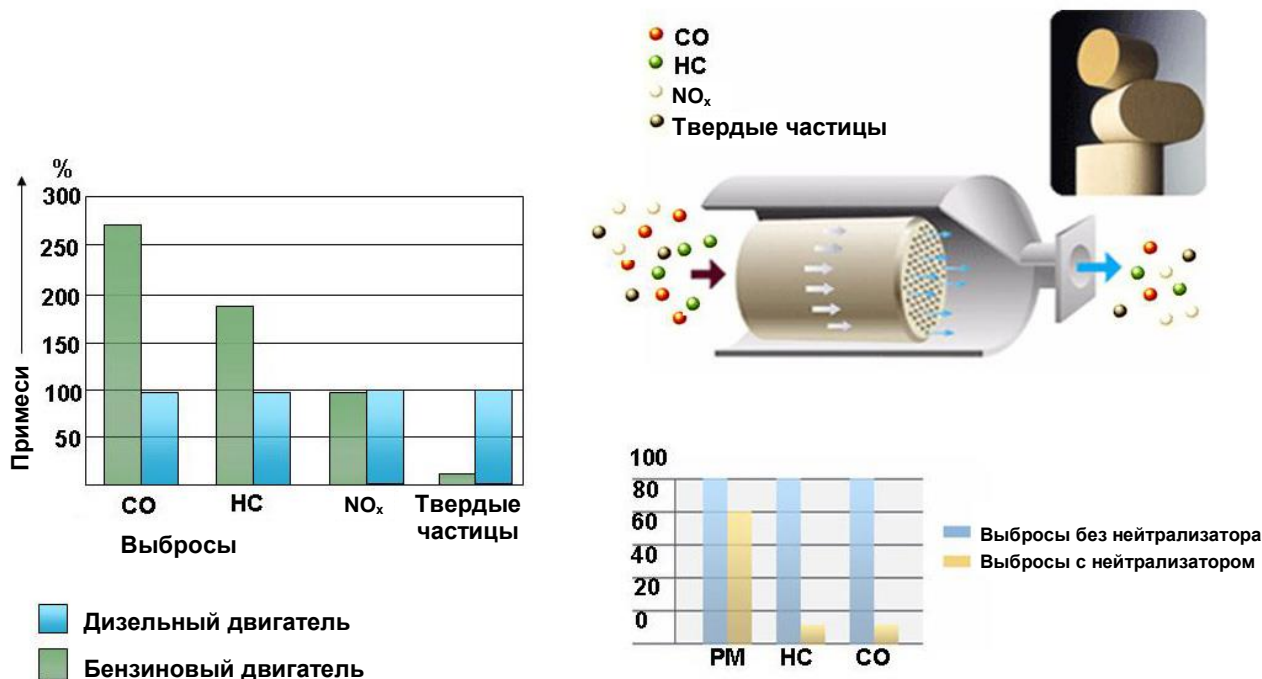
3 замена = повторная установка

На низких оборотах двигателя скорость движения воздуха и его вращательное движение в цилиндре небольшие, а значит и процесс смешивания с топливом малоэффективен, что приводит к снижению мощности двигателя и повышению его токсичности. Механизм регулирования завихрения — это электропривод штока с расположенными на нем 4 заслонками завихрения (по одной на каждый цилиндр). Другие впускные каналы (также по одному на каждый цилиндр) остаются незадействованными (открытыми). На средних оборотах и оборотах холостого хода привод увеличивает скорость вращения воздуха, прикрывая один из впускных каналов, что приводит к росту завихрения, снижению токсичных выбросов и повышению крутящего момента двигателя. Для инициализации и настройки положения электродвигателя привода заслонок и снижения риска его заклинивания из-за отложений, всякий раз при выключении зажигания заслонки полностью открываются.

Замечание

После замены привода механизма регулирования завихрения контрольные значения необходимо ввести в память ЭБУ двигателя при помощи HI-SCAN Pro! Более подробная информация приведена в заводской инструкции.

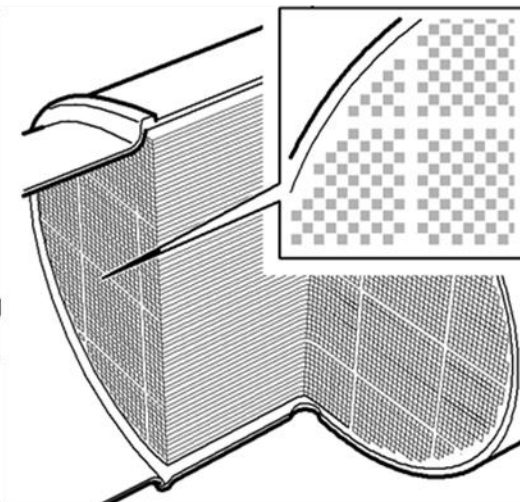
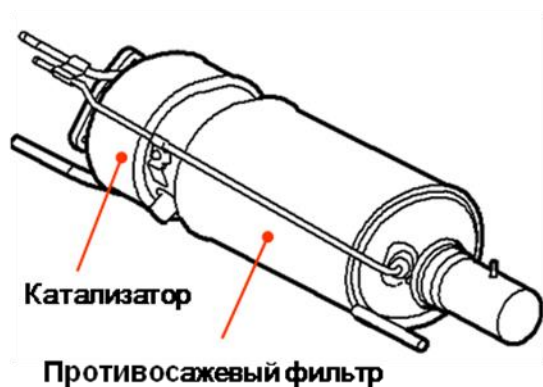
Нейтрализатор окислительного типа



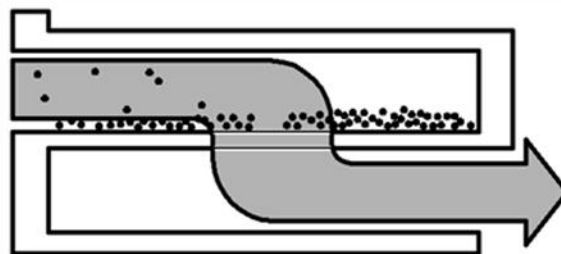
Особенностью работы дизельного двигателя является образование твердых частиц. В основном твердые составляющие состоят из частиц углерода (сажи) и несгоревших углеводородов, которые откладываются на них, а также различных сульфатов (из-за наличия серы в дизельном топливе). Применение обычного нейтрализатора, покрытого дорогим металлом, приводит к снижению выбросов углеводородов. Часть углеводородов сгорает в кислороде, содержащемся в выхлопных газах. Дизельный двигатель всегда работает с избытком воздуха. Поэтому такие нейтрализаторы не могут использоваться для снижения выбросов NO_x. В этом случае необходимо применять нейтрализатор окислительного типа, который не накапливает вредные компоненты, а путем химических реакций обезвреживает их. Этот нейтрализатор называют нейтрализатором окислительного типа, потому что он превращает вредные вещества в безвредные CO₂ и H₂O посредством реакций окисления. При этом в дизельном двигателе катализатор окисляет оксид углерода CO и углеводороды HC, сконцентрированные на поверхности твердых частиц сажи. В корпусе нейтрализатора, выполненного из нержавеющей стали, содержится пористое ячеистое вещество, которое называют активным. Оно покрыто тонким слоем благородного металла, например, платины или палладия. Существуют и другие способы снижения выбросов токсичных веществ дизельного двигателя, о которых будет рассказано в этом учебном курсе.

Сажевый фильтр каталитического типа

Противосажевый фильтр каталитического типа (только с CRDI)



Замена = повторная установка



Улавливатель твердых частиц

Как упоминалось ранее, одним из основных загрязняющих веществ дизельного двигателя являются твердые частицы (сажа). Некоторые модели автомобилей оснащаются сажевым фильтром (в зависимости от рынка сбыта/устанавливается по заказу) для задерживания сажи, которая затем дожигается, как только фильтр будет переполнен. Этот процесс называют регенерацией. Сажевый фильтр выполнен из пористой керамики и по конструкции напоминает ячеистую массу нейтрализатора с большим количеством отверстий или пор. Но один из выходов каждой поры перекрыт: у одних каналов — на входе, у других — на выходе. Отработавший газ попадает в каналы, перекрытые на выходе. Эти каналы чередуются с другими, перекрытыми на входе. Отработавший газ проходит через стенки канала и очень большие частицы сажи оседают на внутренних поверхностях каналов и таким образом улавливаются.

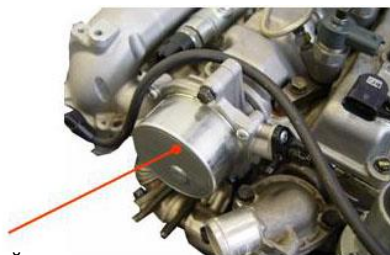
Замечание

После замены каталитического сажевого фильтра контрольные значения необходимо ввести в память ЭБУ двигателя при помощи HI-SCAN Pro! Более подробная информация приведена в заводской инструкции.

Вакуумный насос



Вакуумный насос

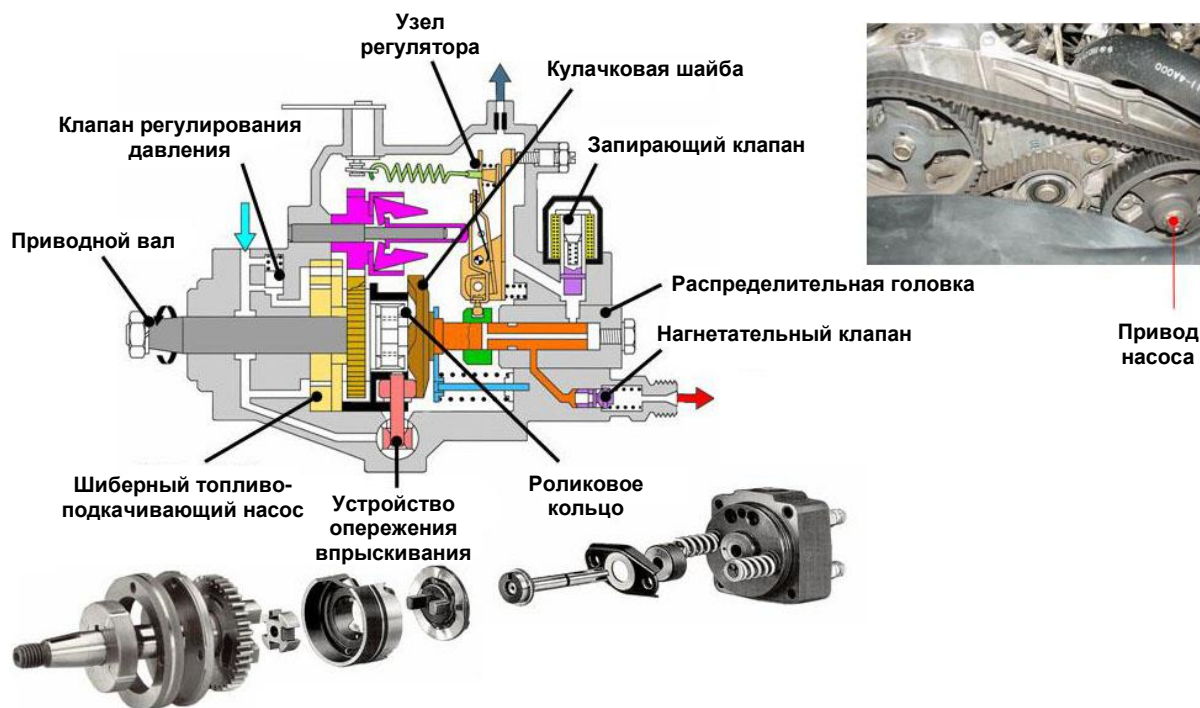


Вакуумный насос



Автомобили с бензиновым двигателем имеют достаточно высокое разрежение во впускном коллекторе, которое служит источником вакуума. В дизельных двигателях, работающих от самовоспламенения, такого разрежения нет. Поэтому на дизельных двигателях устанавливаются дополнительные вакуумные насосы. Эти насосы создают вакуум для работы пневмоусилителя тормозов и исполнительных устройств, например, клапана EGR. Насос может приводиться от распределительного вала двигателя либо от генератора, к которому он присоединен. Ассиметрично установленный ротор насоса приводит в движение лопасть. Она вращается по криволинейному профилю. На обоих концах лопасти имеются специальные уплотнители. Для смазки внутренних элементов насоса и надежного уплотнения вращающихся деталей насос связан с масляной системой двигателя.

Топливный насос высокого давления распределительного типа

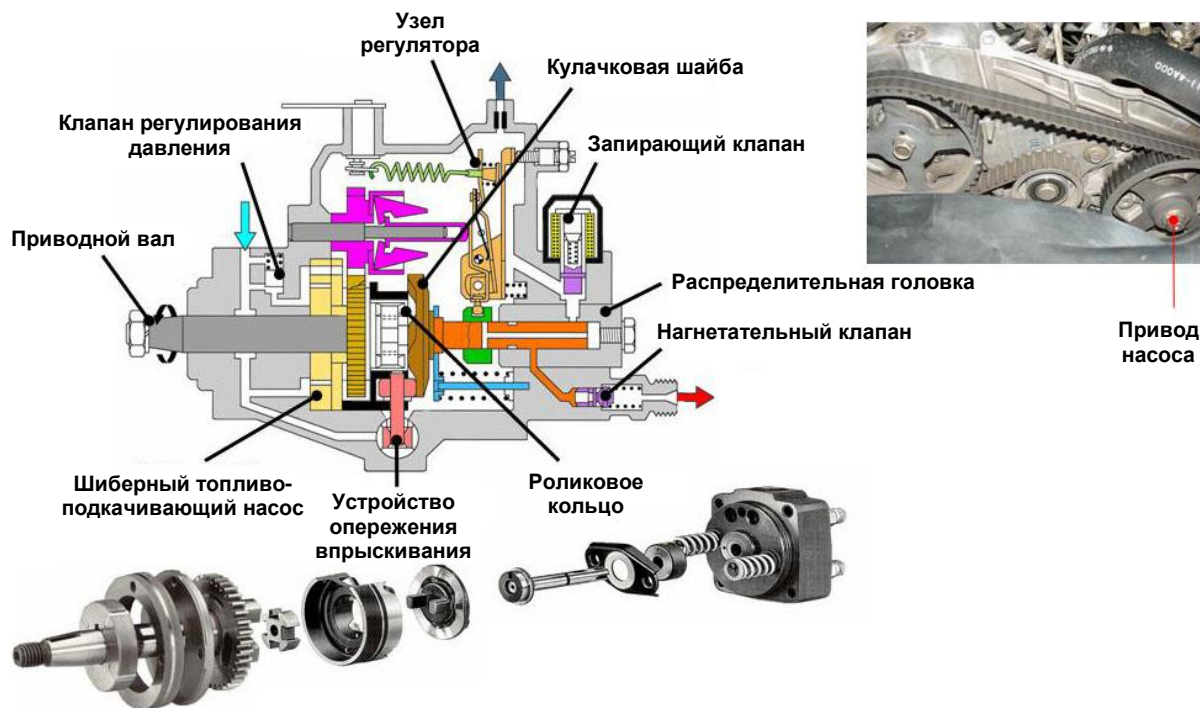


Введение и краткий обзор

ТНВД создает необходимое давление для впрыска топлива. Топливо по топливным трубкам под давлением поступает к форсунке, которая впрыскивает топливо в камеру сгорания. Для того, чтобы удовлетворять все более жестким требованиям, предъявляемым к системам впрыска дизельных двигателей, ТНВД непрерывно совершенствуют. На автомобилях Hyundai устанавливаются следующие ТНВД распределительного типа:

- с механическим регулятором (Lucas/Doowon);
- с электромагнитным регулятором и устройством опережения впрыска (Zexel Covic-F).

Приводной вал вращается в подшипниках корпуса насоса и приводит в движение шиберный топливоподкачивающий насос. Внутри корпуса насоса на конце приводного вала расположено кольцо с роликами. Оно не соединено с приводным валом, но может поворачиваться в корпусе насоса. С помощью кулачковой шайбы с торцевыми кулачками, которые перекатываются по роликам кольца и вращаются приводным валом, создается вращательно-поступательное движение, которое передается плунжеру-распределителю. Плунжер перемещается внутри распределительной головки, которая крепится с помощью болтов к корпусу. Регулятор изменяет положение дозирующей муфты на плунжере. В верхней части механизма регулятора находится пружина регулятора, которая соединяется с рычагом управления с помощью вала. Работа топливного насоса зависит от положения рычага управления.

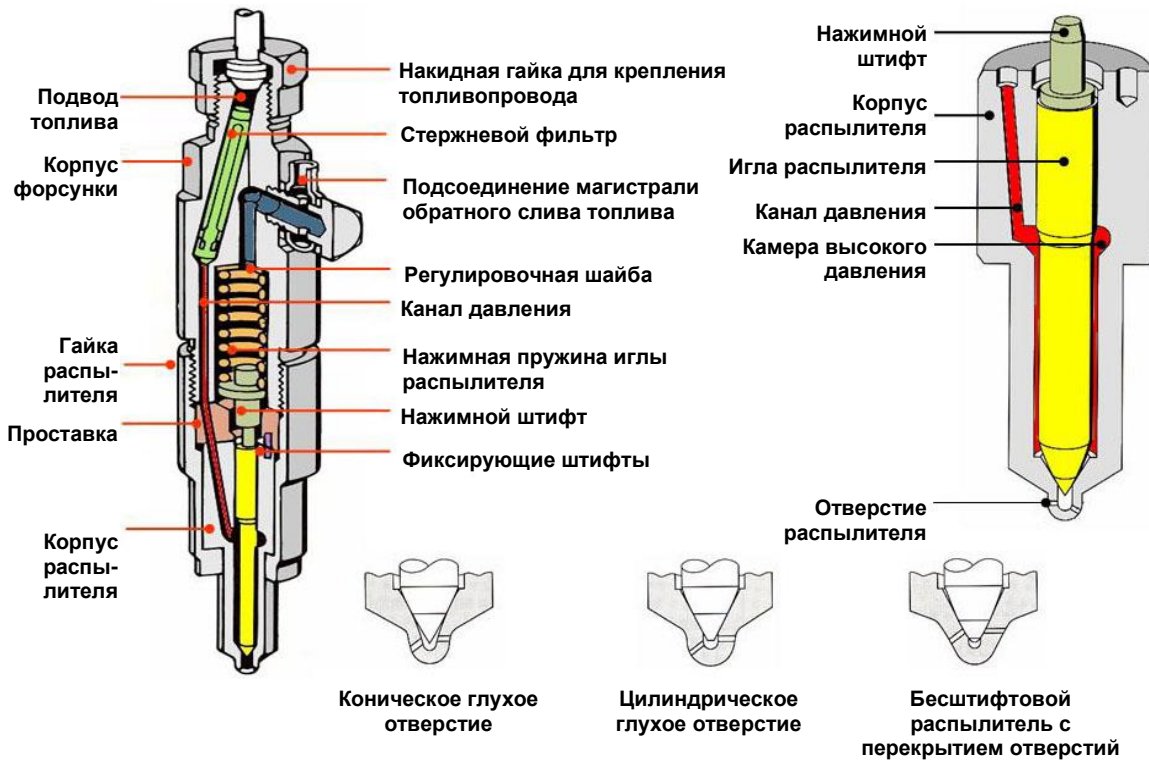


Устройство опережения впрыскивания топлива находится в нижней части корпуса топливного насоса и расположено перпендикулярно его оси. Его работа зависит от давления топлива в корпусе насоса, которое, в свою очередь, определяется подкачивающим насосом и клапаном, регулирующим давление. Это очень важное устройство, так как от него зависит момент и продолжительность впрыскивания топлива.

Привод насоса

ТНВД распределительного типа приводится ремнем от коленчатого вала двигателя. У четырехтактных двигателей он вращается с частотой вдвое меньшей частоты коленчатого вала. Привод не должен проскальзывать, чтобы вращение приводного вала топливного насоса было полностью синхронизировано с перемещением поршня двигателя.

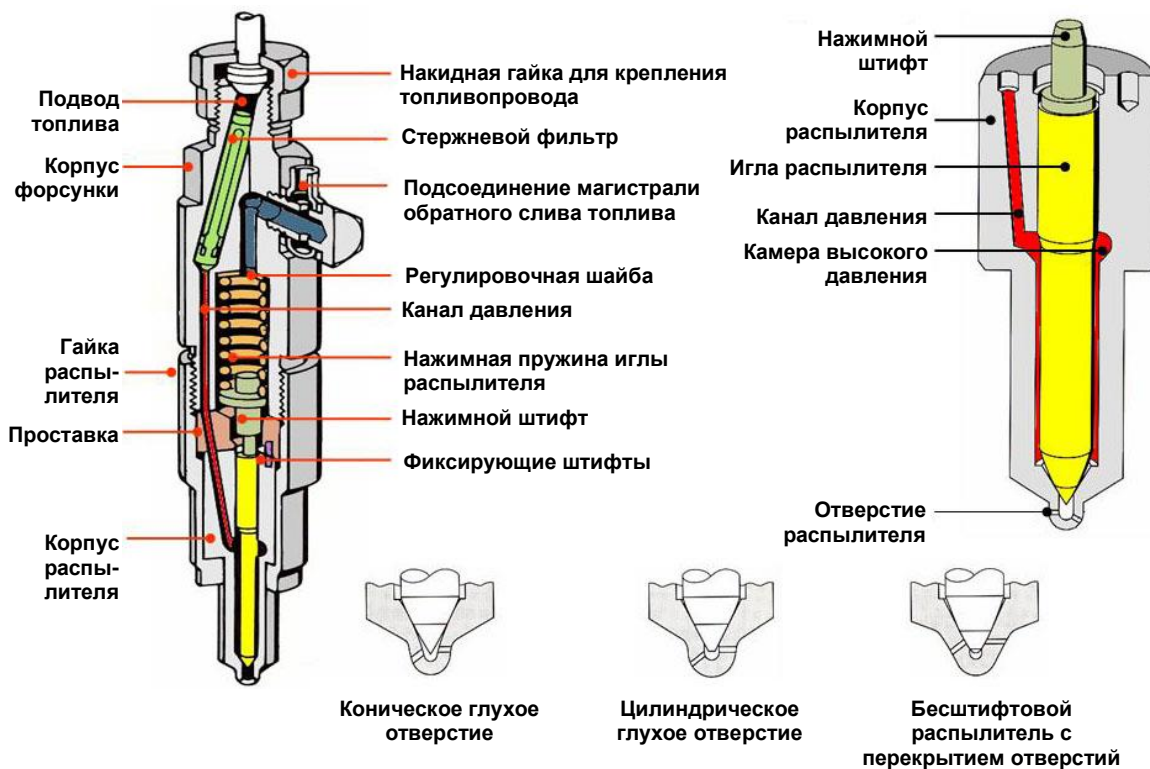
Топливные форсунки



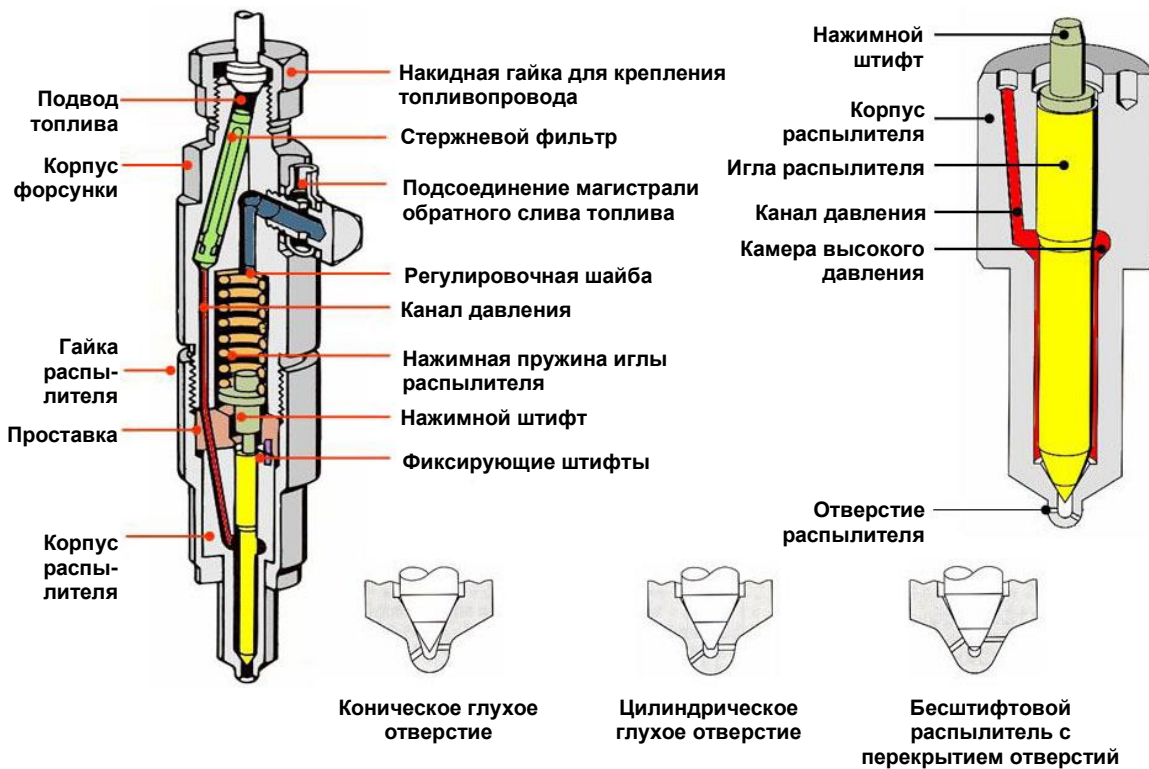
Как упоминалось ранее, топливо под высоким давлением подается к форсункам. В топливной системе дизельного двигателя распылитель, размещенный в корпусе держателя, расположен в камере сгорания двигателя. Он играет важную роль в формировании процесса впрыскивания топлива и соблюдения закона подачи, в оптимальном распыливании и в герметичном разъединении системы питания и камеры сгорания при прекращении подачи. Дизельное топливо впрыскивается под высоким давлением. Для того чтобы сжатый воздух в камере сгорания не попал в систему топливоподдачи в момент открытия форсунок, давление в камере распылителя должно быть всегда выше давления в камере сгорания. Этого очень сложно достичь в момент окончания процесса впрыскивания топлива (когда давление впрыскивания падает, а давление в камере сгорания нарастает довольно быстро). Поэтому требуется точный подбор параметров ТНВД, распылителя и нажимной пружины.

Многоструйный распылитель

Струйные распылители применяются в двигателях с разделенными камерами сгорания. Они должны быть установлены определенным образом. Отверстия в распылителе расположены под разными углами, поэтому они должны быть правильно сориентированы в камере сгорания. Распылитель и его крепление фиксируются на блоке цилиндров выступами или полыми винтами. Форсунка впрыска состоит из распылителя и корпуса. Сам распылитель включает в себя корпус и иглу, которая свободно перемещается в направляющем отверстии корпуса и вместе с тем плотно примыкает к седлу распылителя, запирая его отверстия при высоком давлении топливоподдачи.



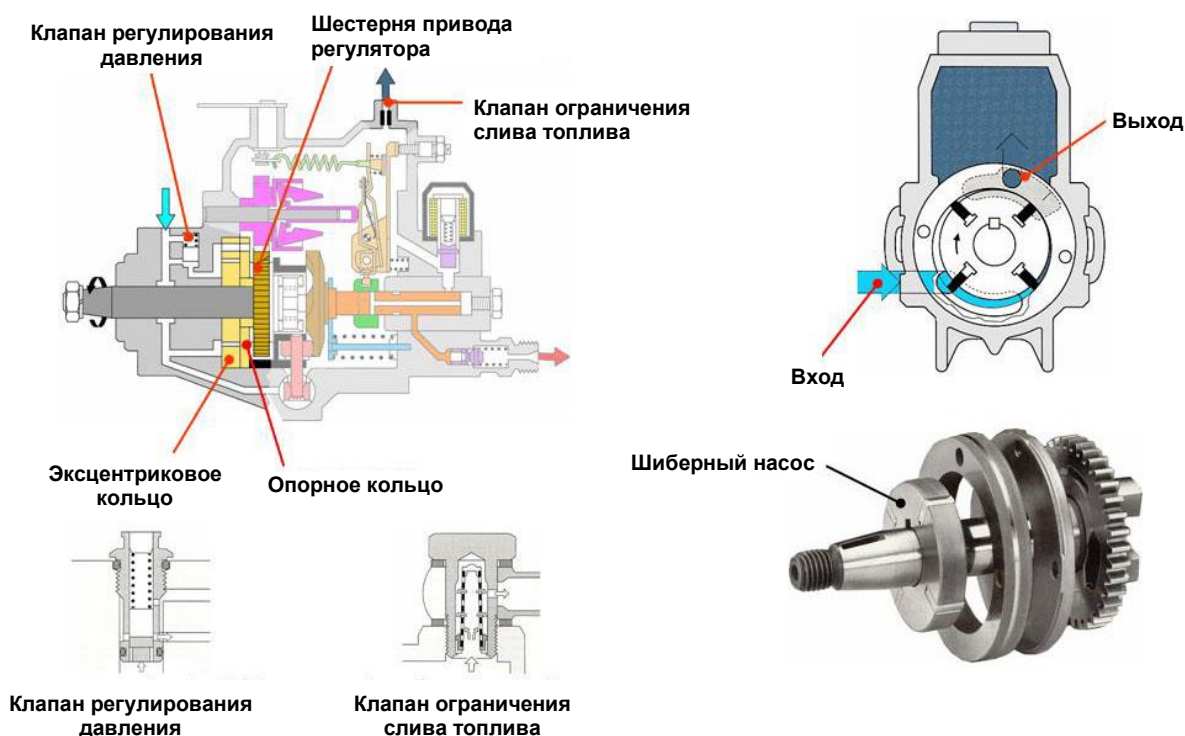
Конец иглы форсунки, расположенной в камере сгорания, представляет собой уплотняющий конус, которым она прижимается к коническому седлу распылителя нажимной пружиной. Диаметр направляющего канала распылителя чуть больше размера его седла. Давление топлива, созданное насосом, воздействует на иглу в области фаски седла (область между направляющим каналом распылителя и иглой в зоне седла). Как только давление топлива превысит силу воздействия нажимной пружины, игла открывается. Металлический стрекочущий звук вызван работой форсунок с высокочастотной вибрацией и распыливанием топлива в цилиндры двигателя. Игла перекрывает подачу топлива, как только его давление станет ниже давления прекращения впрыскивания (последнее ниже давления открытия форсунки). Давление открытия струйной форсунки составляет примерно 150-250 бар, его можно отрегулировать установкой регулировочных шайб под нажимной пружиной.



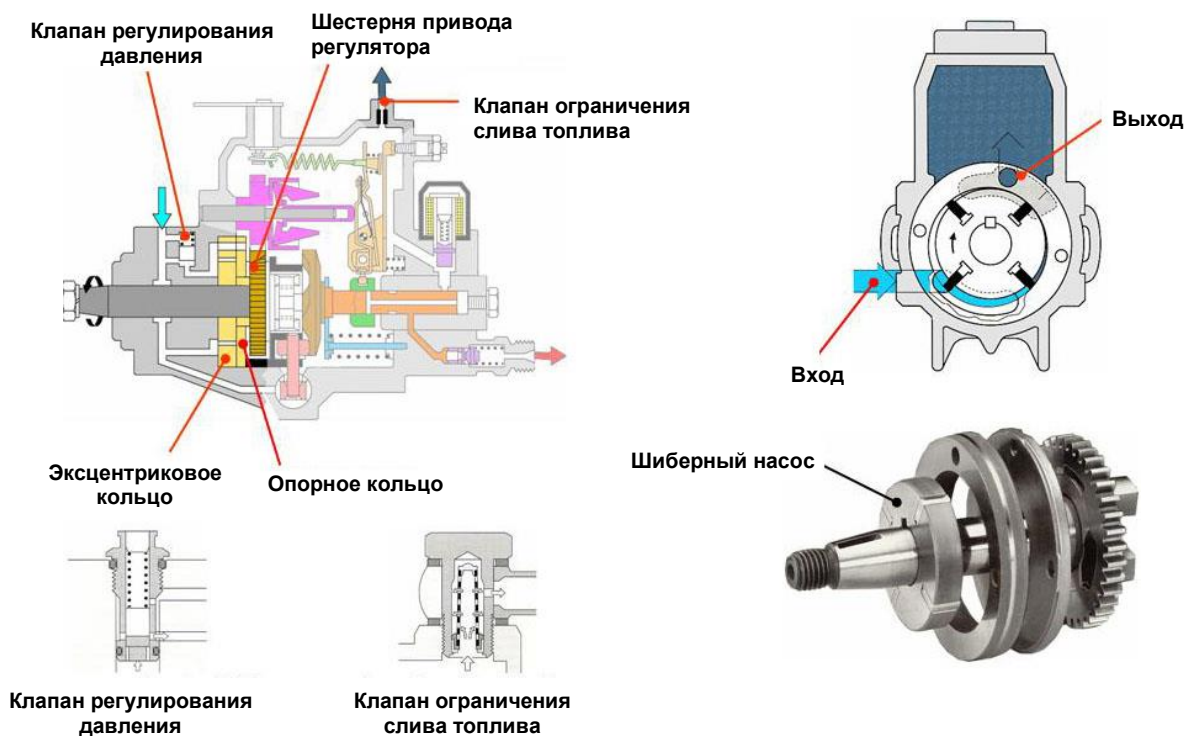
Штифтовой распылитель

Штифтовые распылители применяются в двигателях с разделенными камерами сгорания (предкамерные или вихрекамерные дизельные двигатели). Распылитель впрыскивает топливо в форме одной струи. Особенностью штифтовой форсунки является то, что количество впрыскиваемого топлива напрямую зависит от высоты подъема ее иглы. В отличие от струйного распылителя, объем топлива которого в момент подъема иглы нарастает резко, штифтовые распылители имеют плавную характеристику количества впрыскивания топлива в диапазоне малых ходов иглы. В этом случае штифтовая игла открывает небольшую кольцевую щель, образованную отверстием распылителя и штифтом. При полном подъеме иглы щель открывается полностью и объем подачи резко нарастает. В определенной мере изменение сечения кольцевой щели зависит от хода иглы и влияет на количество топлива, впрыскиваемого в единицу времени. Вначале форсункой впрыскивается небольшая часть топлива, при этом основная порция топлива впрыскивается в конце. Подобная характеристика подачи положительно влияет на снижение шумности двигателя.

Контур низкого давления



Лопастной (шиберный) топливоподкачивающий насос всасывает топливо из бака. Топливоподкачивающий насос закреплен на приводном валу ТНВД. При вращении приводного вала ТНВД четыре лопасти топливоподкачивающего насоса прижимаются центробежной силой к внутренней стенке эксцентрикового кольца. Лопатки дополнительно прижимаются к внутренней стенке топливом, находящимся в зазоре между обратной стороной каждой лопатки и прорезью ротора. Топливо поступает через входное отверстие в корпусе насоса и попадает в овальную полость, образуемую между ротором, лопастью и эксцентриковым кольцом. Вращение ротора приводит к тому, что топливо, находящееся в объеме между соседними лопастями, выдавливается в верхнюю овальную полость и через отверстие — внутрь корпуса насоса. Клапан регулирования давления топлива обеспечивает требуемое давление во внутренней полости насоса. Иначе говоря, чем выше частота вращения насоса, тем выше давление в нем. Часть топлива проходит через клапан регулирования давления и возвращается на участок всасывания. Часть топлива также проходит через клапан ограничения слива и возвращается в бак. Для ограничения слива может применяться дроссель или клапан.



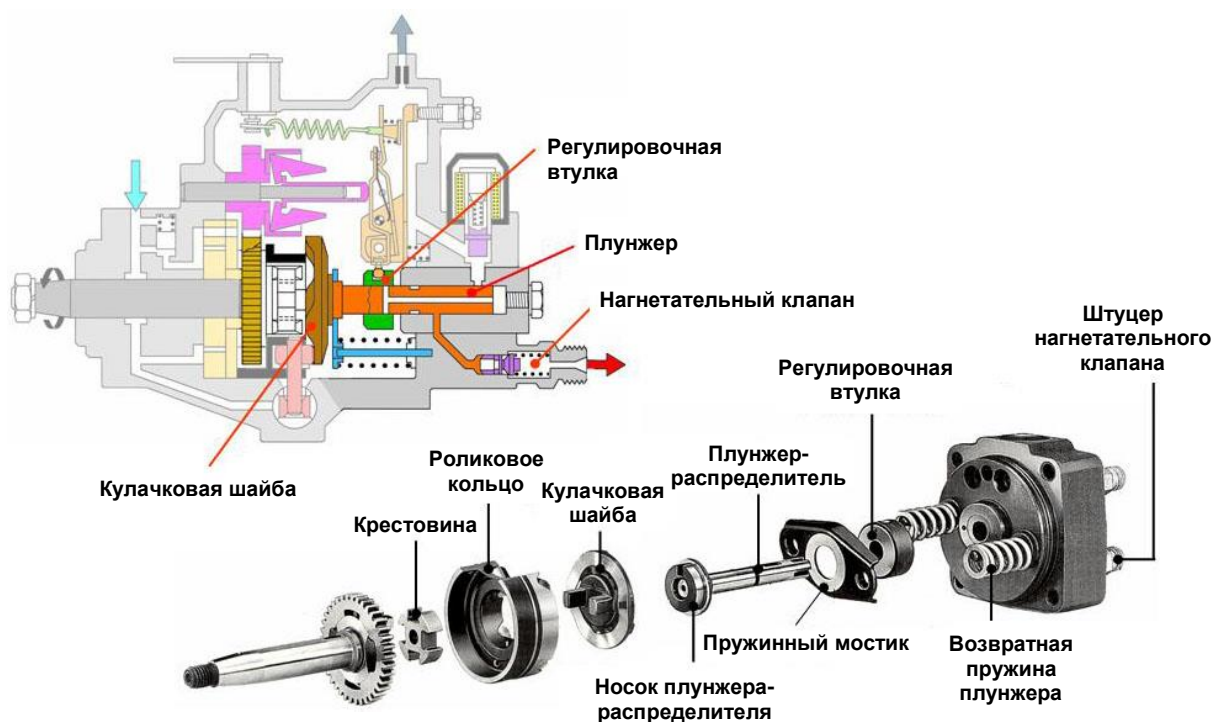
Клапан регулирования давления

Клапан регулирования давления расположен очень близко к топливopодкачивающему насосу и связан каналом с его верхней полостью. Это поршень, нагруженный пружиной, который позволяет изменять давление в корпусе насоса в соответствии с количеством подаваемого топлива. Если давление топлива превышает заданное значение, поршень открывает возвратный контур и позволяет топливу перетекать обратно на участок всасывания насоса. Если давление топлива слишком мало, возвратный контур остается закрытым. Давление открытия клапана регулируется путем изменения силы предварительной затяжки пружины.

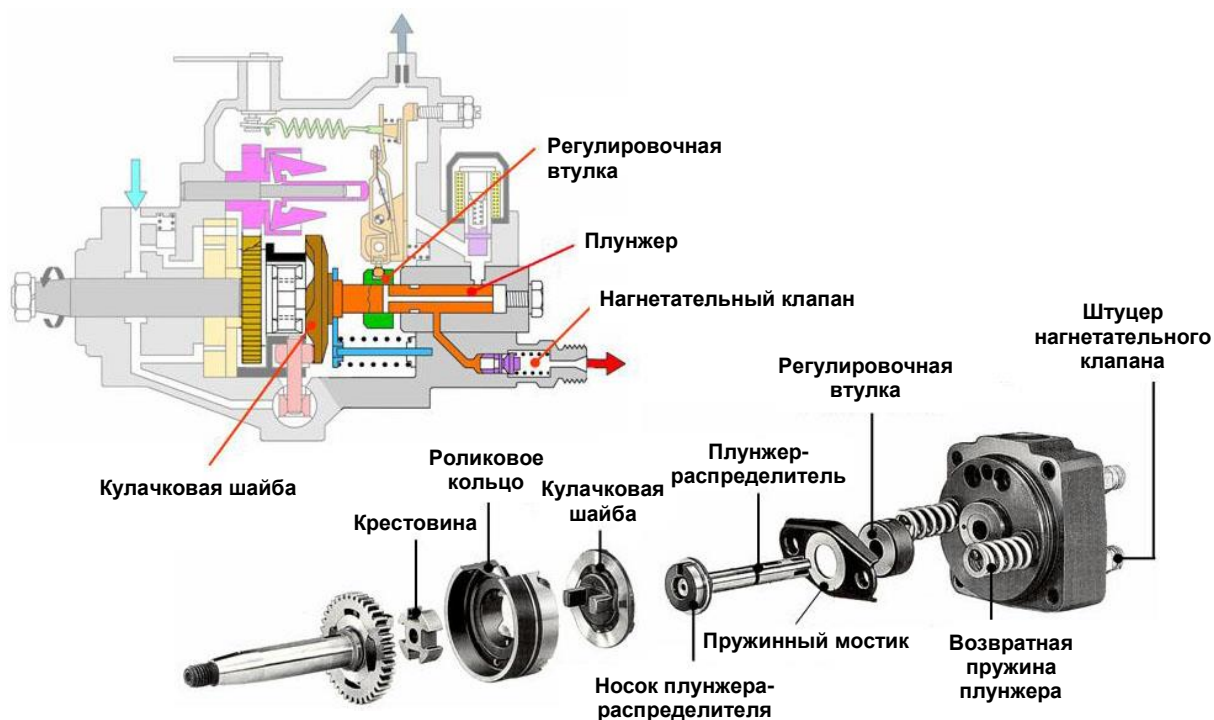
Ограничение слива топлива

Болт, в котором находится клапан ограничения слива топлива, сообщается с полостью внутри корпуса насоса. Он позволяет изменять количество топлива, возвращающегося в топливный бак через отверстие небольшого диаметра. Это отверстие обеспечивает сопротивление на пути движения избыточного топлива, что помогает поддерживать заданное давление топлива в корпусе насоса. Клапан ограничения слива топлива и клапан регулирования давления выполнены как прецизионные узлы, все детали которых точно подогнаны друг к другу.

Нагнетание топлива под высоким давлением



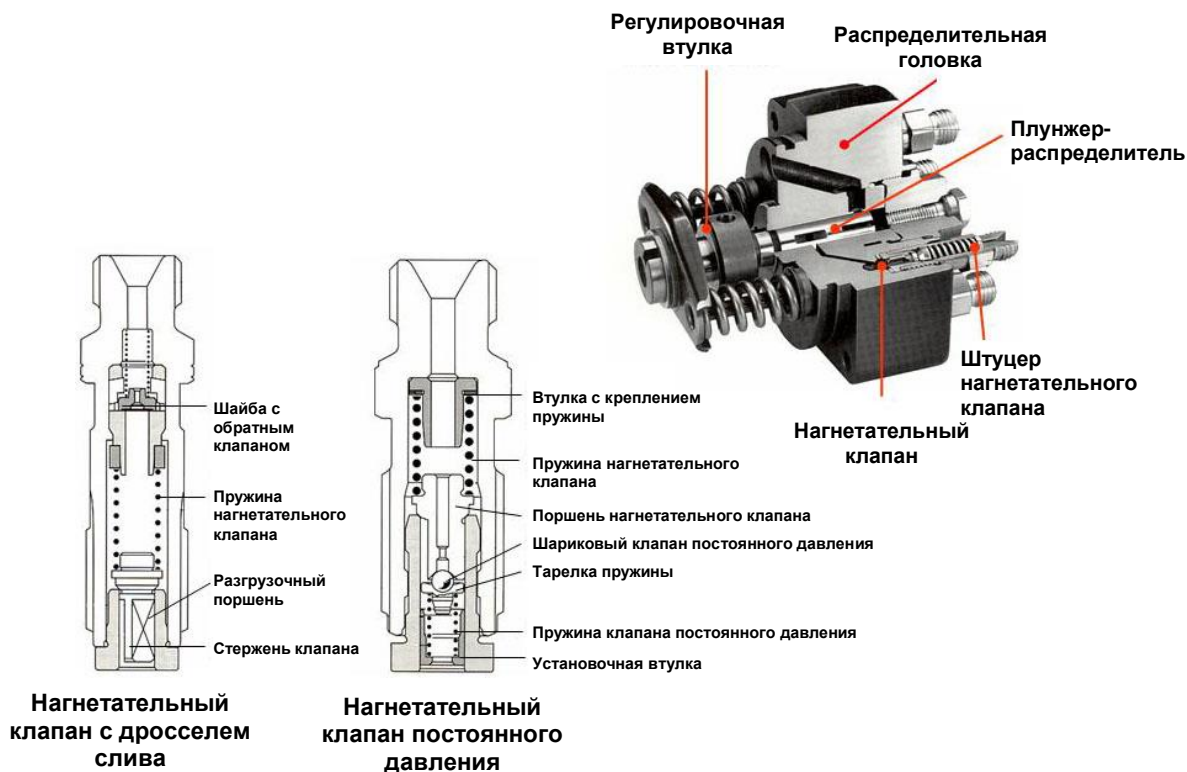
В контуре высокого давления создается давление топлива, необходимое для впрыскивания его в цилиндр. Сжатое до высокого давления топливо подается через нагнетательный клапан, топливопровод высокого давления и форсунку к распылителю. Крутящий момент от приводного вала передается на плунжер-распределитель через соединительный узел. Выступы приводного вала и кулачковой шайбы входят в расположенную между ними крестовину. Кулачковая шайба прижата к роликам кольца возвратными пружинами. Кулачковая шайба с профилированным в виде кулачков торцом, обкатываясь по роликам кольца, преобразует вращение приводного вала во вращательно-поступательное движение плунжера-распределителя. При этом выступы плунжера входят в пазы кулачковой шайбы, что с учетом фиксирующего штифта обеспечивает их совместное вращение. Движение плунжера-распределителя в направлении его ВМТ осуществляется под действием кулачков кулачковой шайбы. Для возвращения плунжера в исходное положение в сторону НМТ служат две симметрично расположенные возвратные пружины. Они давят на пружинный мостик, а через него — на тело плунжера-распределителя. Они также предотвращают отход кулачковой шайбы от роликов при больших ускорениях. Возвратные пружины точно подобраны друг к другу, чтобы иметь одинаковые характеристики для предотвращения смещения плунжера из центрального положения.



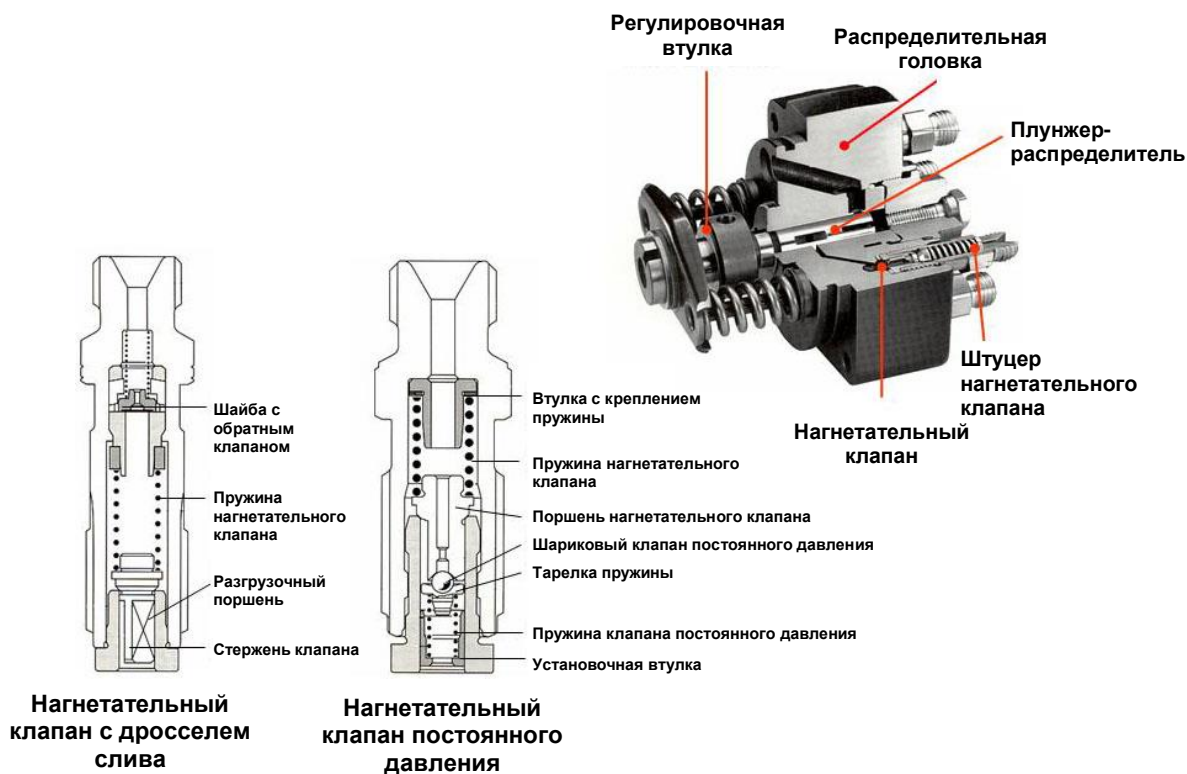
Кулачковые шайбы и формы кулачков

Кулачковая шайба и форма ее кулачков влияет на величину давления впрыскивания и его продолжительность. Исходя из этого, для каждого типа двигателя рассчитывается своя форма кулачков, которая затем воспроизводится на торцевой стороне кулачковой шайбы. Поскольку профиль кулачковой шайбы индивидуально подбирается для каждого типа двигателя, эти детали нельзя устанавливать в топливные насосы, предназначенные для других типов двигателей.

Нагнетательный клапан



Нагнетательный клапан отсекает топливопроводы высокого давления от ТНВД. Его задача заключается в снижении давления в нагнетательном контуре за счет увеличения объема топлива в штуцере в момент окончания фазы нагнетания. При этом обеспечивается четкое завершение впрыскивания порции топлива. Одновременно создаются условия для поддержания стабильного давления в нагнетательном контуре в интервалах между впрыскиваниями независимо от того, какое количество топлива впрыскивается в каждый момент. В нагнетательном клапане используется поршень. Он открывается давлением топлива и закрывается возвратной пружиной. Между фазами подачи топлива плунжером-распределителем в цилиндр нагнетательный клапан закрыт. Поэтому топливопровод высокого давления и выходное отверстие в распределительной головке разъединены. Во время фазы нагнетания поршень нагнетательного клапана под действием высокого давления отходит от своего седла. Минув кольцевую и продольную канавки, топливо проходит через корпус нагнетательного клапана, топливопровод высокого давления и корпус форсунки к распылителю форсунки. Как только завершается фаза нагнетания, давление в камере высокого давления распределителя и топливопроводах высокого давления снижается до уровня внутреннего давления в ТНВД, поршень нагнетательного клапана под действием своей пружины и давления в топливопроводах прижимается к своему седлу, и клапан закрывается.



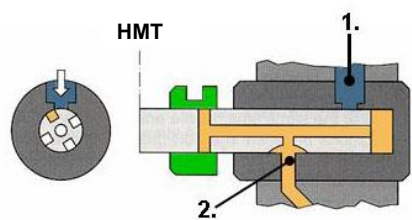
Нагнетательный клапан с дросселем слива

В конце впрыскивания необходим точный сброс давления. Волны давления, возникающие в результате посадки клапана на седло, отражаются от нагнетательного клапана и могут привести к повторному подъему и открытию распылителя или созданию разрежения в топливопроводах высокого давления. Последствиями этих процессов являются подвпрыск топлива, негативное влияние на уровень содержания вредных веществ в ОГ или кавитация потока топлива с последующим износом топливопроводов или распылителей. Чтобы предотвратить отражение волн, в нагнетательном клапане имеется дросселирующее отверстие, работающее только при обратном движении потока. Дроссель обратного потока или слива состоит из плоского клапана и пружины. Он не действует во время фазы нагнетания, а в обратном направлении, наоборот, осуществляет демпфирование волн топлива.

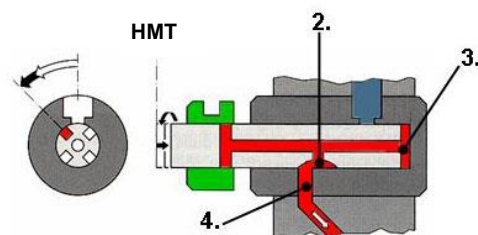
Нагнетательный клапан постоянного давления

В быстроходных дизельных двигателях с системой непосредственного впрыска топлива одного «разгрузочного объема» поршня нагнетательного клапана зачастую недостаточно, чтобы предотвращать кавитацию, подвпрыск топлива и проникновение газов из камеры сгорания в форсунку. В этом случае используется клапан постоянного давления, который разгружает контур высокого давления (топливопровод, распылитель и держатель форсунки). Фактически это односторонний обратный клапан, рассчитанный на определенное, заранее установленное давление, например, 60 бар.

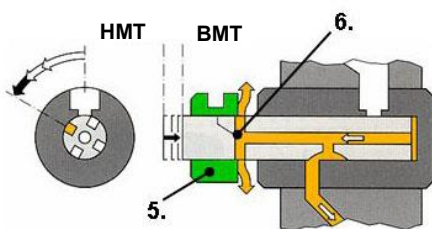
Дозирование топлива



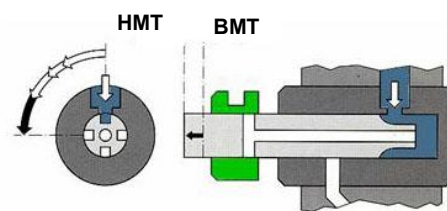
А. Впускное отверстие закрыто



В. Нагнетание топлива

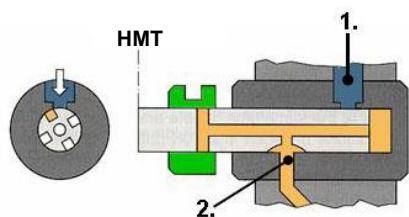


С. Конец подачи

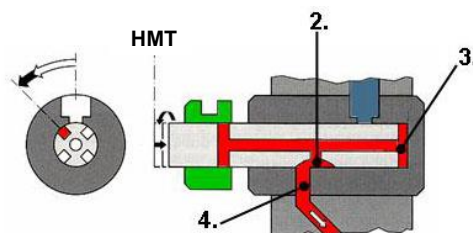


Д. Подвод топлива

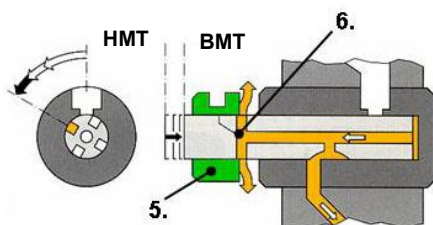
Нагнетание топлива насосом высокого давления представляет собой динамический процесс, который включает несколько фаз (тактов). Необходимое для впрыскивания давление создает плунжер насоса. Фазы подачи топлива и нагнетания давления плунжером-распределителем показаны применительно к одному цилиндру двигателя. В четырехцилиндровом двигателе поворот плунжера-распределителя на 90° соответствует одному рабочему такту двигателя, то есть движению поршня от НМТ к ВМТ и наоборот. При движении плунжера от верхней к нижней мертвой точке, дозирующая прорезь в плунжере открывает впускное отверстие, и топливо втекает через это отверстие в камеру высокого давления, расположенную в объеме над верхней торцевой поверхностью плунжера. В НМТ вращающийся плунжер перекрывает впускное отверстие и открывает выходное отверстие, расположенное в строго определенном месте распределительной головки (А). Затем направление движения плунжера изменяется и рабочий цикл повторяется. А: Впускное отверстие закрыто; в НМТ дозирующая прорезь (1) перекрывает наполнительное отверстие, а распределительная прорезь (2) открывает выходное отверстие. Давление, возникшее в камере высокого давления и в выходном отверстии гидравлической головки, открывает нагнетательный клапан, и топливо подается по топливопроводу высокого давления к распылителю форсунки (В). В: Нагнетание топлива; при движении плунжера к ВМТ (рабочий такт) он сжимает топливо в камере до высокого давления (3). Топливо, минуя выходное отверстие (4), подается к распылителю форсунки. Рабочий такт завершается, как только поперечное отсечное отверстие в плунжере выходит из кромки дозирующей муфты. С этого момента топливо больше не поступает в форсунку, и нагнетательный клапан перекрывает контур высокого давления.



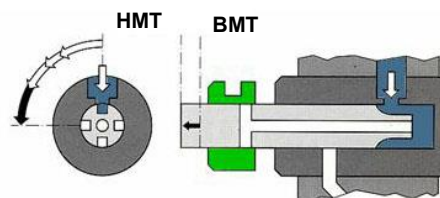
A. Впускное отверстие закрыто



B. Нагнетание топлива



C. Конец подачи

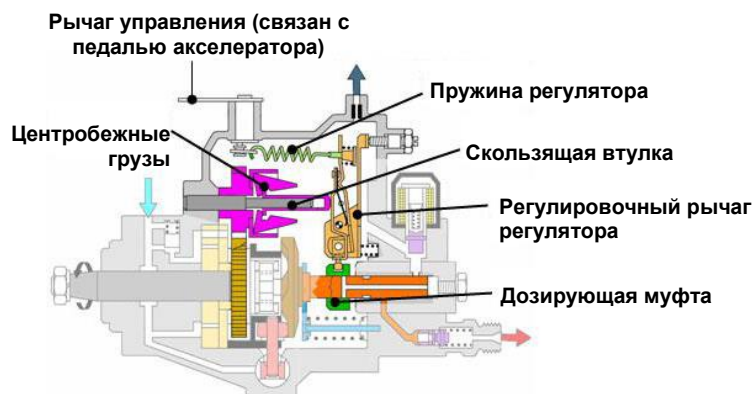


D. Подвод топлива

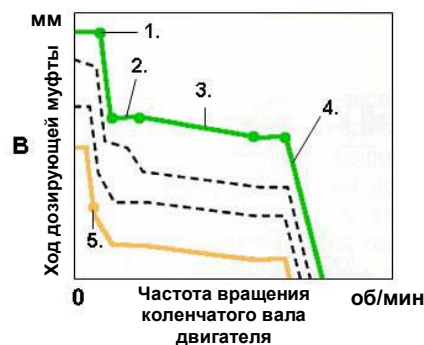
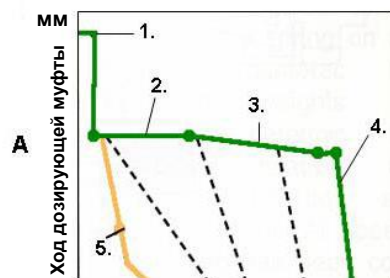
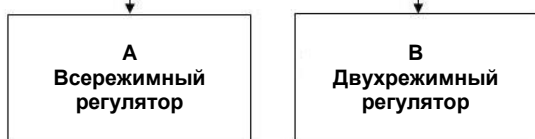
При дальнейшем движении плунжера к его верхней мертвой точке топливо возвращается через отсечное отверстие в корпус насоса. В этой фазе впускное отверстие вновь открыто для следующего рабочего цикла плунжера (C). C: Конец подачи; нагнетание топлива заканчивается, когда дозирующая муфта (5) открывает отсечное отверстие (6).

После возвращения плунжера в свою нижнюю мертвую точку благодаря его вращательно-поступательному движению отсечное отверстие перекрывается, и камера высокого давления вновь заполняется топливом (D). D: Заполнение топливом; во время движения плунжера к НМТ камера высокого давления заполняется топливом, и отсечное отверстие перекрывается. Выпускное отверстие в этот момент также перекрыто.

Механическое регулирование частоты вращения вала двигателя

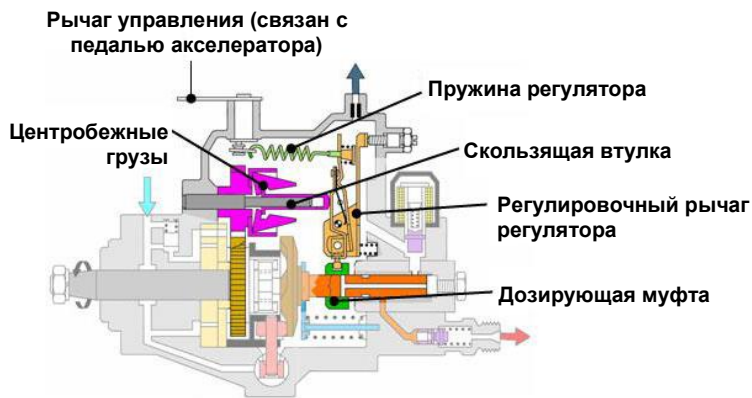


Механические типы регуляторов

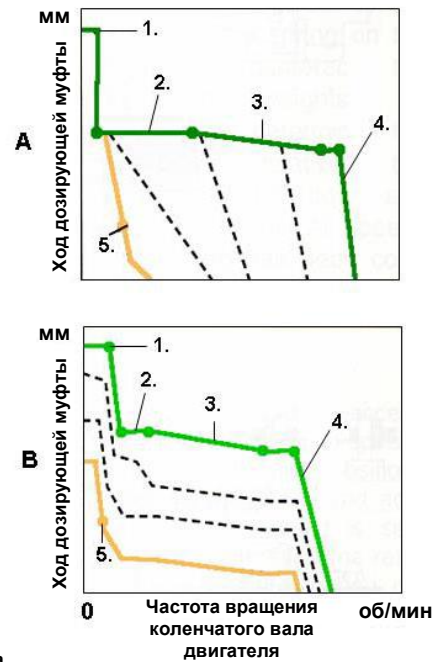
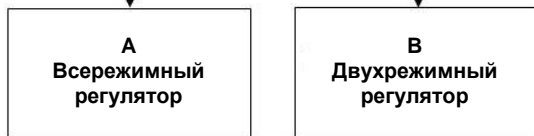


1. Пусковая подача
2. Подача при полной нагрузке
3. Положительная коррекция
4. Конечное регулирование максимальной частоты
5. Холостой ход

Об автомобиле с дизельным двигателем можно сказать, что он имеет хорошие тяговые характеристики, если двигатель выполняет все команды водителя, передаваемые от педали акселератора. В дизельных двигателях выполнение этих условий обеспечивается регулятором, расположенным в корпусе насоса. Узел регулирования состоит из центробежного регулятора (грузиков) и рычажного механизма. Это достаточно чувствительное устройство определяет положение дозирующей муфты, задавая тем самым величины хода нагнетания и цикловой подачи. Приводной вал вращает механизм регулятора, который состоит из корпуса центробежных грузов и самих грузов. Система рычагов установлена в корпусе таким образом, что она может поворачиваться вокруг фиксированной оси в корпусе регулятора. При вращении под действием центробежной силы грузы расходятся, и их радиальное перемещение преобразуется в осевое движение скользящей втулки. Сила, действующая на скользящую втулку, и ее положение влияют на работу рычажного механизма регулятора. Механизм включает в себя пусковой, натяжной и регулировочный рычаги. Взаимодействие усилий скользящей втулки и нескольких пружин определяет результирующее положение рычажного механизма, изменение которого вызывает смещение дозирующей муфты и определяет величину цикловой подачи. Основная функция всех без исключения регуляторов состоит в ограничении максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя.



Механические типы регуляторов



1. Пусковая подача
2. Подача при полной нагрузке
3. Положительная коррекция
4. Конечное регулирование максимальной частоты
5. Холостой ход

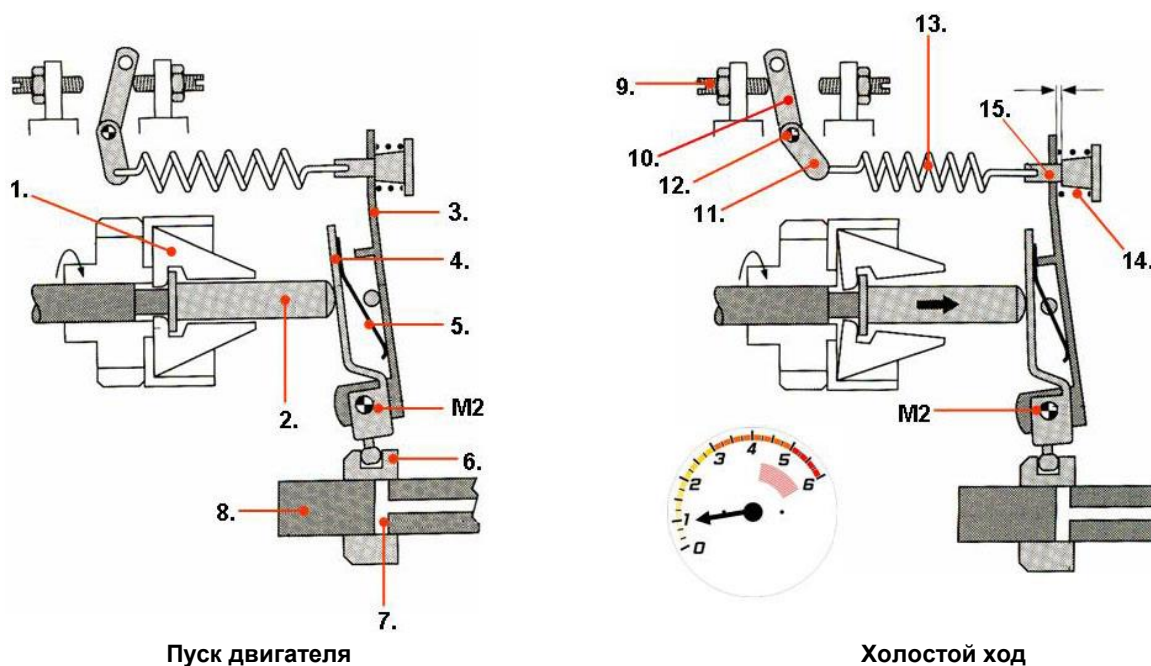
Наличие разных типов регуляторов обусловлено многообразием выполняемых ими функций:

- Регулирование частоты вращения холостого хода: в дизельных двигателях частота холостого хода управляется регулятором ТНВД.
- Регулятор максимальной частоты холостого хода ТНВД: если дизельный двигатель при полной нагрузке и нажатой педали акселератора разгружается, частота вращения коленчатого вала должна подняться только до максимально допустимой при холостом ходе величины. В регуляторе это обеспечивается путем перемещения дозирующей муфты в направлении «останова», что приводит к снижению цикловой подачи.
- Регулирование промежуточной частоты вращения: всережимные регуляторы также обеспечивают регулирование промежуточной частоты вращения. Частоты вращения двигателя в диапазоне между максимальным и минимальным значением могут регулироваться в определенных пределах.

Регулятор дополнительно выполняет другие управляющие функции, в том числе изменение цикловой подачи при полной нагрузке в соответствии с частотой вращения двигателя (обеспечение положительной коррекции).

Легковые автомобили обычно оборудованы регулятором, сочетающим в себе функции всережимного и двухрежимного.

Всерезимный регулятор, пуск и регулирование холостого хода



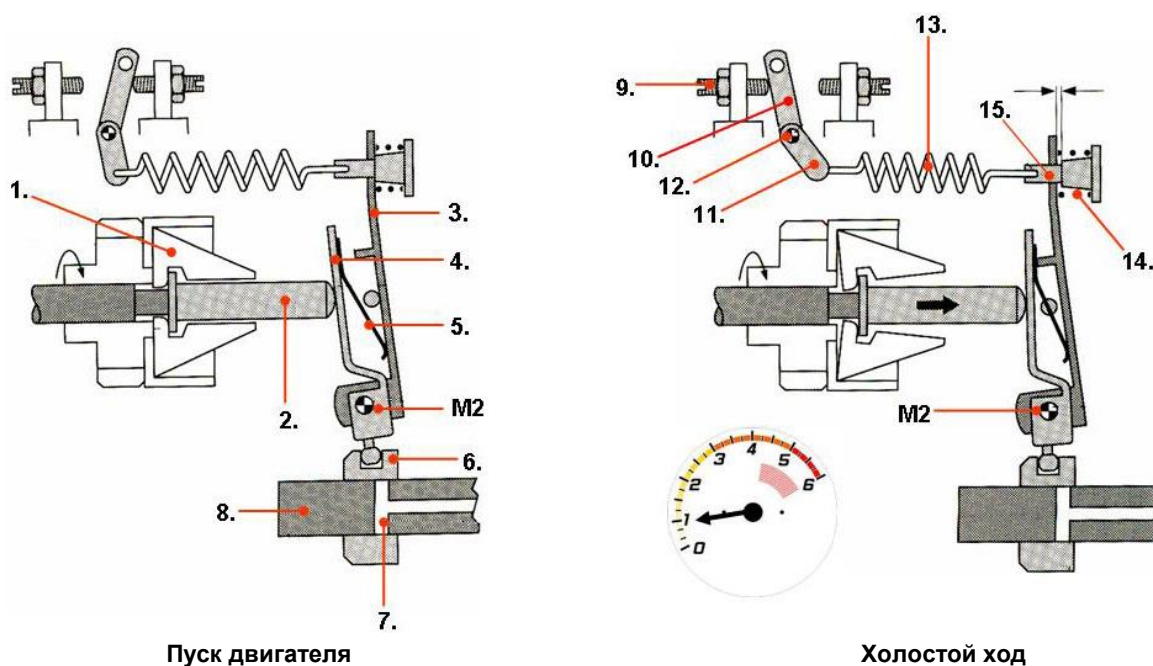
Пуск двигателя

Холостой ход

Всерезимный регулятор регулирует частоту вращения коленчатого вала двигателя в диапазоне между оборотами холостого хода и максимальными оборотами.

Пуск двигателя

При неработающем двигателе центробежные грузы (1) и скользящая втулка (2) находятся в своем первоначальном положении. Пусковой рычаг оттянут пусковой пружиной (5) в положение пуска и поворачивается на оси M2. В то же время дозирующая муфта (6) на плунжере-распределителе удерживается в положении пусковой подачи нижним шарнирным концом нажимного рычага (4). Это означает, что плунжер (8) совершает большой рабочий ход (= максимальной цикловой подаче), прежде чем откроется отсечное отверстие (7) и закончится процесс нагнетания. Таким образом, при пуске двигателя автоматически устанавливается пусковая подача, равная максимальной цикловой подаче. Регулировочный рычаг может качаться в корпусе ТНВД. Он может доходить до винта ограничителя максимальной подачи. Пусковой рычаг (4) и натяжной рычаг (3) точно так же могут качаться на регулировочном рычаге. Пусковой рычаг (4) в нижней части имеет шаровой палец, который соединен с дозирующей муфтой на плунжере. К верхнему концу рычага прикреплена пусковая пружина (5). На верхней части натяжного рычага (3) закреплен удерживающий палец (15), на который надета пружина холостого хода (14). Кроме того, к этому же пальцу крепится пружина регулятора (13). Промежуточный рычаг (11) и рычаг управления (10) связаны через валик (12) рычага управления. Уже малой частоты вращения коленчатого вала достаточно, чтобы скользящая втулка двинулась вперед, против действия пусковой пружины, на расстояние «а». Пусковой рычаг поворачивается на оси M2, автоматически уменьшая цикловую подачу топлива до величины, соответствующей холостому ходу.



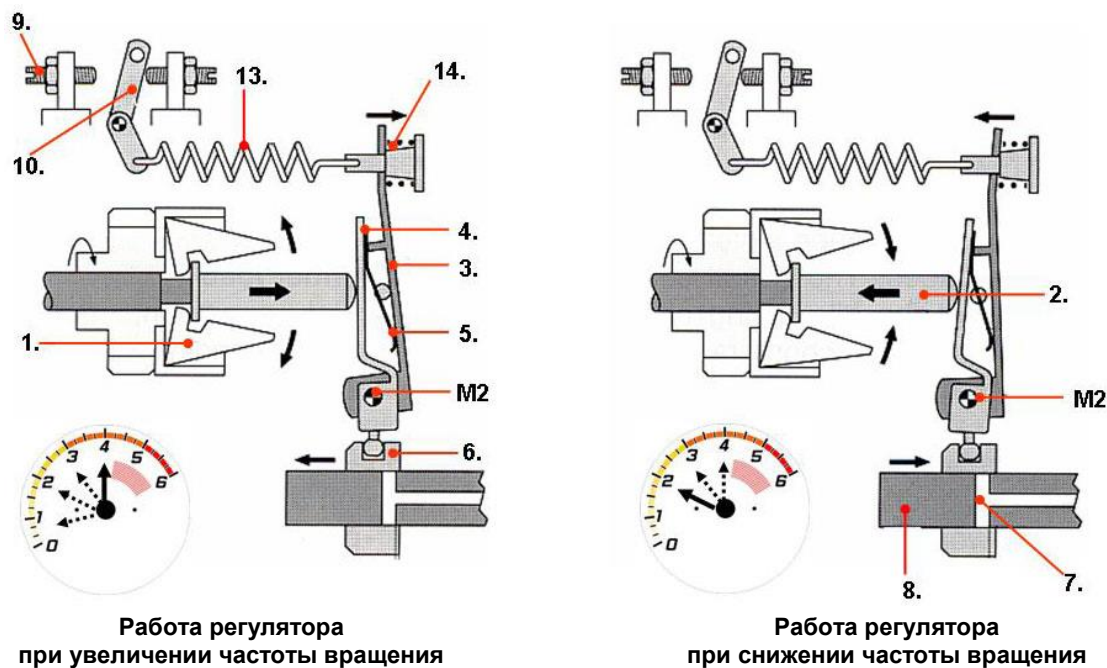
Пуск двигателя

Холостой ход

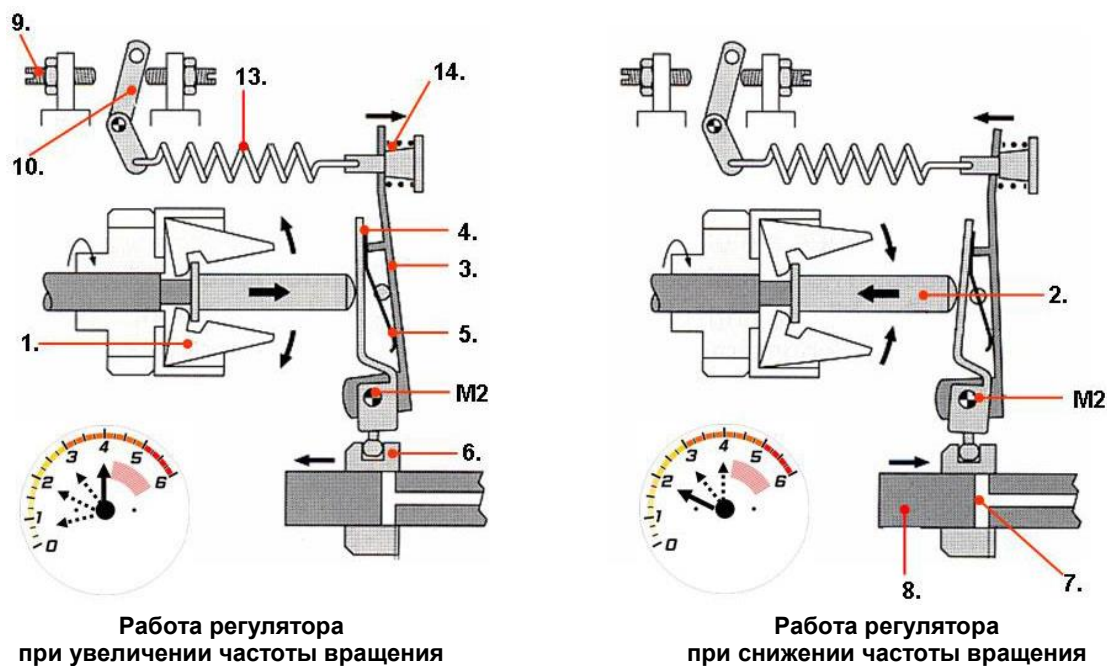
Регулирование частоты вращения холостого хода

При работающем двигателе и отпущенной педали акселератора рычаг управления находится в положении, соответствующем холостому ходу, и упирается в винт регулирования частоты вращения холостого хода (9). Частота холостого хода выбирается так, чтобы двигатель в ненагруженном или малонагруженном состоянии работал устойчиво. Регулирование осуществляется пружиной холостого хода, расположенной на удерживающем пальце, которая действует против центробежной силы грузов. Этот баланс сил определяет положение дозирующей муфты регулятора по отношению к отсечному отверстию в плунжере и, следовательно, длительность фазы нагнетания. При частотах вращения выше холостого хода пружина сжимается и перестает действовать. Благодаря закреплению пружины на корпусе регулятора можно отрегулировать режим холостого хода независимо от положения педали акселератора. Он может быть увеличен или уменьшен в зависимости от температуры или нагрузки.

Всерезимный регулятор, работа под нагрузкой



При работе в реальных условиях рычаг управления (10) занимает определенное положение для каждой заданной частоты вращения вала двигателя или скорости автомобиля. Положение рычага управления водитель задает нажатием на педаль акселератора. При частоте вращения выше холостого хода пружины пусковой подачи (5) и холостого хода (14) сжаты и не оказывают влияния на работу регулятора. Теперь эта функция переходит к пружине регулятора (13). Нажимая на педаль акселератора, водитель перемещает рычаг управления (10) в положение, соответствующее желаемой (более высокой) скорости автомобиля. Вследствие этого действия пружина регулятора (13) нагружается на определенную величину. В результате сила действия пружины становится больше, чем центробежная сила грузов (1). Пусковой (4) и натяжной (3) рычаги изменяют свое положение, поворачиваясь вокруг точки M2. В соответствии с геометрией связующих элементов дозирующая муфта (6) перемещается в положение увеличения подачи топлива. В результате увеличивается величина цикловой подачи и повышается частота вращения двигателя. Центробежные грузы (1) создают большое усилие, которое через скользящую втулку (2) противодействует усилию пружины регулятора (13). Дозирующая муфта (6) остается в положении полной нагрузки до тех пор, пока сохраняется равновесие этих усилий. Если частота вращения вновь повышается, грузы (1) расходятся, и сила воздействия скользящей втулки (2) преодолевает силу сопротивления пружины. Из-за этого пусковой (4) и натяжной (3) рычаги поворачиваются вокруг своей общей оси M2 и сдвигают дозирующую муфту (6) в положение остановки таким образом, что это приводит к более раннему открытию перепускного отверстия (7) в плунжере. Величина цикловой подачи может уменьшиться вплоть до нулевого значения, в результате чего частота вращения двигателя ограничится.

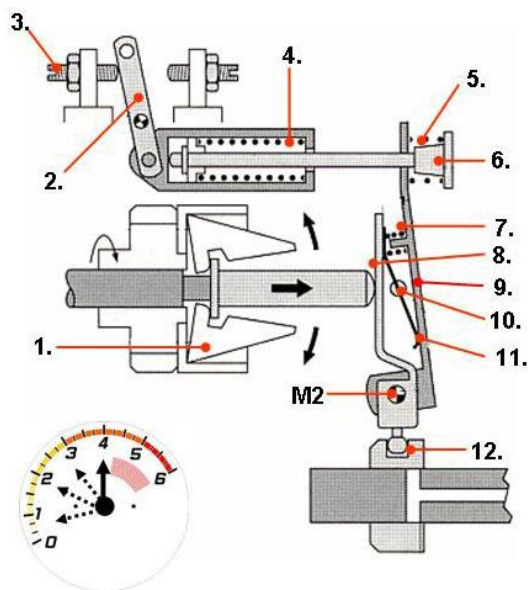


Пока двигатель не перегружен, каждому положению рычага управления (10) соответствует определенный диапазон частот вращения между полной и нулевой нагрузкой. Отсюда следует, что регулятор частоты вращения в рамках своей характеристики поддерживает частоту вращения двигателя. Если нагрузка (например, на подъеме) так велика, что дозирующая муфта находится в положении полной нагрузки, а частота вращения падает, значит величина цикловой подачи топлива больше не может быть увеличена. Двигатель перегружен, и водителю следует включить пониженную передачу.

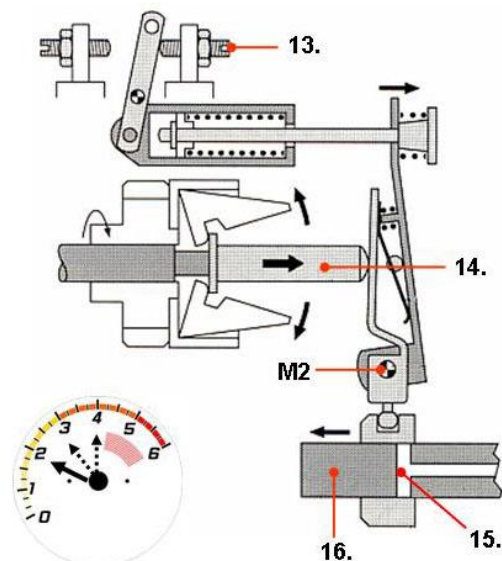
Торможение двигателем

При движении на спуске коленчатый вал приводится во вращение от трансмиссии автомобиля, и его частота вращения стремится увеличиться. Вследствие этого грузы (1) расходятся и скользящая втулка (2) давит на пусковой (4) и натяжной (3) рычаги. Они изменяют свое положение и сдвигают дозирующую муфту (6) в положение меньшей цикловой подачи до тех пор, пока она не станет соответствовать изменившимся дорожным условиям. В предельном случае величина подачи уменьшится до нуля. В работе всережимного регулятора частоты вращения это может случиться при любом положении рычага управления (10), если нагрузка или частота вращения по каким-либо причинам изменятся так сильно, что дозирующая муфта (6) переходит в крайнее положение максимальной или минимальной подачи топлива.

Двухрежимный регулятор



Работа регулятора
при увеличении частоты вращения

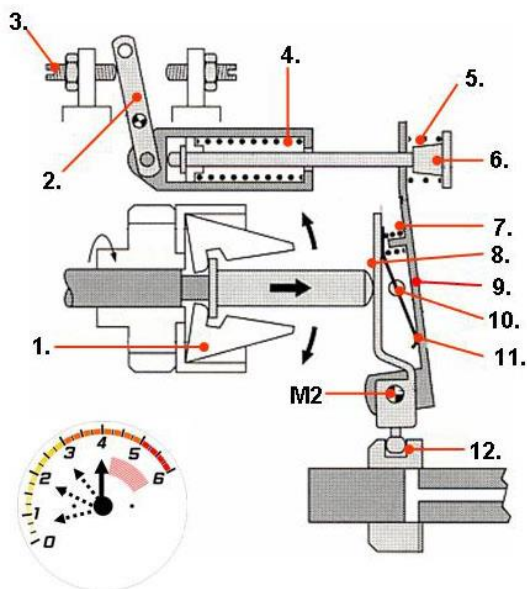


Работа регулятора
при снижении частоты вращения

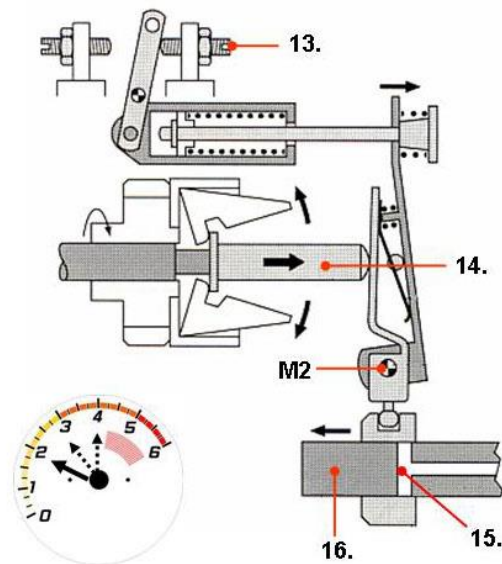
Двухрежимный регулятор регулирует только частоту вращения холостого хода и максимальную частоту вращения. В диапазоне между ними частота вращения задается положением педали акселератора. Механизм регулятора, включающий центробежные грузы (1) и систему рычагов, аналогичен механизму всережимного регулятора. Основное отличие заключается в конструкции пружины регулятора (4) и ее установки. Она работает на сжатие, а не на растяжение и имеет направляющий элемент. Связь между натяжным рычагом (9) и пружиной регулятора (4) осуществляется ограничителем хода (6) натяжного рычага.

Пуск двигателя

При неработающем двигателе центробежные грузы (1) неподвижны, и скользящая втулка (14) находится в исходном положении. Пусковая пружина (11) через пусковой рычаг (8) и скользящую втулку (14) регулятора давит на центробежные грузы (1) в сторону их схождения. Дозирующая муфта (12) находится на плунжере-распределителе (16) в позиции пусковой подачи.



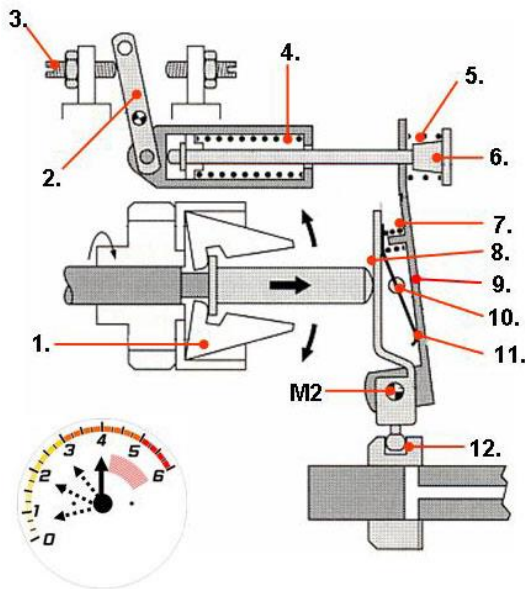
Работа регулятора при увеличении частоты вращения



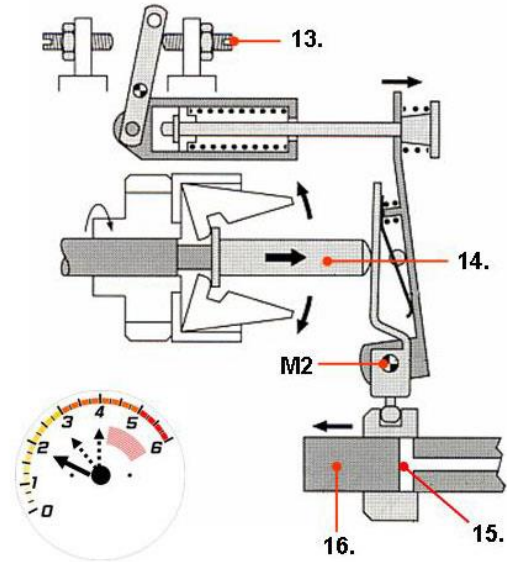
Работа регулятора при снижении частоты вращения

Регулирование холостого хода

После пуска двигателя при отпущенной педали акселератора рычаг управления (2) под действием возвратной пружины перемещается в положение холостого хода. При повышении частоты вращения центробежная сила грузов (1) возрастает, и их выступы смещают скользящую втулку (14) против действия пускового рычага (8). Регулирование частоты вращения происходит под действием пружины холостого хода (7), давящей на натяжной рычаг (9). Поворотом пускового рычага (8) дозирующая муфта (12) продвигается в направлении меньшей цикловой подачи. При этом ее положение соответствует точке равновесия сил пружины и грузов.



Работа регулятора при увеличении частоты вращения

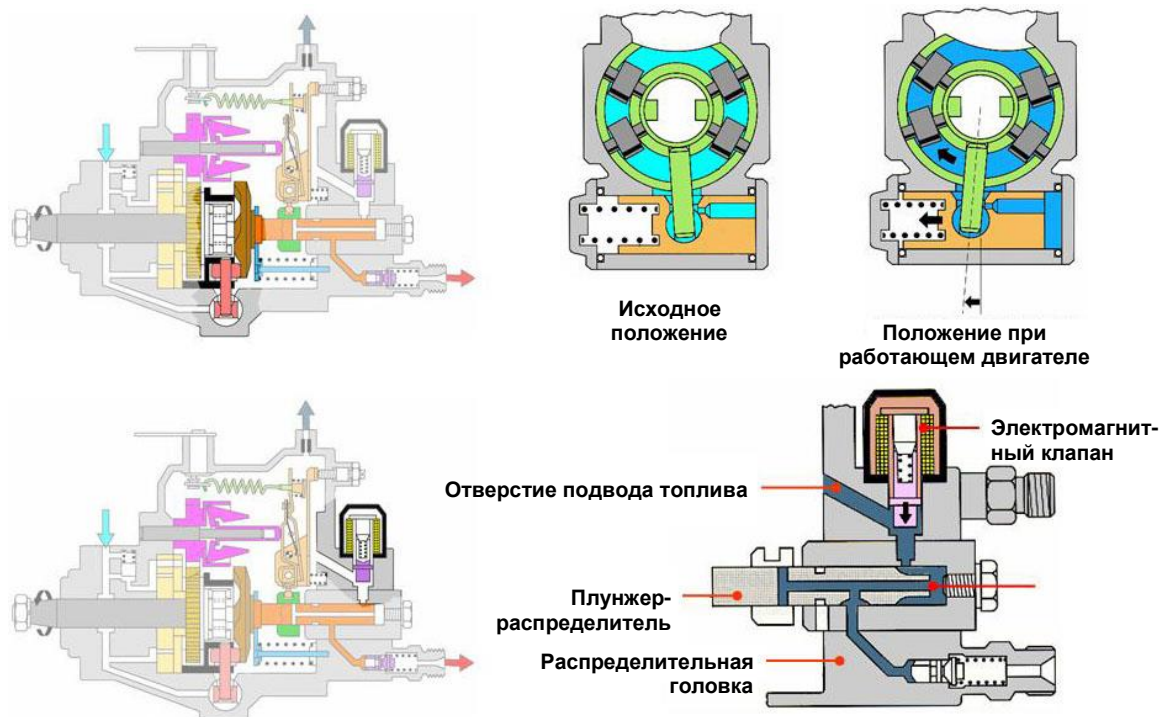


Работа регулятора при снижении частоты вращения

Работа под нагрузкой

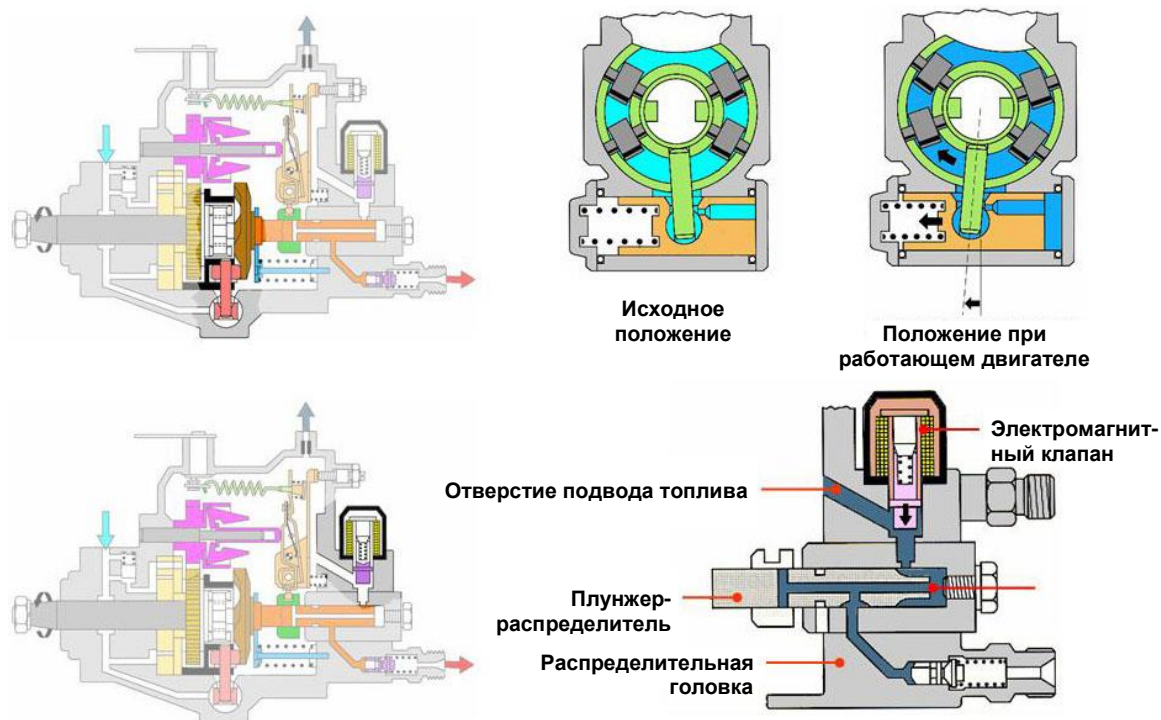
Когда водитель нажимает на педаль акселератора, рычаг управления (2) перемещается на определенный угол. При этом действие обеих пружин (пусковой (11) и холостого хода (7)) прекращается, и в работу вступает промежуточная пружина (5). В двухрежимном регуляторе промежуточная пружина (5) рассчитана на мягкий переход к нерегулируемому диапазону. Если рычаг управления (2) продолжает движение в направлении полной нагрузки, промежуточная пружина (5) сжимается до тех пор, пока натяжной рычаг (9) не упрется в ограничитель хода (6). Промежуточная пружина (5) больше не действует, и механизм работает в нерегулируемом диапазоне. Границы диапазона устанавливаются предварительным натягом пружины (4), и здесь пружину можно рассматривать как жесткий элемент. Перемещение педали акселератора теперь передается непосредственно через механику регулятора на дозирующую муфту (12). Таким образом, устанавливается прямая связь между педалью газа и величиной цикловой подачи топлива. Если при неизменном положении рычага управления (2) нагрузка на двигатель снижается, при постоянной цикловой подаче частота вращения коленчатого вала двигателя увеличивается. Центробежная сила растет, грузы (1) давят на скользящую втулку (14) против действия пускового (8) и натяжного (9) рычагов. До тех пор, пока сила предварительного натяжения пружины регулятора (4) не будет преодолена центробежной силой, действующей на скользящую втулку (14), максимальная частота вращения не будет регулироваться. Это произойдет при достижении номинальной частоты вращения или около нее. При разгрузке двигателя частота вращения повышается до предельной величины — максимальной частоты вращения холостого хода — и больше не увеличивается. Таким образом, двигатель защищается от превышения частоты вращения.

Механизм опережения впрыскивания, устройство останова дизеля



Момент впрыскивания, устройство опережения впрыскивания

С целью компенсации задержки впрыскивания и воспламенения топлива устройство опережения впрыскивания может увеличивать угол опережения впрыскивания топлива распределительного насоса по отношению к углу поворота коленчатого вала при увеличении частоты вращения двигателя. Начало впрыскивания топлива насосом происходит в момент перекрытия наполнительного отверстия плунжера-распределителя. После этого давление начинает нарастать, и как только оно превышает давление открытия форсунки, начинается впрыск топлива. Интервал времени между моментом начала подачи и моментом начала впрыскивания называется задержкой впрыскивания. Интервал времени между моментом начала впрыскивания и моментом возгорания называется задержкой воспламенения. Гидравлическое устройство опережения впрыскивания топлива расположено в нижней части корпуса ТНВД перпендикулярно его оси. Поршень устройства свободно перемещается в отверстии, выполненном в корпусе насоса. С одной стороны поршня находится отверстие для подвода топлива, с другой стороны расположена пружина. Поршень соединен с роликовым кольцом через скользящий блок и палец таким образом, что его линейное перемещение преобразуется во вращение роликового кольца. Поршень устройства находится в исходном положении под действием предварительного натяжения пружины.

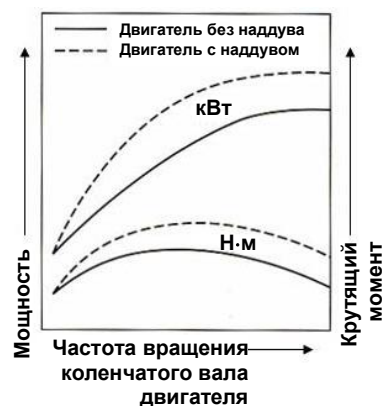
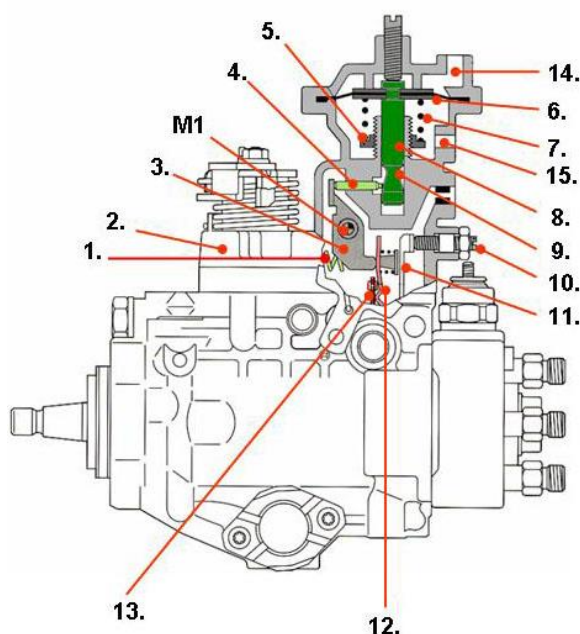


При работе клапан регулирования давления поддерживает внутри ТНВД давление топлива, пропорциональное частоте вращения коленчатого вала. Это давление, которое увеличивается с ростом частоты вращения, действует на поверхность поршня, противоположную пружине. Как только частота вращения приводного вала ТНВД превысит значение 300 об/мин, давление топлива преодолит силу пружины и передвинет поршень в ее сторону. Осевое перемещение поршня передается через скользящий блок и палец на ролик. Ролик поворачивается вокруг своей оси, благодаря чему изменяется взаимное расположение кулачковой шайбы и роликового кольца. В результате вращающаяся кулачковая шайба сдвигается вдоль оси и перемещается роликами кольца в сторону более раннего угла опережения впрыскивания топлива.

Устройство останова двигателя с электрическим управлением

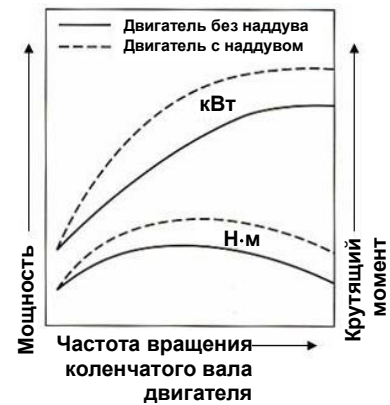
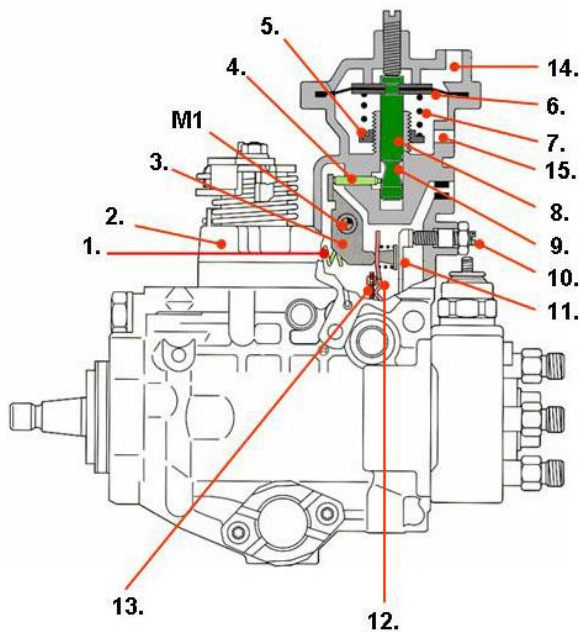
Принцип работы с самовоспламенением смеси подразумевает, что дизельный двигатель может остановиться только при прекращении подачи топлива. В обычных условиях ТНВД распределительного типа с механическим регулированием прекращает работу двигателя с помощью электромагнитного клапана отсечки. Электромагнитный клапан отсечки управляется при помощи выключателя стартера. Этот клапан, перекрывающий подачу топлива, расположен в верхней части корпуса ТНВД. При работающем двигателе электромагнитный клапан включен. Он находится в открытом состоянии, и наполнительное отверстие сообщается с камерой высокого давления (якорь с уплотняющим конусом втянут). Когда ключ повернут в положение «выключено», подача тока к электромагнитному клапану прекращается, магнитное поле исчезает, и пружина возвращает якорь с уплотнителем в седло. В результате впускное отверстие в камеру высокого давления закрывается, и плунжер-распределитель больше не может нагнетать топливо. В разных исполнениях электромагнитный клапан может перемещать якорь с уплотнительным конусом либо к себе, либо от себя.

Корректирующие устройства, коррекция по давлению во впускном трубопроводе



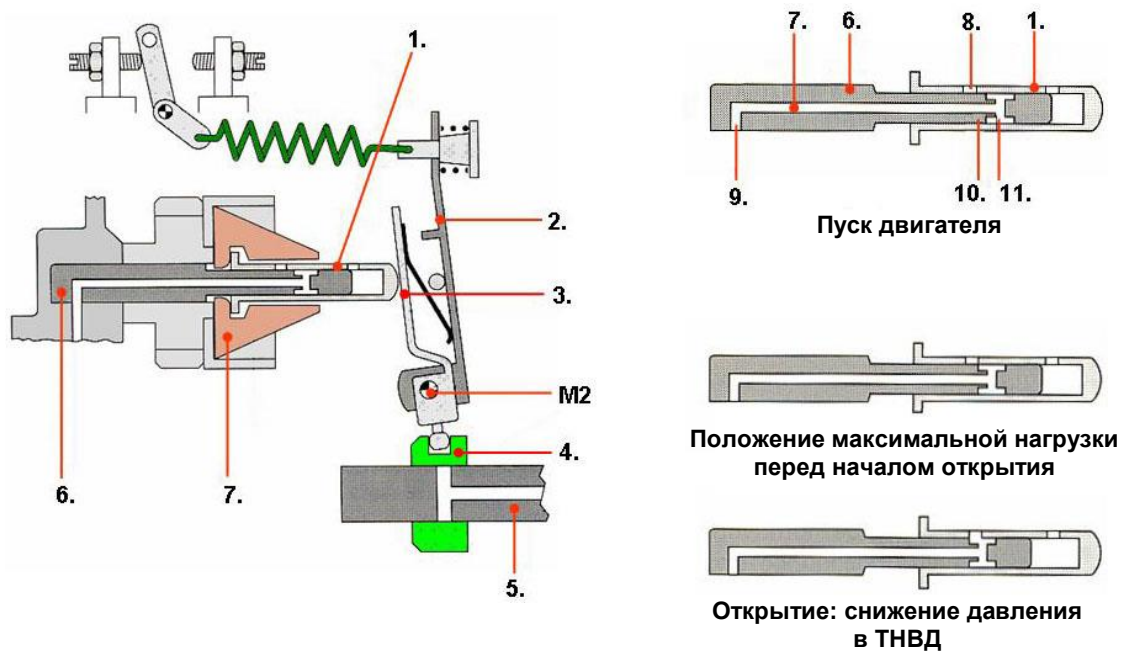
ТНВД распределительного типа спроектирован по модульному принципу и может комплектоваться дополнительными устройствами. Благодаря этому используются различные варианты коррекции, способные оптимизировать работу дизельного двигателя по крутящему моменту, мощности, расходу топлива и уровню токсичности отработавших газов.

Корректирующие устройства, коррекция по давлению во впускном трубопроводе
 Применение турбонаддува позволяет значительно повысить мощность дизельного двигателя, поскольку при этом происходит увеличение массы воздуха, поступающего в цилиндры, по сравнению с атмосферным двигателем. Корректор по наддуву работает в зависимости от давления наддувочного воздуха во впускном коллекторе, создаваемого турбокомпрессором. Его роль заключается в корректировании величины цикловой подачи топлива при полной нагрузке в зависимости от этого давления. Корректор по давлению наддува применяется на дизельных двигателях с турбонаддувом. На этих двигателях величина цикловой подачи выбирается с учетом увеличения плотности воздуха. Если двигатель работает на режимах, при которых количество воздуха в цилиндре снижается, величина цикловой подачи должна соответственно корректироваться. В верхней части корректора расположены штуцер для подвода воздуха из впускного коллектора (14) и выпускное отверстие (15).

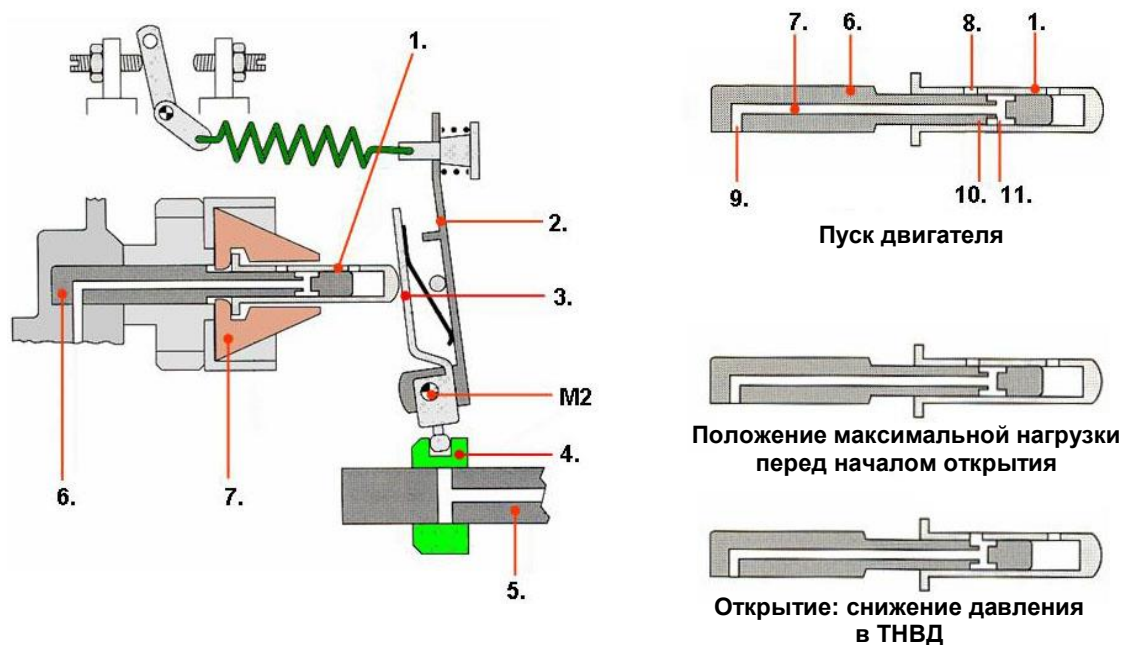


Корпус корректора разделен на две герметичные камеры диафрагмой (6), на одну из сторон которой действует пружина (7). Другой конец пружины упирается в регулировочную гайку, которая регулирует силу предварительного натяжения пружины. Эта регулировка позволяет настраивать корректор в зависимости от величины давления наддувочного воздуха. Диафрагма соединена со скользящим штифтом (8), который имеет коническую регулировочную поверхность (9). Он касается направляющего штифта (4), который преобразует движение скользящего штифта в качение ограничительного рычага (3), изменяющего положение ограничителя максимальной подачи. Начальное положение скользящего штифта определяется регулировочным винтом в верхней части корректора. На малых частотах вращения двигателя давление воздуха, создаваемое турбокомпрессором, недостаточно для того, чтобы преодолеть действие пружины (7). Диафрагма (6) находится в своем исходном положении. Как только давление воздуха на диафрагму увеличивается, она вместе со скользящим штифтом начинает движение вниз, преодолевая сопротивление пружины. Направляющий штифт (4) перемещается в результате вертикального движения конической регулировочной поверхности, и ограничительный рычаг (3) поворачивается вокруг оси M1. Из-за давления, оказываемого рабочей пружиной регулятора (1), натяжным (12) и ограничительным (3) рычагами, направляющий штифт (4) и регулировочный конус (9) прижаты друг к другу. В результате натяжной рычаг (12) движется вслед за ограничительным рычагом (3), пусковой (13) и натяжной (12) рычаги поворачиваются вокруг своей общей оси так, что они перемещают дозирующую муфту в направлении увеличения подачи. Величина цикловой подачи корректируется в соответствии с увеличением подачи воздуха в камеру сгорания. Максимальную подачу можно отрегулировать винтом максимальной подачи (10).

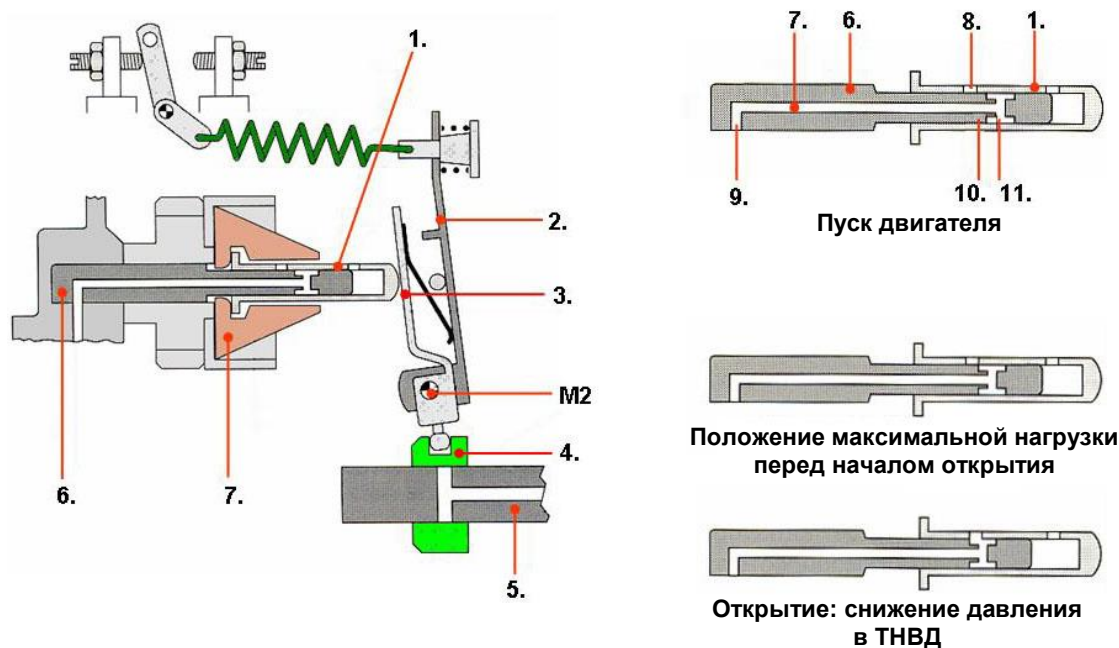
Корректирующие устройства, коррекция в зависимости от нагрузки



В зависимости от нагрузки двигателя угол опережения впрыскивания топлива должен увеличиваться или уменьшаться. Устройство, способное решить эту задачу, выполнено так, что при уменьшающейся нагрузке (например, от полной к частичной) и при неизменном положении рычага управления начало подачи смещается в сторону запаздывания. С увеличением нагрузки происходит смещение момента начала подачи в сторону опережения. Такой перестановкой достигаются более мягкая работа двигателя и меньшая токсичность ОГ в режиме частичных и полной нагрузок. Для изменения момента начала подачи топлива в зависимости от нагрузки служат каналы в скользящей втулке (1), вал регулятора (6) и корпус ТНВД. В скользящей втулке (1) имеется одно дополнительное отсечное отверстие, а в валу регулятора (6) — кольцевая канавка, одно продольное (9) и два поперечных (11) отверстия. Дополнительное отверстие также выполнено в корпусе насоса для соединения внутренней полости корпуса насоса с всасывающей стороной подкачивающего насоса. Центробежное устройство увеличивает угол опережения впрыскивания топлива при увеличении давления подкачивающего насоса. С другой стороны, при ощутимом снижении давления в ТНВД, вызванном работой устройства изменения момента начала подачи топлива в зависимости от нагрузки (LDC), момент начала подачи смещается в сторону запаздывания. Регулировка возможного смещения осуществляется через кольцевую канавку в валу регулятора (6) и управляющее отверстие (канал) в скользящей втулке (8). Требуемая частота вращения при полной нагрузке задается рычагом управления. Если она достигнута, а нагрузка на двигатель ниже полной, частота вращения повышается дальше. При этом центробежные грузы (7) расходятся и сдвигают скользящую втулку (1). При этом нормальным действием регулятора является уменьшение подачи топлива.



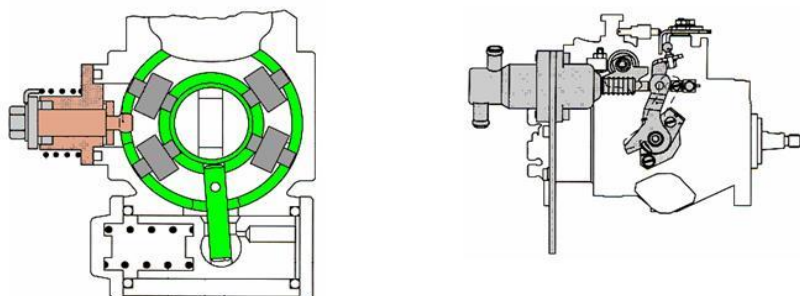
В то же время управляющее отверстие (8) в скользящей втулке совмещается с кольцевой канавкой (10) вала регулятора. Теперь часть топлива вытекает через продольное (9) и поперечное (11) отверстия в валу на всасывающую сторону подкачивающего насоса, что приводит к снижению давления во внутренней полости насоса. Это снижение давления приводит к перемещению поршня устройства опережения впрыскивания в новое положение. В свою очередь, кольцо с роликами поворачивается в сторону вращения вала насоса, что приводит к уменьшению угла опережения впрыскивания. Если положение рычага управления остается неизменным, а нагрузка на двигатель снова возрастает, то частота вращения коленчатого вала уменьшается. Центробежные грузы (7) сближаются, скользящая втулка (1) регулятора возвращается в исходное положение, и управляющее отверстие (8) перекрывается. В этом случае топливо внутри ТНВД не может больше перетекать на всасывающую сторону подкачивающего насоса, поэтому внутреннее давление в ТНВД снова повышается. Поршень устройства опережения впрыскивания передвигается, преодолевая воздействие пружины, роликовое кольцо поворачивается против направления вращения вала ТНВД, и угол опережения впрыскивания увеличивается.



Коррекция по атмосферному давлению (АРС)

На больших высотах над уровнем моря снижение плотности воздуха приводит к уменьшению массы воздуха, поступающего в цилиндры. Цикловая подача топлива оказывается слишком большой и может привести к неполному сгоранию топлива. Это приводит к дымности и повышению температуры охлаждающей жидкости двигателя. Для предотвращения этого явления устанавливается корректор топливоподачи по атмосферному давлению (АРС), способный в зависимости от атмосферного давления изменять величину максимальной цикловой подачи. Его конструкция идентична аналогичному корректору топливоподачи по давлению наддува (LDC). Единственное отличие состоит в том, что к корректору по атмосферному давлению добавляется барометрическая капсула (анероид), которая соединена с вакуумной системой автомобиля. Анероид обеспечивает постоянное опорное абсолютное давление в 700 мбар. Сверху на диафрагму корректора АРС действует атмосферное давление. Если атмосферное давление падает, скользящий штифт перемещается в вертикальном направлении от нижнего упора, и так же, как при наддуве, с помощью рычага управления происходит уменьшение величины цикловой подачи.

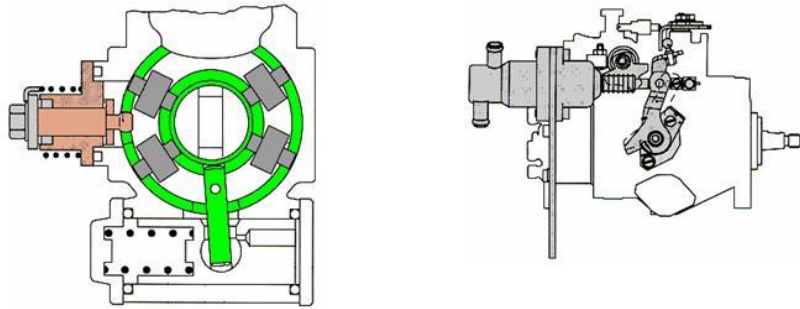
Корректирующие устройства, ускоритель холодного пуска



Ускоритель холодного пуска облегчает пуск дизельного двигателя путем увеличения угла опережения впрыскивания топлива. Принудительное смещение осуществляется водителем с помощью троса из кабины или автоматически механизмом с термочувствительным элементом.

Механический ускоритель холодного пуска (CSA)

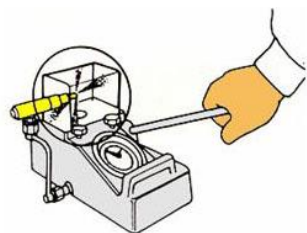
Механический ускоритель холодного пуска крепится на корпусе ТНВД. Его ограничительный рычаг соединен валом с внутренним рычагом, на котором эксцентрично крепится шток со сферическим наконечником. Сферическая головка входит в роликовое кольцо. Начальное положение ограничительного рычага определяется упором и винтовой пружиной. К его верхней части прикреплен трос, ведущий к рукоятке ручного привода или автоматическому механизму. Автоматическое устройство установлено на ТНВД, тогда как ручной привод находится в кабине водителя. Автоматический и управляемый вручную ускорители холодного пуска CSA различаются только внешними элементами привода. Принцип их работы одинаков. Если трос не натянут, то винтовая пружина прижимает ограничительный рычаг к упору. Шток со сферическим наконечником и кольцо с роликами находятся в своем начальном положении. Когда трос натягивается, ограничительный рычаг, вал, внутренний рычаг и шток со сферическим наконечником вместе поворачиваются. Это вращение приводит к повороту кольца с роликами в сторону опережения начала впрыскивания топлива. Сферическая головка входит в прорезь кольца с роликами, поэтому поршень устройства опережения впрыскивания топлива не может повернуть роликовое кольцо дальше в сторону опережения впрыскивания до тех пор, пока частота вращения двигателя не достигнет определенного значения.



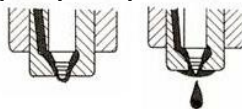
Ускоритель холодного пуска с автоматическим устройством

Автоматическое устройство имеет термочувствительный элемент, который преобразует изменение температуры охлаждающей жидкости двигателя в продольное перемещение троса, действующего на рычажный механизм. Его преимущество в том, что для каждой температуры устанавливается наиболее оптимальный момент начала подачи топлива. Существуют различные конструкции рычагов и рабочих механизмов в зависимости от направления вращения вала ТНВД и места крепления устройства.

Проверка форсунок и регулировка момента подачи топлива

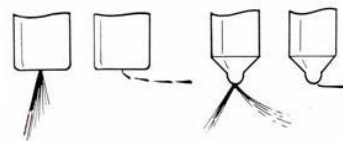


Проверка герметичности



Исправное состояние

Неисправное состояние



Неправильные формы факелов

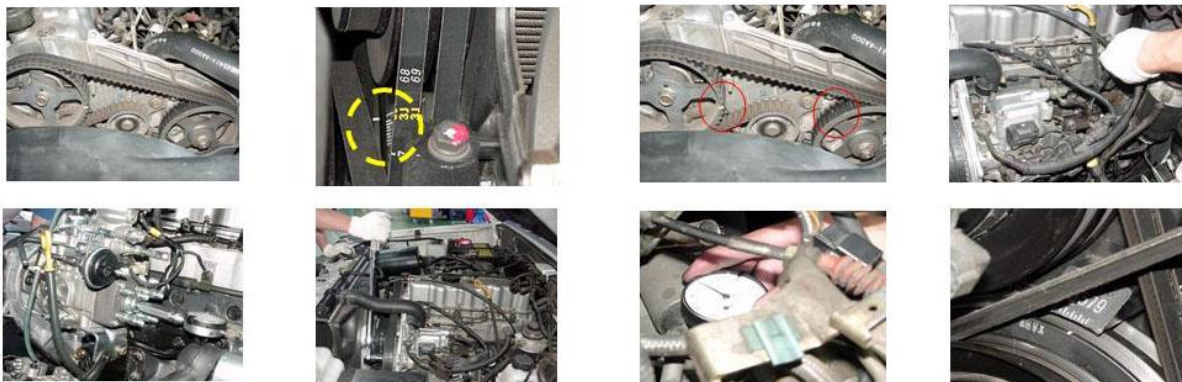


Проверка форсунки

Проверку форсунки осуществляют с помощью насоса. Проверка форсунки подразумевает проверку герметичности, проверку формы факела, определение давления открытия распылителя. Обратите внимание на то, что давление открытия форсунки можно скорректировать заменой регулировочных шайб. Более подробная информация приведена в заводской инструкции. Следует соблюдать правила техники безопасности.

Регулирование момента впрыскивания

При неправильной установке момента начала впрыскивания топлива возникают такие проблемы, как затрудненный запуск, потеря мощности, черное и белое дымление и шум, сопровождающийся металлическими стуками.



Регулирование момента впрыскивания

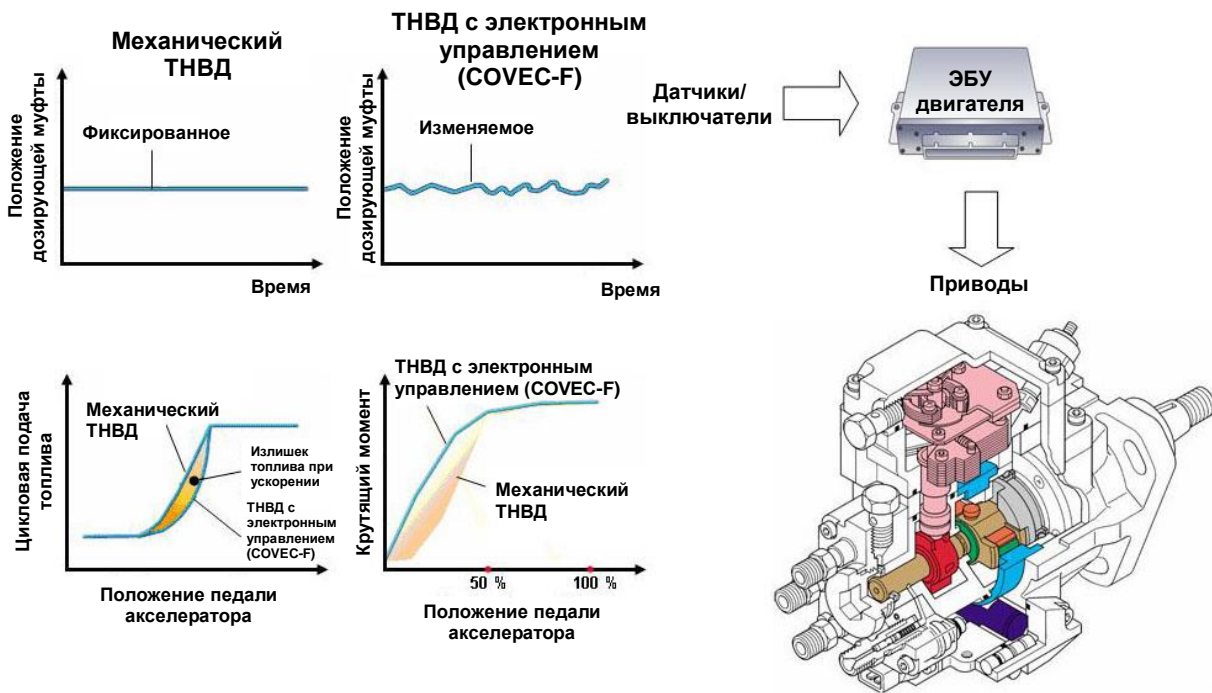
1. Отсоединить отрицательную клемму аккумуляторной батареи.
2. Снять крышку ремня привода ГРМ.
3. Совместить метку с символом «Т».
4. Проверить совмещение меток шестерни распределительного вала и топливного насоса.
5. Отсоединить разъем топливного насоса.
6. Отсоединить топливопровод от топливного насоса.
7. Открутить на задней крышке насоса болт регулирования момента впрыскивания и подсоединить индикатор часового типа.
8. Повернуть шестерню коленчатого вала примерно на 30 градусов по часовой стрелке, пока стрелка прибора не остановится. Установить индикатор часового типа на «0».
9. Повернуть шестерню коленчатого вала на 7 градусов после ВМТ, проверить соответствие показаний прибора с номинальным значением.

Номинальное значение момента начала впрыскивания составляет $1 \pm 0,03$ мм по шкале индикатора при повороте коленчатого вала на $7 \pm 1^\circ$ после ВМТ.

См. заводскую инструкцию.

10. Отрегулировать момент впрыскивания поворотом корпуса насоса до момента установки на индикаторе показания 1 мм.
11. Затянуть болты крепления топливного насоса.
12. Отсоединить индикатор и закрутить болт в отверстие регулировки момента впрыскивания.
13. Подсоединить топливопровод.
14. Подключить разъем.
15. Установить крышку ремня привода ГРМ.
16. Подключить отрицательную клемму аккумуляторной батареи.
17. Удалить воздух из топливной системы после включения зажигания.

Топливный насос распределительного типа COVEC-F



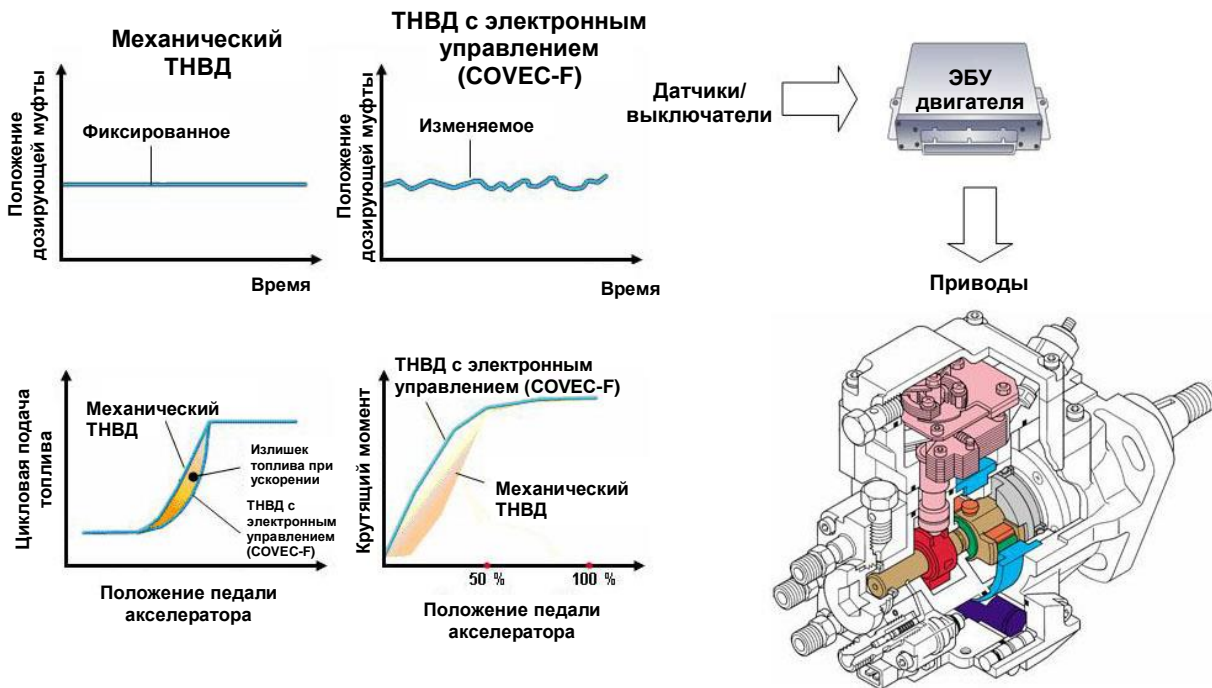
Введение

При разработке автомобильных дизельных двигателей конструкторы в первую очередь руководствуются задачами снижения токсичности отработавших газов, повышения топливной экономичности и оптимизации тяговых характеристик. Эти задачи выдвигают все более жесткие требования к системе топливоподачи, а именно:

- высокая чувствительность управления;
- возможность учета дополнительных управляющих сигналов;
- более жесткие допуски и стабильность показателей в течение длительных сроков работы.

Этим требованиям отвечает система электронного управления дизельным двигателем COVEC-F (распределительный насос VE с электронным управлением). Она обеспечивает электронное измерение и гибкую обработку данных, а также работу с электрическими исполнительными механизмами по замкнутому контуру. По сравнению с ТНВД с механическим регулированием система COVEC-F имеет новые, более совершенные функции.

Улучшенная тяговая характеристика: система COVEC-F выдает более точную цикловую подачу в зависимости от положения педали акселератора по сравнению с механическим ТНВД. В результате этого увеличивается крутящий момент при низких частотах вращения и обеспечивается улучшенная тяговая характеристика двигателя.



Улучшенный комфорт при движении. На механических ТНВД точных корректировок положения дозирующей муфты добиться невозможно. Система COVEC-F определяет изменения частоты вращения двигателя на холостом ходу и непрерывно корректирует положение дозирующей муфты, попеременно увеличивая и уменьшая цикловую подачу топлива. Таким образом, индивидуальное управление цикловой подачей по цилиндрам двигателя снижает уровень его вибраций, улучшает комфорт при движении и снижает шумность.

Снижение дымности при ускорении. Для обеспечения более высокой мощности двигателя при разгоне повышается цикловая подача. На механических ТНВД этот излишек топлива приводит к росту дымности. Система COVEC-F осуществляет точную регулировку цикловой подачи даже при ускорении, что снижает дымность двигателя, не ухудшая его приемистости.

Дополнительные устройства не нужны. Здесь не требуется устанавливать корректоры топливоподачи по наддуву, атмосферному давлению или корректор момента впрыскивания, так как все коррекции выполняются электроникой автоматически по сигналам от различных датчиков. Поэтому насос не перегружен навесными устройствами, что позволяет более рационально использовать освободившееся подкапотное пространство.

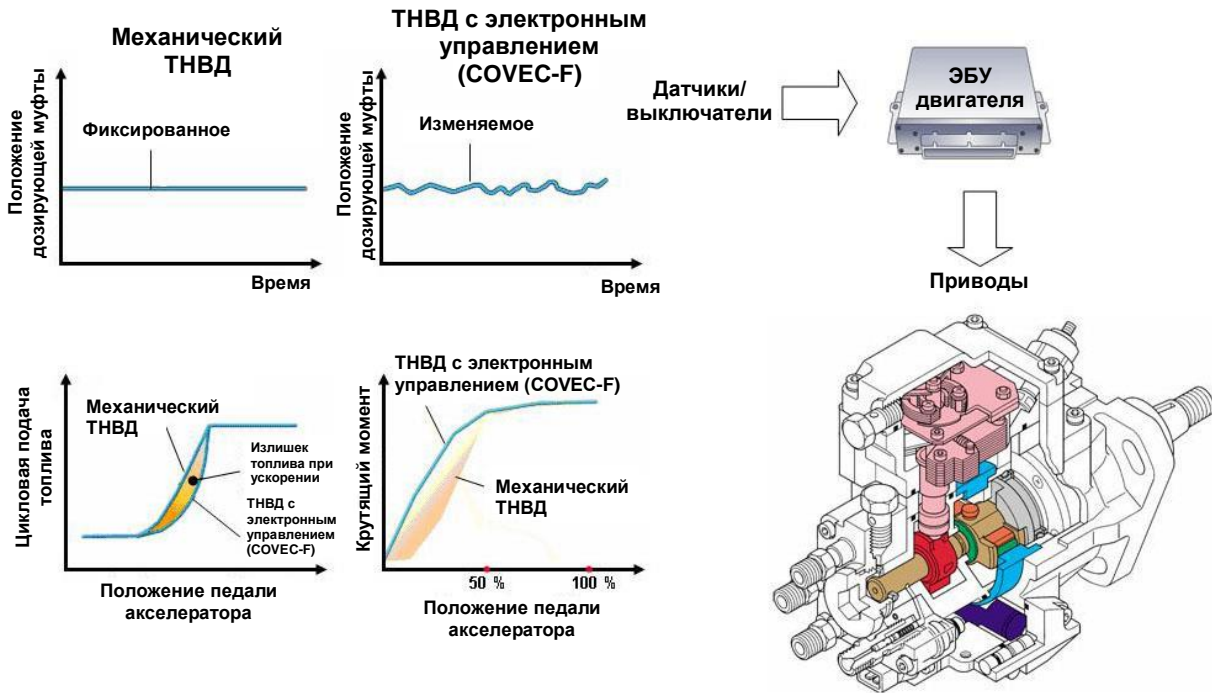
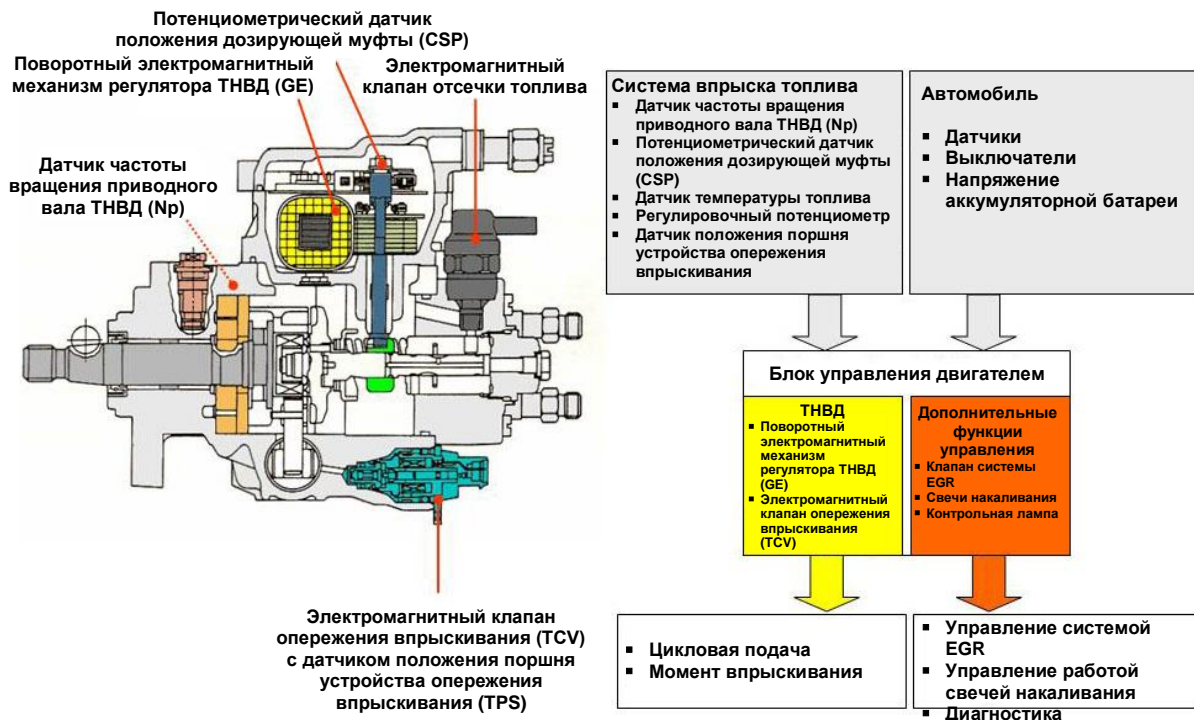


Схема электронного управления состоит из трех блоков:

1. Датчики для регистрации режимов работы. Множество физических величин преобразуется датчиками в электрические сигналы.
2. Электронный блок управления двигателем (ЭБУ) с микропроцессором, который обрабатывает полученные сигналы в соответствии с определенным алгоритмом и выдает электрические сигналы управления.
3. Исполнительные механизмы, в которых электрические сигналы ЭБУ преобразуются в определенные механические воздействия.

Компоненты системы

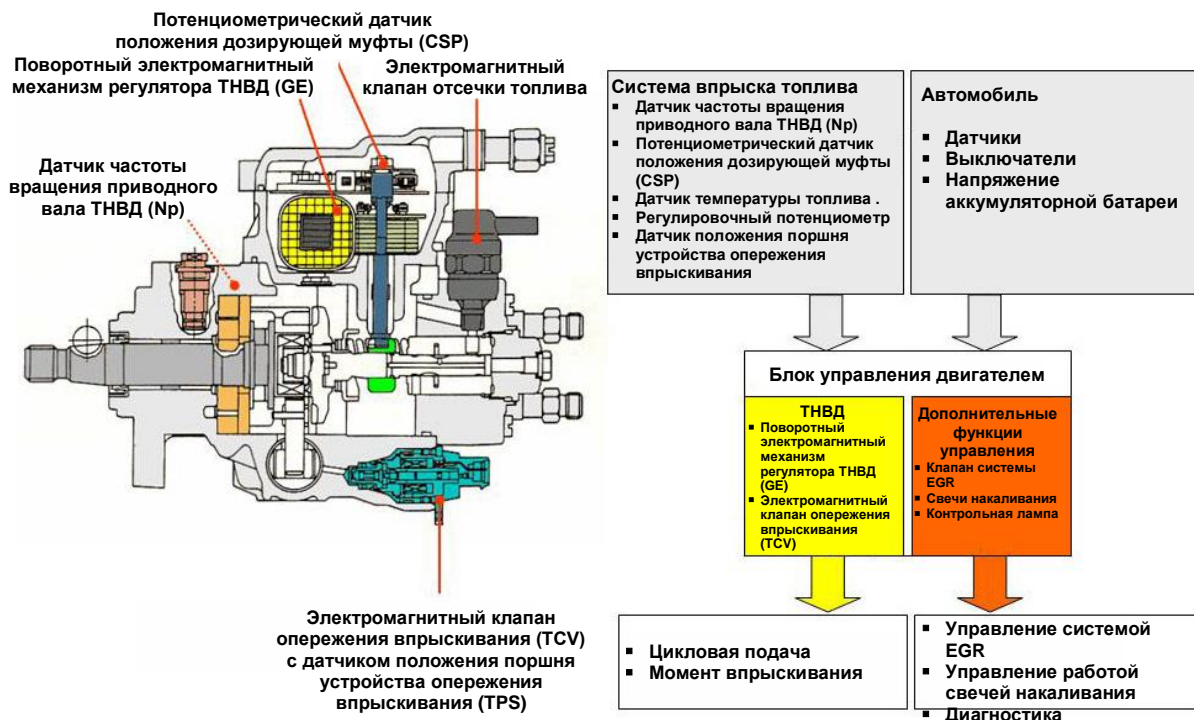


Подача топлива и нагнетание давления в системе COVEC-F работают по тому же принципу, что и в механическом ТНВД распределительного типа. Внутренняя полость насоса отделена от камеры регулятора, в которой осуществляется управление дозированием топлива. В полости насоса выполнены механизмы для подачи топлива и его последующего сжатия и нагнетания.

Поворотный электромагнитный механизм регулятора ТНВД (GE). Механическим ТНВД управляет регулятор. В COVEC-F для этого применяется электронный регулятор GE. Центробежных грузов в нем нет. Поэтому нет и рычага управления на верхней крышке насоса. Вместо этого к верхней части насоса подведены провода от блока управления ТНВД.

Датчик частоты вращения приводного вала (Np). Зубчатое колесо установлено на приводном валу ТНВД для определения частоты его вращения. Вращение этого колеса фиксируется датчиком Np. Датчик содержит металлический сердечник (полюсный наконечник), катушку индуктивности и постоянный магнит. Вращение ферромагнитного зубчатого колеса приводит к изменению магнитного потока, а возникающее напряжение характеризует частоту вращения вала насоса. Количество опорных меток на зубчатом колесе соответствует числу цилиндров двигателя.

Электромагнитный клапан опережения впрыскивания (TCV). Клапан TCV расположен в нижней части корпуса ТНВД между камерами низкого и высокого давления. Этим клапаном регулируется давление, соответствующее требуемому моменту опережения впрыскивания.



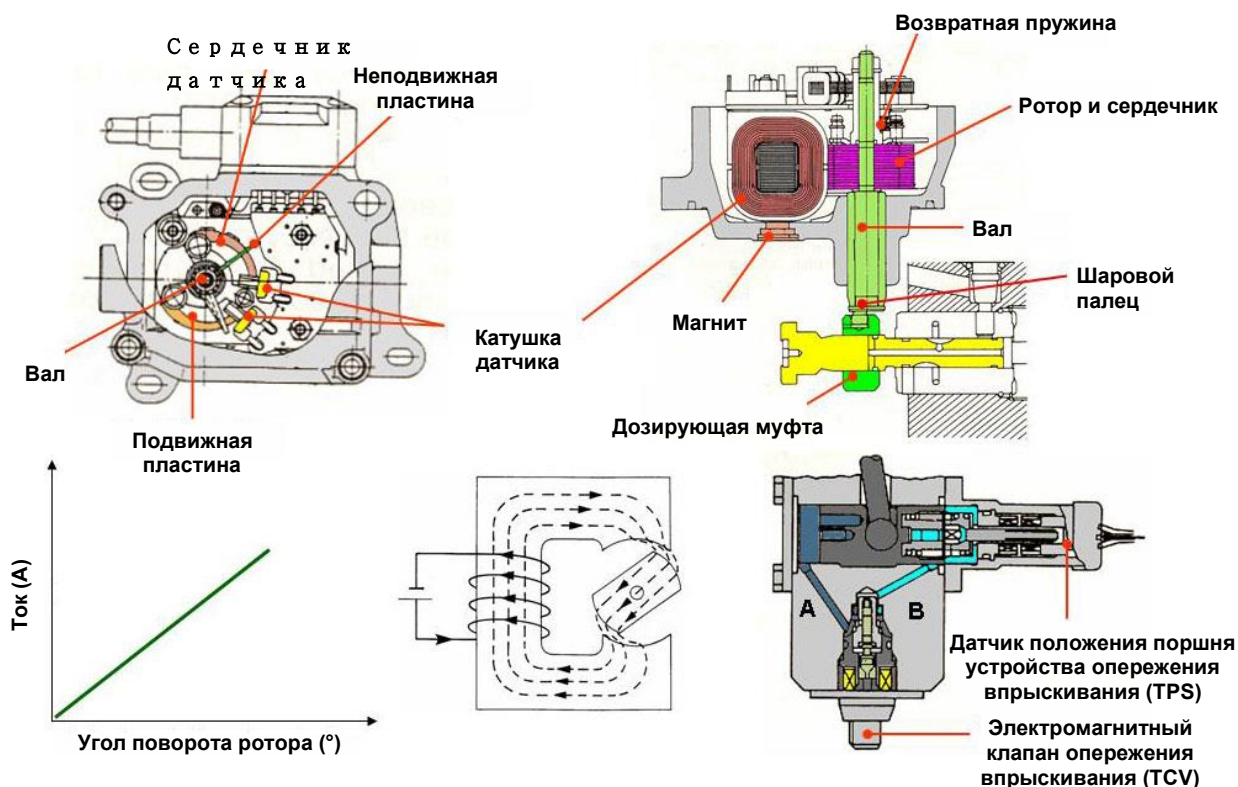
Редукционный клапан. Механический ТНВД иногда оснащается редукционным клапаном, установленным в клапане ограничения слива топлива. В COVEC-F редукционный клапан присутствует всегда вместе с клапаном ограничения слива для того, чтобы сократить перепуск топлива до тех пор, пока давление в насосе не достигнет заданного значения. Клапан ограничения слива установлен на торцевой поверхности крышки привода электрорегулятора.

Датчик положения поршня устройства опережения впрыскивания (TPS). COVEC-F имеет датчик, позволяющий определить положение поршня устройства опережения впрыскивания (TPS). Датчик расположен в нижней части ТНВД.

Блок управления двигателем. Блок управления двигателем установлен в салоне автомобиля. Он получает сигналы от всех датчиков. На основании полученных данных ЭБУ двигателя сравнивает полученные значения с запрограммированными данными в виде картограмм и затем формирует оптимальные управляющие сигналы всем механизмам ТНВД.

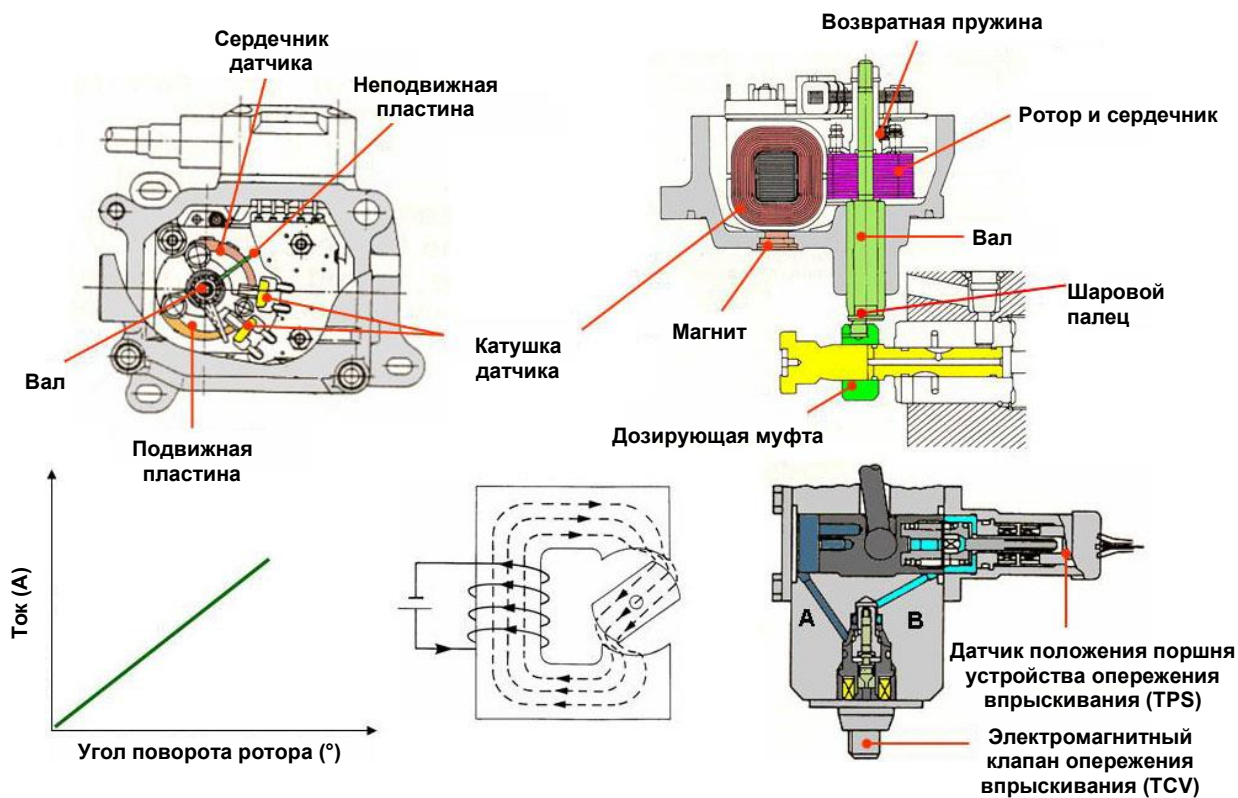
Регулировочный потенциометр. Применяется для компенсации заводских допусков и отклонений параметров электронного регулятора (GE).

Привод электронного регулятора (GE), электромагнитный клапан опережения впрыскивания (TCV) и датчик положения поршня устройства опережения впрыскивания (TPS)



Привод электронного регулятора (GE)

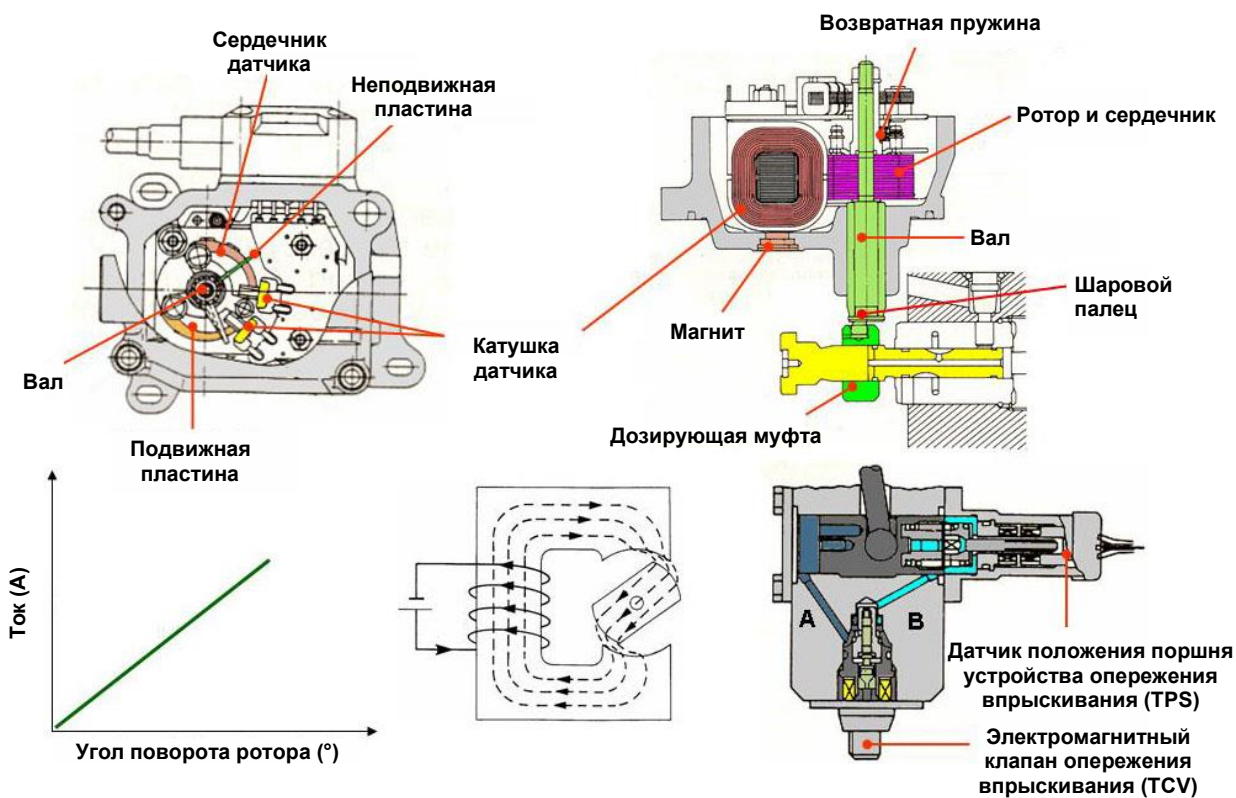
Привод электронного регулятора (GE) управления ТНВД компактно смонтирован на верхней крышке ТНВД и связан с камерой регулятора. Камеры регулятора и насоса соединяются магнитным улавливателем. Топливо, направляемое в камеру регулятора, охлаждает катушку приводного механизма. Магнитный улавливатель предотвращает попадание металлических частиц в привод регулятора. Наконечник вала, запрессованного в ротор, представляет собой эксцентрично расположенный шаровой палец. Он входит в отверстие дозирующей муфты. В отличие от механического ТНВД, COVEC-F регулирует количество впрыскиваемого топлива с помощью электромагнитного исполнительного механизма. ЭБУ двигателя получает информацию о положении дозирующей муфты с помощью потенциометрического датчика положения дозирующей муфты (CSP). При появлении в катушке электрического тока возникает магнитное поле, что приводит к повороту ротора на определенный угол. Интенсивность магнитного поля определяется силой тока в катушке. Ротор поворачивается до тех пор, пока не наступит баланс сил магнитного поля и возвратной пружины. Датчик CSP определяет угол поворота ротора. Датчик установлен в верхней части привода регулятора. По его сигналам ЭБУ двигателя определяет соответствие действительного положения муфты (угла поворота ротора), которое зависит от силы тока, требуемому значению. Датчик CSP состоит из сердечника, катушки, подвижной и неподвижной пластин. Подвижная пластина соединена с валом привода регулятора. Неподвижная пластина устраняет влияние температурных изменений на работу датчика, вызванных вихревыми токами. Датчик положения дозирующей муфты преобразует разность сигналов верхней и нижней катушек в угловое перемещение и передает эти данные к ЭБУ двигателя.



ЭБУ двигателя сравнивает действительное и требуемое значения угла поворота ротора. При их расхождении он компенсирует разницу с помощью импульсных сигналов электрического тока определенной скважности. В результате действительное значение угла становится равным заданному.

Электромагнитный клапан опережения впрыскивания (TCV)

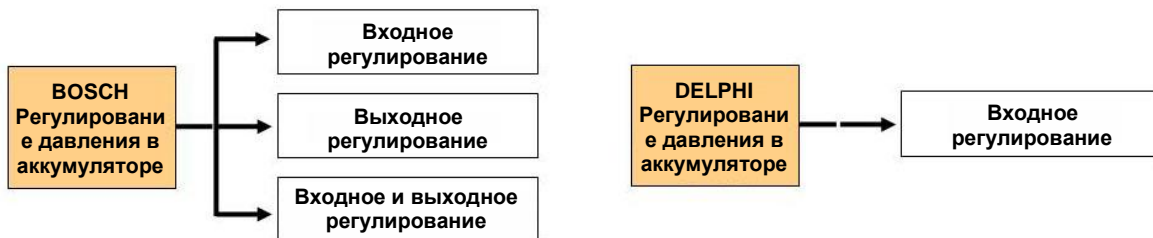
Электромагнитный клапан TCV расположен в нижней части ТНВД. Оба канала (А и В) в корпусе насоса подходят к клапану. Канал А соединяет камеру высокого давления поршня устройства опережения с входным отверстием клапана TCV. Фильтр, установленный во впускном отверстии, исключает попадание посторонних частиц. Канал В соединяет камеру низкого давления поршня устройства опережения с выходным отверстием клапана TCV. Установленный между обеими камерами клапан TCV регулирует давление топлива в камере высокого давления путем открытия и закрытия своей иглы. В тот момент, когда ток не проходит через электромагнитный клапан, он закрыт, и обе камеры разъединяются. При прохождении электрического тока клапан открывается и соединяет камеры высокого и низкого давления между собой. В результате поршень смещается пружиной до тех пор, пока не наступит равновесие сил пружины и давления топлива. Одновременно с поршнем смещается и роликовый держатель, поворот которого приводит к изменению угла опережения впрыскивания. Момент начала впрыскивания изменяется за счет импульсного режима работы клапана, то есть по принципу «открыт-закрыт». Момент впрыскивания зависит от соотношения импульсов электрического тока, протекающего через клапан TCV. Отношение импульсов зависит от режима работы и схемы управления. Например, частота сигнала в цепи клапана TCV изменяется в зависимости от частоты вращения ТНВД.



Датчик положения поршня устройства опережения впрыскивания (TPS)

Датчик TPS переменной индуктивности определяет положение поршня. Он крепится к поршню со стороны камеры низкого давления.

Система непосредственного впрыска топлива аккумуляторного типа



Системы впрыска топлива аккумуляторного типа (CRDI) состоят из следующих компонентов:

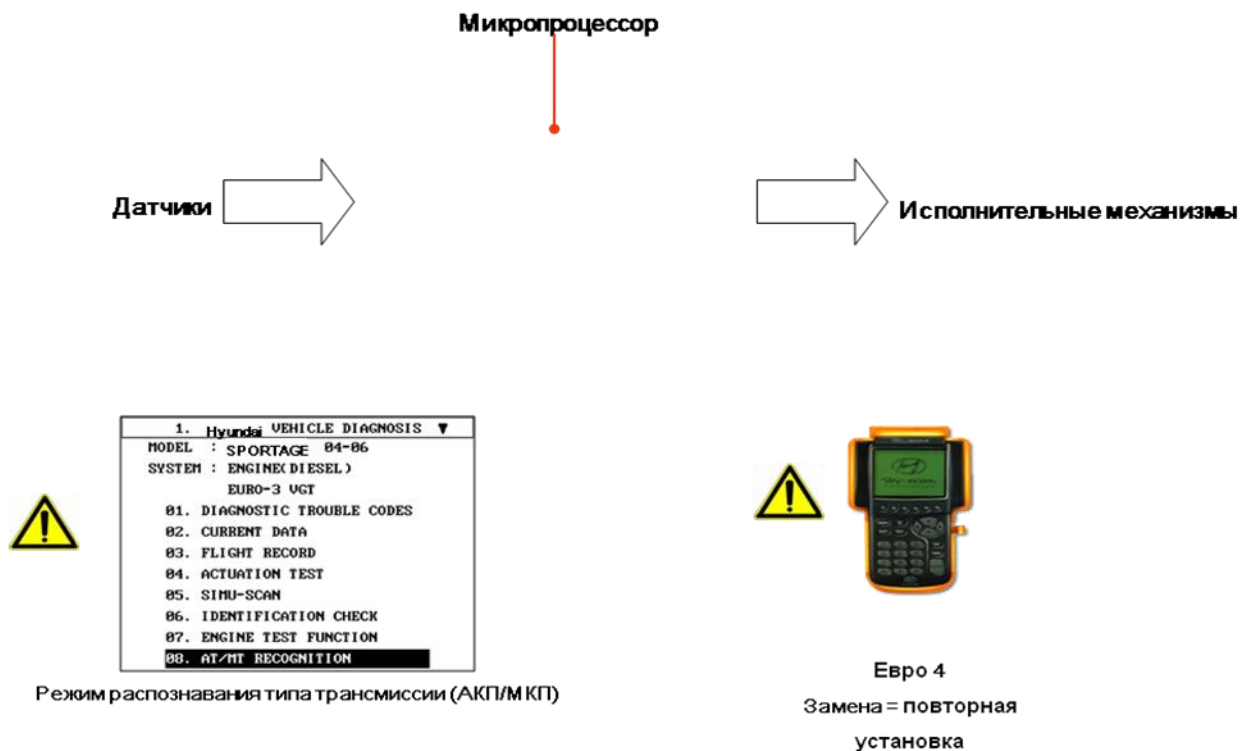
- блок управления двигателем (ЭБУ двигателя);
- топливный насос высокого давления (ТНВД);
- топливные форсунки;
- топливный аккумулятор высокого давления (рампа).

В системах впрыска топлива аккумуляторного типа (CRDI) высокое давление в аккумуляторе поддерживается непрерывно работающим ТНВД. Кроме того, аккумулятор демпфирует колебания давления топлива, вызванные работой ТНВД. Впрыскивание топлива форсунками приводит к уменьшению его объема в топливной рампе. Аккумулятор является общим для всех цилиндров, поэтому систему называют «с общей топливной рампой» (Common Rail). Даже при повышении расхода топлива давление в топливной рампе остается практически неизменным. Благодаря этому обеспечивается постоянное давление впрыскивания в момент открытия форсунки.

Компания Hyundai оснащает автомобили двумя системами аккумуляторного типа, известными как Bosch и Delphi. Системы могут различаться методом регулирования давления в аккумуляторе (входное или выходное регулирование). На некоторых типах двигателей могут устанавливаться системы смешанного типа управления.

Системы регулирования давления на входе дозируют топливо, поступающее в ТНВД. Для этого используется магнитный дозирующий клапан (Bosch-CRDI) или впускной дозирующий клапан (Delphi-CRDI), который крепится на корпусе ТНВД. В системах выходного регулирования давления применяется так называемый клапан регулирования давления в аккумуляторе (Bosch-CRDI), который установлен на топливной рампе.

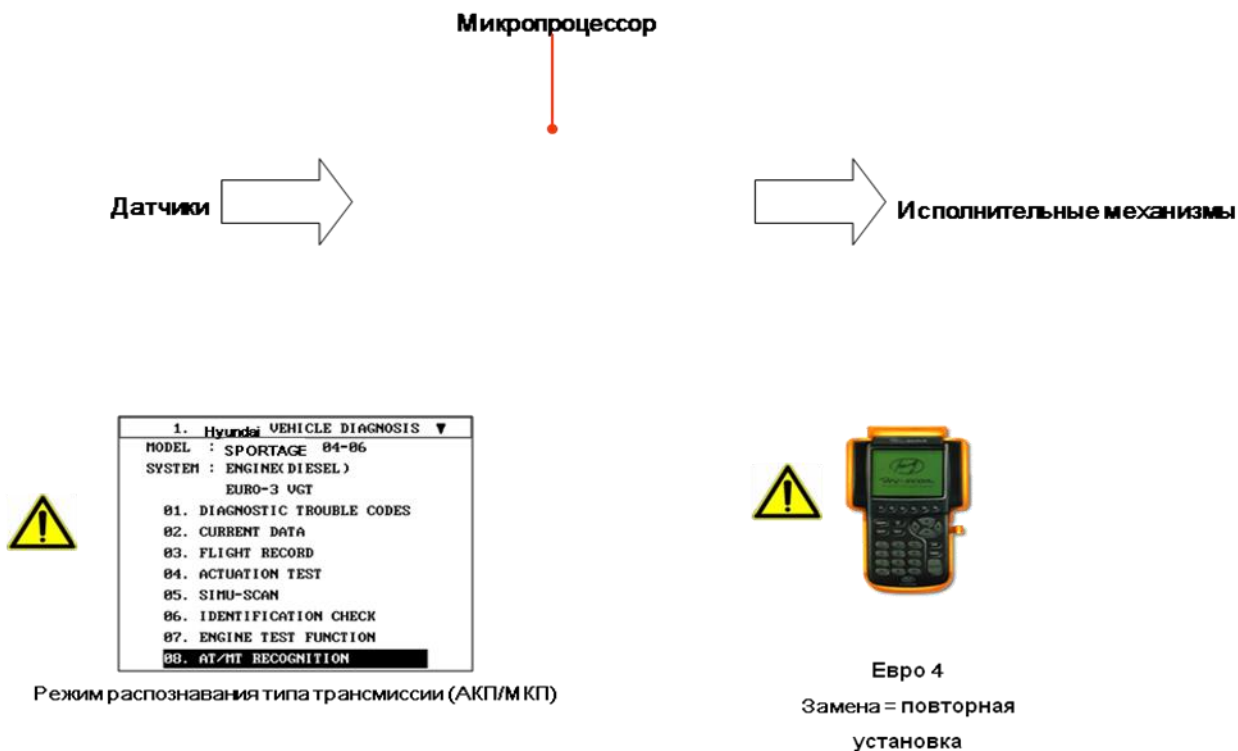
Блок управления двигателем



Системой непосредственного впрыска топлива аккумуляторного типа управляет электронный блок управления двигателем (ЭБУ двигателя).

Плата ЭБУ двигателя располагается в металлическом корпусе. Датчики, исполнительные механизмы и кабели подачи напряжения соединяются с блоком управления через многоконтактный разъем. Выходные каскады большой мощности для непосредственного управления исполнительными механизмами расположены в корпусе блока управления таким образом, что от них обеспечивается очень хороший отвод тепла на корпус блока. ЭБУ двигателя получает сигналы от внешних датчиков и ограничивает их до необходимого уровня напряжения. По величинам входных сигналов и эталонных значений, содержащихся в картограммах, микропроцессор ЭБУ двигателя рассчитывает время впрыскивания и определяет момент начала подачи топлива. Микропроцессор с помощью выходных сигналов управляет выходными каскадами блока управления. Выходные каскады генерируют сигналы, мощность которых достаточна для непосредственного управления исполнительными механизмами регулирования давления в рампе и отключения устройств. Кроме того, ЭБУ двигателя управляет различными электронными приборами систем двигателя (например, электромагнитным клапаном EGR, реле включения топливного насоса и т. д.), а также дополнительными устройствами, такими как реле свечей накаливания или кондиционером воздуха.

Блок управления двигателем



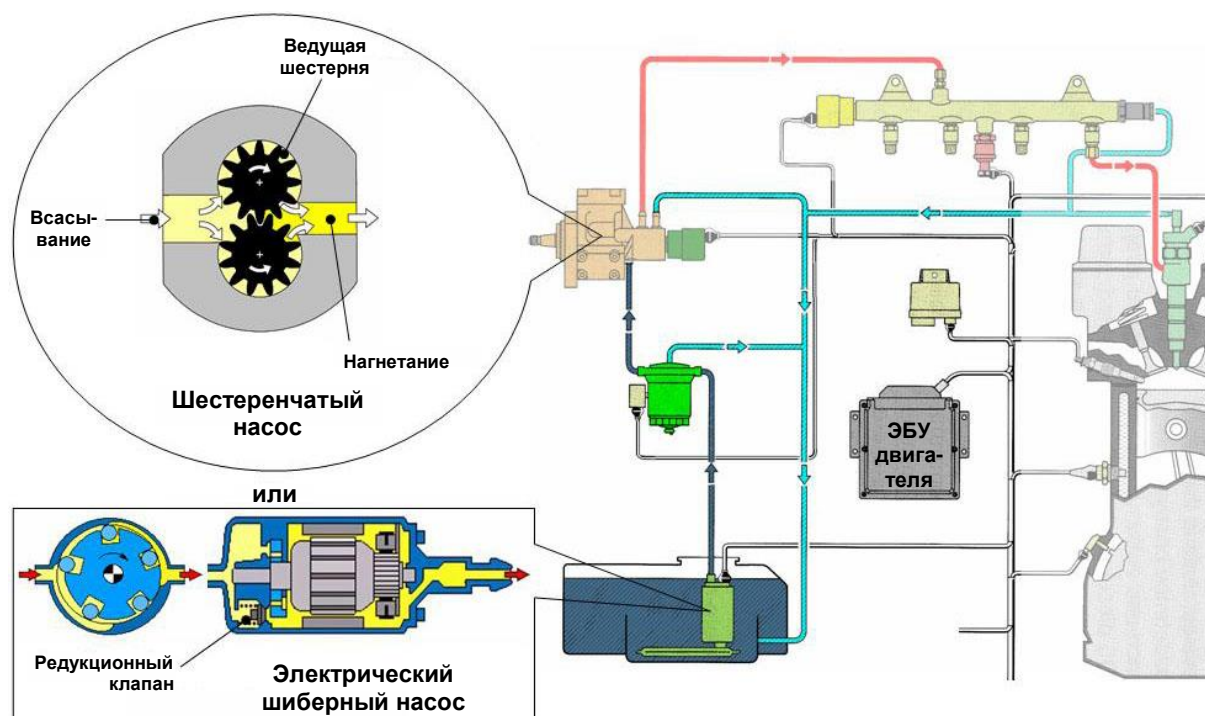
Режим распознавания типа трансмиссии (АКП/МКП)

Для некоторых систем или на определенных моделях автомобилей необходимо провести процедуру распознавания типа трансмиссии (АКП/МКП). Эту операцию выполняют после замены ЭБУ двигателя или ЭБУ коробки передач (ТСМ). Если не проводить распознавание, то контрольная лампа системы предварительного подогрева будет гореть постоянно.

Замечание

После замены ЭБУ двигателя на автомобилях, оснащенных каталитическим сажевым фильтром, следует внести в новый ЭБУ двигателя текущее значение суммарного пробега автомобиля. Это необходимо для определения количества сажи в фильтре! Более подробная информация приведена в заводской инструкции.

Bosch CRDI, контуры низкого и высокого давления

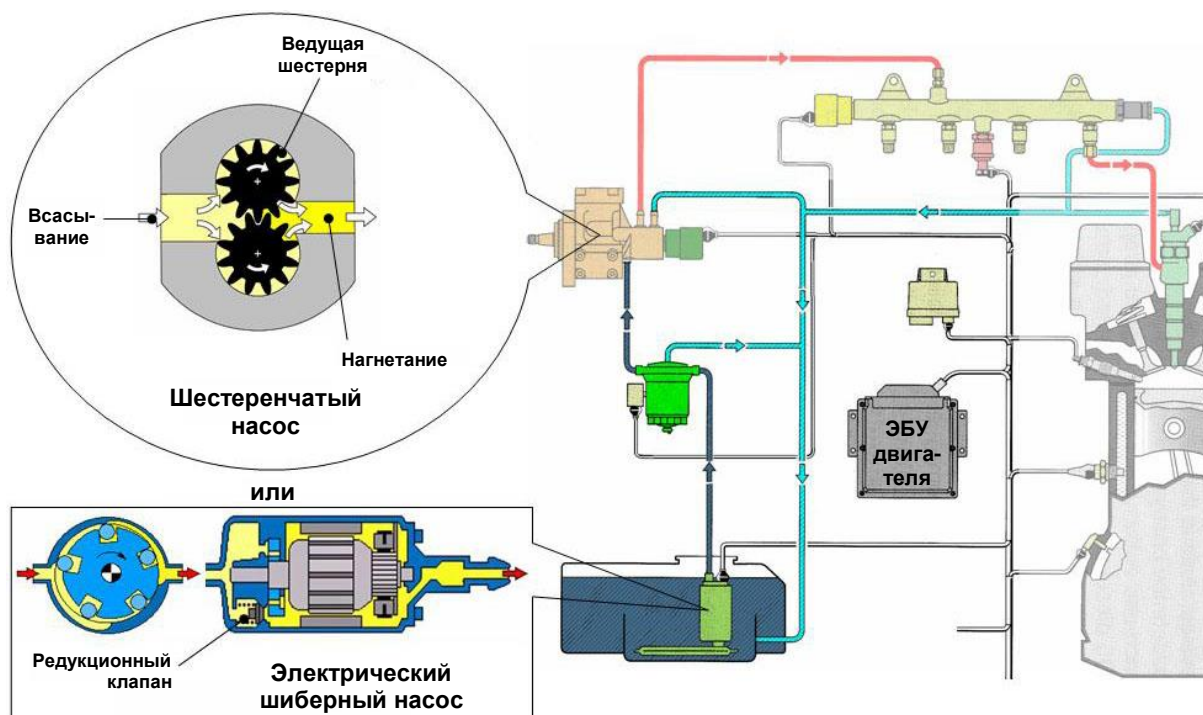


Контур низкого давления

В качестве топливоподкачивающего насоса устанавливается электрический насос с фильтром или механический шестеренчатый. Насос забирает топливо из топливного бака и непрерывно подает в нужном количестве в ТНВД.

Электрический топливный насос

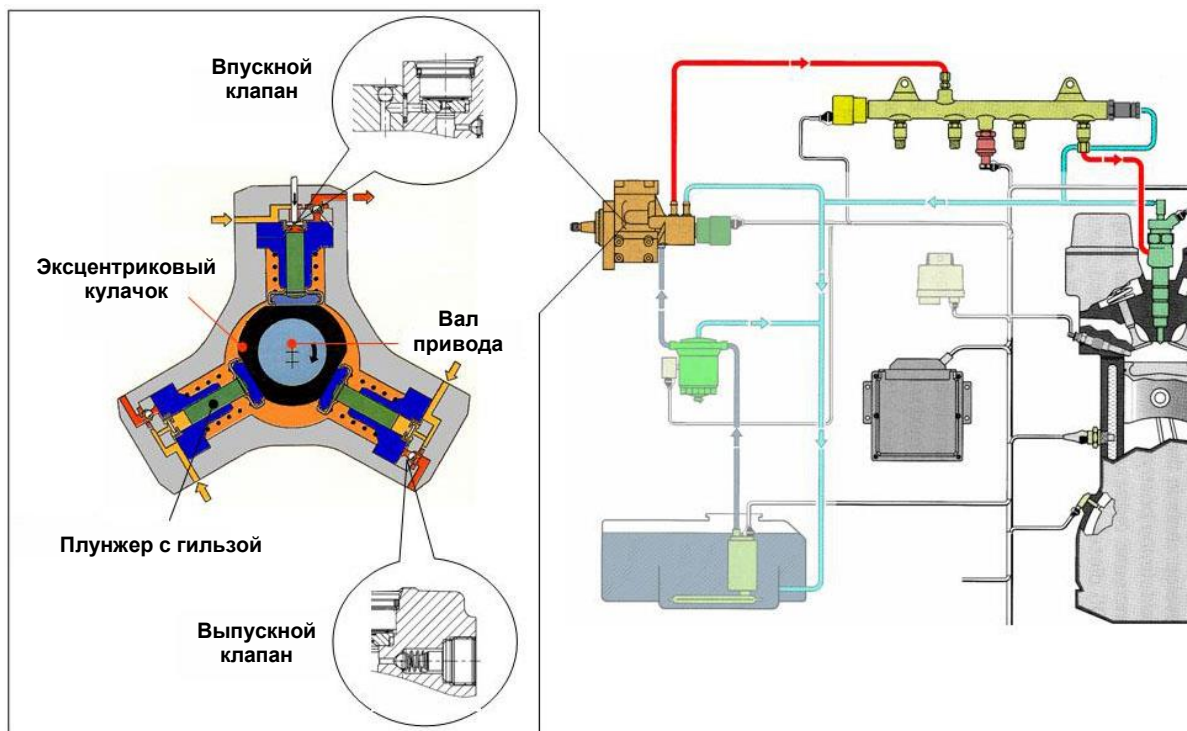
Электрический шиберный насос обеспечивает подачу топлива в ТНВД. С момента начала работы двигателя насос работает непрерывно, а его производительность не зависит от частоты вращения вала двигателя. В результате насос постоянно направляет топливо из бака через фильтр к ТНВД. Избыток топлива возвращается обратно в бак через редукционный клапан. Защитная электрическая цепь отключает подачу топлива в случае, когда ключ в замке находится в положении «включено», а двигатель остановлен. Электрические насосы на автомобилях Hyundai бывают погружного типа и выносные. Выносные насосы размещаются вне бака между топливным баком и фильтром. Они крепятся к днищу кузова автомобиля. Насосы погружного типа, наоборот, установлены в топливном баке и имеют особую конструкцию. В отличие от выносного насоса, к которому все электрические и гидравлические соединения подключаются снаружи, в узел топливного насоса погружного типа входят топливозаборник, датчик уровня топлива и корпус, который представляет собой емкость для топлива.



Шестеренчатый топливоподкачивающий насос

На некоторых моделях автомобилей шестеренчатый топливоподкачивающий насос применяется совместно с ТНВД в системе непосредственного впрыска топлива аккумуляторного типа. Он собран в корпусе ТНВД и вращается вместе с ним на одном валу. Основные детали насоса — две шестерни с внешним зацеплением зубьев. При вращении шестерен топливо поступает в камеры, образованные их зубьями и внутренними стенками корпуса насоса, а затем направляется в нагнетательную часть (на выход). Линия контакта двух шестерен действует как уплотнение, отделяя всасывающую полость насоса от нагнетающей, и препятствует возникновению обратного потока топлива.

Производительность шестеренчатого насоса прямо пропорциональна частоте вращения вала двигателя. Насос такой конструкции не требует технического обслуживания. Для того чтобы накачать топливо в ТНВД перед первым запуском двигателя или когда топливный бак практически пустой, устанавливается ручной насос прямо на корпусе шестеренчатого насоса или в топливопроводе низкого давления.

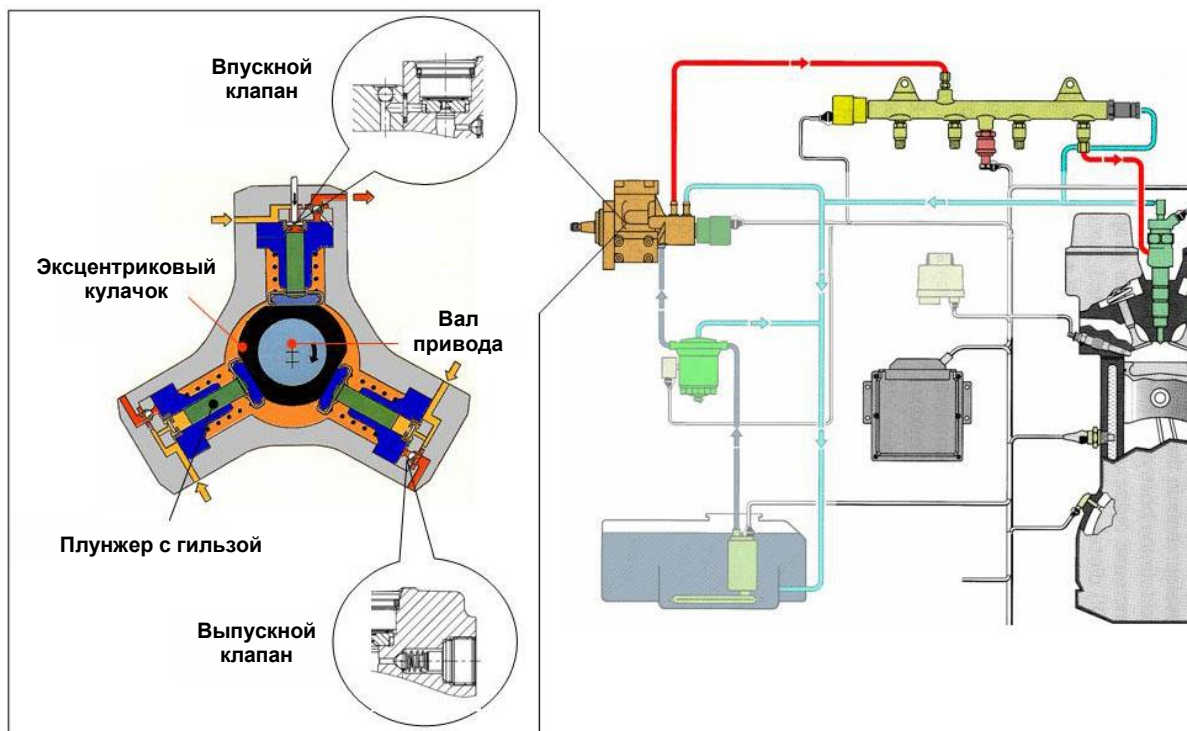


Контур высокого давления

ТНВД соединяет контуры низкого и высокого давлений. С помощью ТНВД в рампе непрерывно создается высокое давление. По сравнению с обычными системами впрыска топливо здесь не сжимается исключительно в момент впрыскивания.

Топливный насос высокого давления (ТНВД)

ТНВД устанавливается преимущественно на том же месте, что и обычные насосы распределительного типа. Он приводится двигателем (вращается с половинной частотой вала двигателя, но не более 3000 об/мин) через муфту и смазывается проходящим через него дизельным топливом. Три плунжера, радиально расположенные под углом 120° , сжимают топливо внутри ТНВД. Три рабочих хода каждого плунжера за один оборот вала ТНВД обеспечивают незначительную и равномерную нагрузку на вал привода насоса. Необходимая для привода ТНВД мощность возрастает пропорционально давлению в рампе и частоте вращения вала насоса (объему подачи). В дизельном двигателе рабочим объемом 2,0 л ТНВД при механическом КПД около 90% потребляет мощность порядка 3,8 кВт при номинальной частоте вращения коленчатого вала и давлении 1350 бар в рампе.



Вал привода с эксцентриковыми кулачками одновременно заставляет поступательно (вверх-вниз) двигаться все три плунжера. Топливopодкачивающий насос подает топливо в ТНВД, в котором топливо через впускной клапан поступает в камеру над плунжером, движущимся вниз (то есть на такте впуска). Когда нижняя мертвая точка (НМТ) плунжером пройдена, впускной клапан закрывается. Топливо в надплунжерном пространстве сжимается плунжером, идущим вверх. Когда возрастающее давление достигнет уровня, соответствующего тому, что поддерживается в рампе, открывается выпускной клапан, и сжатое топливо поступает в контур высокого давления. Когда величина давления в надплунжерном пространстве опускается ниже величины давления подкачки, впускной клапан открывается и процесс повторяется.

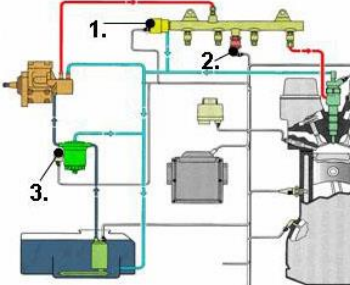
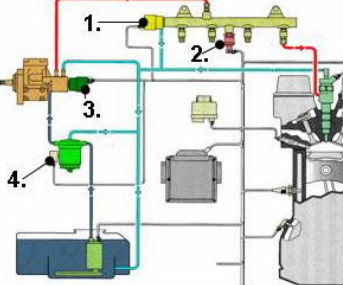
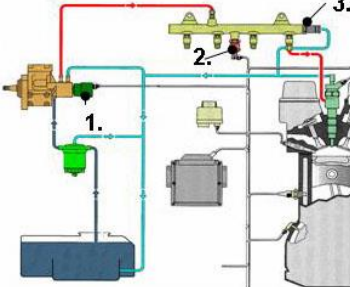
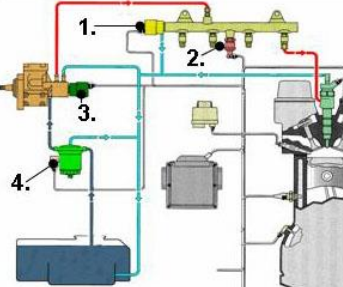
Bosch CRDI, управление давлением в рампе

Поколение 1	Технические особенности	Поколение 2	Технические особенности
	<p><u>Выходное регулирование</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Электрический топливopодкачивающий насос – Давление в топливной системе 1350 бар 		<p><u>Смешанное регулирование</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Электрический топливopодкачивающий насос – Давление в топливной системе 1600 бар
	<p><u>Входное регулирование</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Шестеренчатый насос – Давление в топливной системе 1350 бар 		<p><u>Смешанное регулирование</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Шестеренчатый насос – Давление в топливной системе 1600 бар

В зависимости от условий работы, например, нагрузки на двигатель, ЭБУ двигателя увеличивает, снижает или поддерживает постоянным давление в топливной рампе. На разных автомобилях и двигателях применяются свои схемы управления давлением топлива в рампе. В большинстве случаев ЭБУ двигателя получает сигнал от датчика давления топлива в рампе (2) и определяет требуемую величину давления.

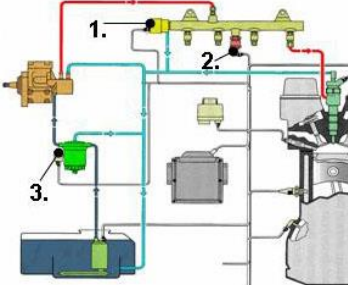
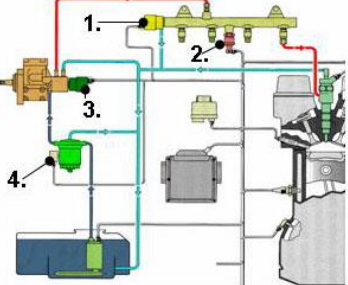
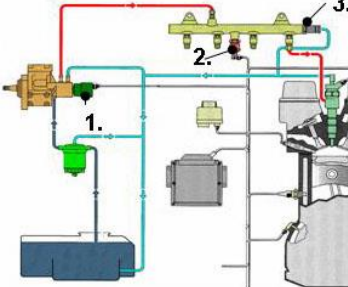
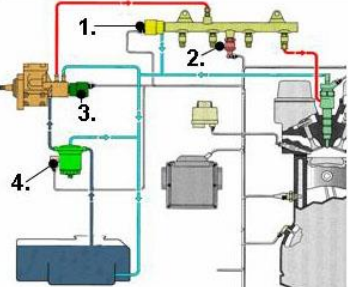
Выходное регулирование давления, первое поколение систем

В этих системах применяется электрический топливopодкачивающий насос для подачи топлива в ТНВД. Максимальное давление топлива в рампе в этой системе составляет примерно 1350 бар. Системы выходного регулирования управляют давлением топлива на выходе из ТНВД путем изменения величины обратного слива топлива в бак. ЭБУ двигателя управляет клапаном регулирования давления в рампе (RPCV) (1), который закреплен на самой рампе. Этот клапан устанавливает точную величину давления в рампе и поддерживает его на заданном уровне. Если давление в рампе повышается, клапан RPCV открывается, и часть топлива из рампы отводится через магистраль обратного слива в топливный бак. При падении давления в рампе клапан закрывается и размыкает контуры высокого и низкого давлений, тем самым увеличивая давление в рампе. Датчик температуры топлива (3) в этих системах необходим, так как при подобной схеме регулирования температура топлива, направляемого на слив, достигает 80-120°C. Это приводит к необходимости проведения коррекций.

Поколение 1	Технические особенности	Поколение 2	Технические особенности
	<p><u>Выходное регулирование</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Электрический топливopодкачивающий насос – Давление в топливной системе 1350 бар 		<p><u>Смешанное регулирование</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Электрический топливopодкачивающий насос – Давление в топливной системе 1600 бар
	<p><u>Входное регулирование</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Шестеренчатый насос – Давление в топливной системе 1350 бар 		<p><u>Смешанное регулирование</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Шестеренчатый насос – Давление в топливной системе 1600 бар

Входное регулирование давления, первое поколение систем

В этих системах в корпусе ТНВД устанавливается механический шестеренчатый топливopодкачивающий насос. Максимальное давление топлива в рампе в этой системе составляет примерно 1350 бар. Системы входного регулирования управляют расходом топлива от подкачивающего насоса к ТНВД. ЭБУ двигателя управляет магнитным пропорциональным клапаном (1), который закреплен на топливном насосе. Магнитный пропорциональный клапан (MPROP) в обычном состоянии открыт и устанавливает точную величину давления в рампе, поддерживая его на заданном уровне. Если давление в рампе повышается, клапан MPROP прикрывается, и объем топлива, поступающего в ТНВД, уменьшается. В случае, когда давление в рампе слишком низкое, клапан открывается и увеличивает объем топлива, поступающий на вход ТНВД. Это приводит к повышению производительности ТНВД и росту давления в рампе. Основным преимуществом этого типа регулирования является то, что крутящий момент ТНВД ниже по сравнению с предыдущей схемой регулирования. Недостаток системы состоит в возникновении избыточного давления в рампе в момент ускорения. Поэтому в ходе разгона ЭБУ двигателя изменяет продолжительность открытия форсунки, чтобы компенсировать этот прирост давления в рампе. Клапан ограничения давления (3) установлен на рампе. Он необходим для снижения давления в рампе в том случае, если магнитный пропорциональный клапан будет заблокирован в открытом положении.

Поколение 1	Технические особенности	Поколение 2	Технические особенности
	<p>Выходное регулирование</p> <ul style="list-style-type: none"> – Электрический топливоподкачивающий насос – Давление в топливной системе 1350 бар 		<p>Смешанное регулирование</p> <ul style="list-style-type: none"> – Электрический топливоподкачивающий насос – Давление в топливной системе 1600 бар
	<p>Входное регулирование</p> <ul style="list-style-type: none"> – Шестеренчатый насос – Давление в топливной системе 1350 бар 		<p>Смешанное регулирование</p> <ul style="list-style-type: none"> – Шестеренчатый насос – Давление в топливной системе 1600 бар

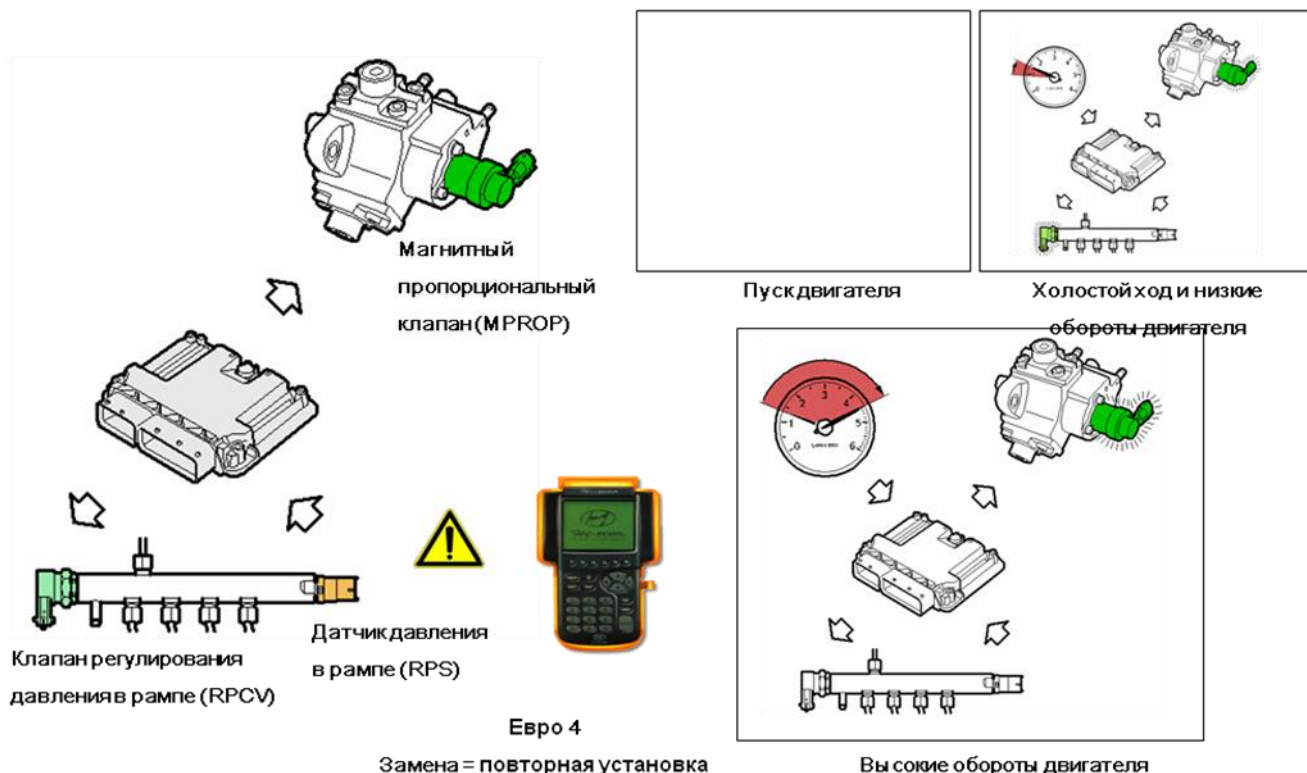
Смешанное регулирование давления, второе поколение систем

В этих системах применяется электрический или шестеренчатый топливоподкачивающий насос для подачи топлива в ТНВД. Максимальное давление топлива в рампе в этой системе составляет примерно 1600 бар. Давление регулируется одновременно клапаном регулирования давления в рампе (RPCV) и магнитным пропорциональным клапаном (MPROP). Кроме того, в этих системах может применяться датчик температуры топлива (4).

Преимущества данного типа систем:

- Отсутствует избыточное давление топлива в рампе в момент ускорения (поэтому такие системы удовлетворяют современным стандартам токсичности отработавших газов).
- Более низкий крутящий момент ТНВД.

Bosch CRDI второго поколения, управление давлением в рампе



Регулирование давления в рампе, второе поколение систем

Давление топлива варьируется в пределах 400-1600 бар и зависит от режима работы двигателя. Давление регулируют два клапана, один из них установлен на ТНВД, другой — на рампе. ЭБУ двигателя контролирует давление в рампе на соответствие требуемому значению с помощью датчика давления топлива, установленного на рампе. Поскольку количество топлива, необходимое для нормальной работы двигателя на разных рабочих режимах, изменяется в широких пределах, следует постоянно регулировать давление топлива, нагнетаемого ТНВД в рампу. Это осуществляют оба клапана, RPCV и MPROP, по сигналам датчика давления в рампе (RPS).

Пуск двигателя

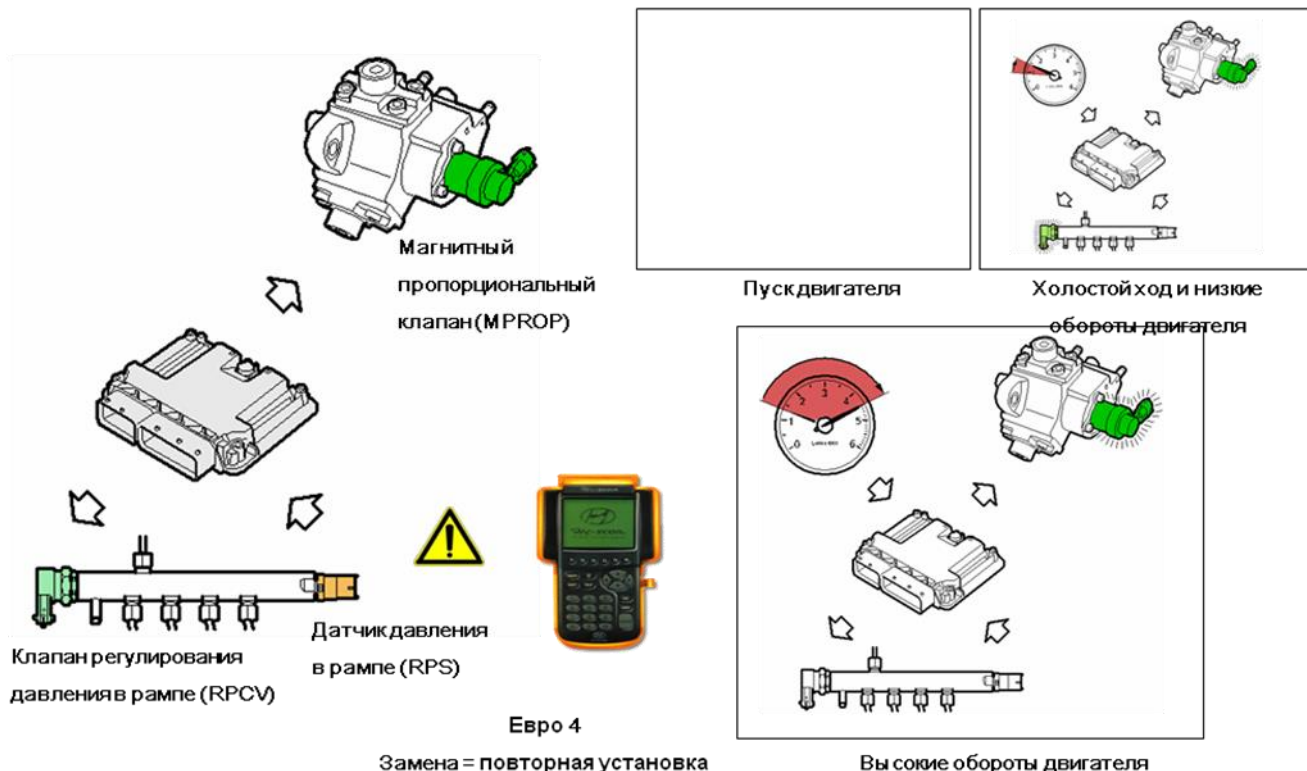
В момент пуска двигателя ТНВД накачивает в рампу максимальное количество топлива для обеспечения быстрого и надежного пуска. Сразу после запуска клапан регулирования давления (RPCV) полностью открывается. Регулирование давления топлива осуществляется клапаном RPCV.

Холостой ход и низкие обороты двигателя

Когда двигатель работает на частоте чуть выше холостого хода, давление топлива регулируют оба клапана, RPCV и MPROP. Работа одновременно обоих клапанов предотвращает появление пульсаций топлива, вызванных фактором неравномерной подачи

плунжерного ТНВД. Насос может работать в режиме высоких подач, при этом клапан RPVC направляет часть топлива на слив, поддерживая требуемое давление в рампе.

Bosch CRDI второго поколения, управление давлением в рампе



Высокие обороты двигателя

На высоких оборотах двигателя в работе по регулированию давления в рампе задействован клапан MPROP. Поскольку в этом режиме невозможна максимальная подача топлива от ТНВД, потребность в крутящем моменте вала ТНВД сокращается. Невысокий момент на валу ТНВД приводит к снижению расхода топлива, так как нагрузка на двигатель стала меньше. Если необходимо резкое падение давления, клапан RPCV направит топливо на слив. В зависимости от условий движения давление топлива может достигать 1600 бар.

Замечание

В случае неисправности датчика давления топлива в рампе, следует заменить рампу в сборе!

После замены датчика регулирования давления (RPS) на двигателях, оснащенных каталитическим сажевым фильтром, значения параметров следует внести в память нового ЭБУ двигателя с помощью диагностического прибора HI-SCAN Pro! Более подробная информация приведена в заводской инструкции.

Bosch CRDI, типы форсунок и калибровка

Bosch CRDI, типы форсунок и калибровка

Комбинация цифр	Маркировка форсунки			Замечания
	X	Y	Z	
Цифра 1	0	4	0	<p>Замечание Как минимум две форсунки с маркировкой «Y» должны быть установлены на двигателе.</p>
Цифра 2	1	3	0	
Цифра 3	0	3	1	
Цифра 4	1	2	1	
Цифра 5	2	2	0	
Цифра 6	0	2	2	

Образец Евро 4

Момент начала впрыскивания и объем впрыскиваемого топлива обеспечиваются форсунками с управлением от ЭБУ. Форсунки системы впрыска аккумуляторного типа изготавливаются с большой точностью. Они способны впрыскивать топливо в диапазоне от 0,5 до 100 мг/цикл под давлением 150-1600 бар. При производстве форсунок требуется очень высокая точность их изготовления. Однако, вследствие небольшого расхождения в их параметрах, например, разного намагничивания якорей электромагнитов при срабатывании катушек, в результате некоторого снижения давления в рампе в момент открытия форсунок, а также из-за механического трения форсунки могут впрыскивать топливо с разностью значений в пределах 5 мг/цикл. В этих условиях нельзя эффективно управлять работой двигателя. Именно поэтому необходимо вводить коррекцию топливоподачи, которая позволит впрыскивать требуемое количество топлива независимо от индивидуальной характеристики форсунки. Это станет возможным, если, зная характеристики форсунок, корректировать продолжительность их открытия. При этом параметры форсунок должны быть занесены в память ЭБУ двигателя. Форсунки с маркировкой применяются на автомобилях Hyundai с момента производства новой модели Tucson, двигатель которой оснащен турбонагнетателем с изменяемой геометрией (VGT). Эти форсунки делают топливоподачу в цилиндры двигателя сбалансированной, что приводит к снижению шумности, вибраций, неустойчивости (NVH) и токсичности отработавших газов двигателя. Следует обратить внимание на то, что применяются разные варианты маркировок (для экологических стандартов Евро 2, Евро 3, Евро 4). Маркировка выбита на торцевой поверхности корпуса форсунки. Точно так же для разных систем предусмотрены различные

процедуры калибровки форсунок. Более подробная информация приведена в заводской инструкции.

Bosch CRDI, типы форсунок и калибровка

Комбинация цифр	Маркировка форсунки			Замечания
	X	Y	Z	
Цифра 1	0	4	0	<p>Замечание Как минимум две форсунки с маркировкой «Y» должны быть установлены на двигателе.</p>
Цифра 2	1	3	0	
Цифра 3	0	3	1	
Цифра 4	1	2	1	
Цифра 5	2	2	0	
Цифра 6	0	2	2	

Образец Евро 4

Форсунки с маркировкой X, Y, Z

Применяются форсунки с тремя различными маркировками: X, Y и Z. При замене форсунки необходимо устанавливать новую форсунку, имеющую аналогичную маркировку. Во всех случаях маркировку необходимо соблюдать. Замечание: неважно, на какие цилиндры двигателя будут установлены форсунки, имеющие разные маркировки.

Форсунки с маркировкой C1, C2, C3

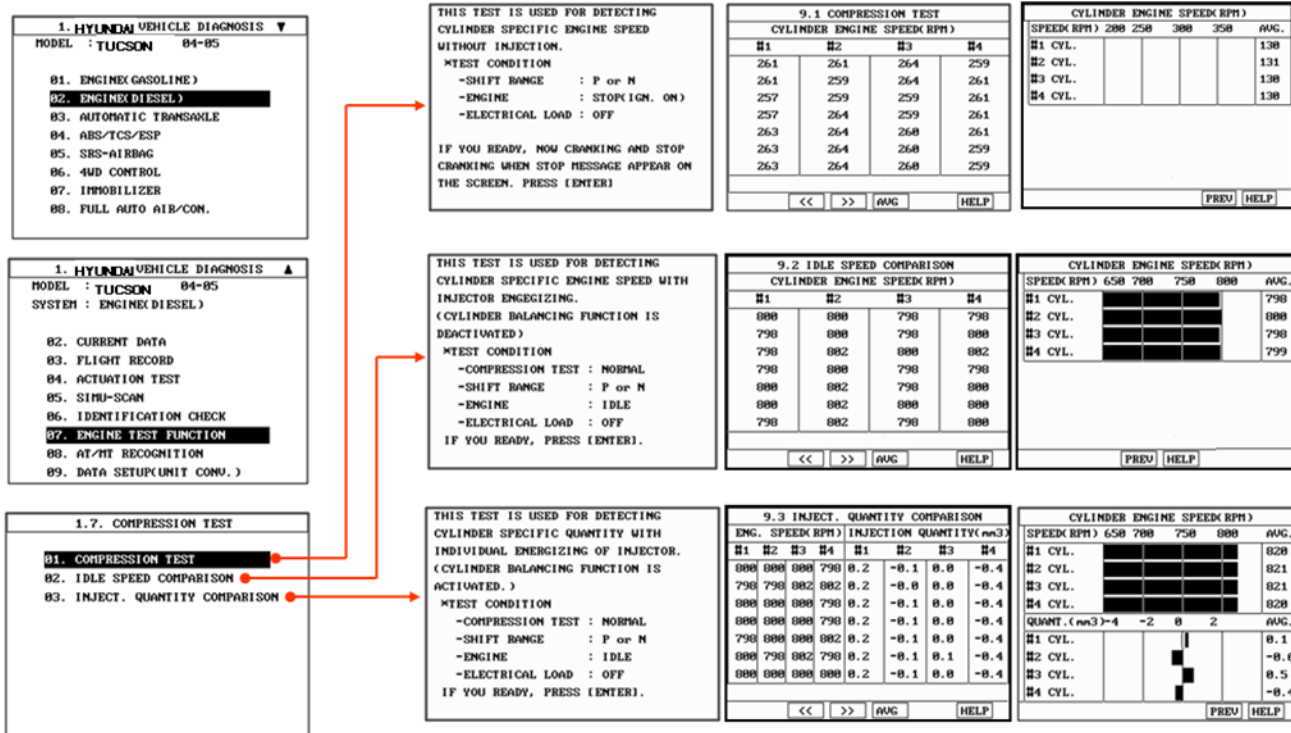
Для внесения данных о форсунках в память ЭБУ двигателя необходим диагностический прибор HI-SCAN Pro.

Форсунки с буквенно-цифровым кодом

Для внесения данных о форсунках в память ЭБУ двигателя необходим диагностический прибор HI-SCAN Pro.

Bosch CRDI, диагностика с помощью диагностического прибора HI-SCAN

Bosch CRDI, диагностическое древо прибора HI-SCAN



Проверка компрессии

Эта функция позволяет выявить механические неисправности двигателя. При проведении проверки компрессии ЭБУ двигателя временно отключает форсунки. Если получены низкие показания компрессии, рекомендуется провести стандартную проверку компрессии с помощью компрессиметра и проверку герметичности. Диагностику с помощью HI-SCAN необходимо завершить.

Проверка количества топлива, впрыскиваемого форсунками в каждый цилиндр на холостом ходу

По завершении проверки компрессии необходимо приступить к проверке количества топлива, впрыскиваемого форсунками в каждый цилиндр на холостом ходу. Это необходимо для того, чтобы выявить возможную неисправность форсунок. Теоретически количество впрыскиваемого топлива в каждый цилиндр должно быть примерно одинаковым, если компрессия двигателя в норме. Поэтому при равномерной работе всех цилиндров видимых провалов в частоте вращения быть не должно.

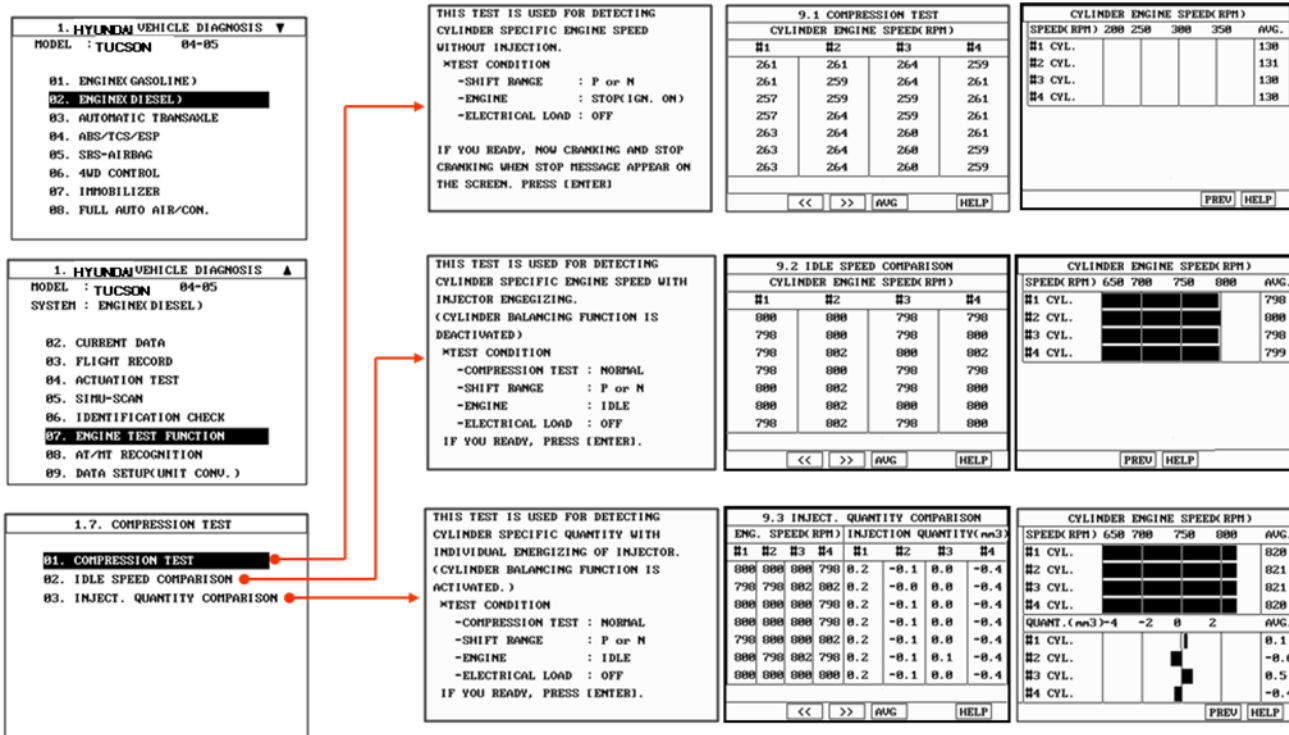
Пониженная частота вращения

В цилиндр, на который указывает пониженная частота вращения, впрыскивается меньше топлива.

Повышенная частота вращения

В цилиндр, на который указывает повышенная частота вращения, впрыскивается больше топлива.

Bosch CRDI, диагностическое древо прибора HI-SCAN



Сравнение количества впрыскиваемого топлива всеми форсунками

С учетом предыдущих проверок оценка количества впрыскиваемого топлива всеми форсунками позволит точнее выявить неисправность. Сравнивая величины коррекций топливоподачи каждой форсунки, можно без труда определить неисправность.

Положительное значение коррекции

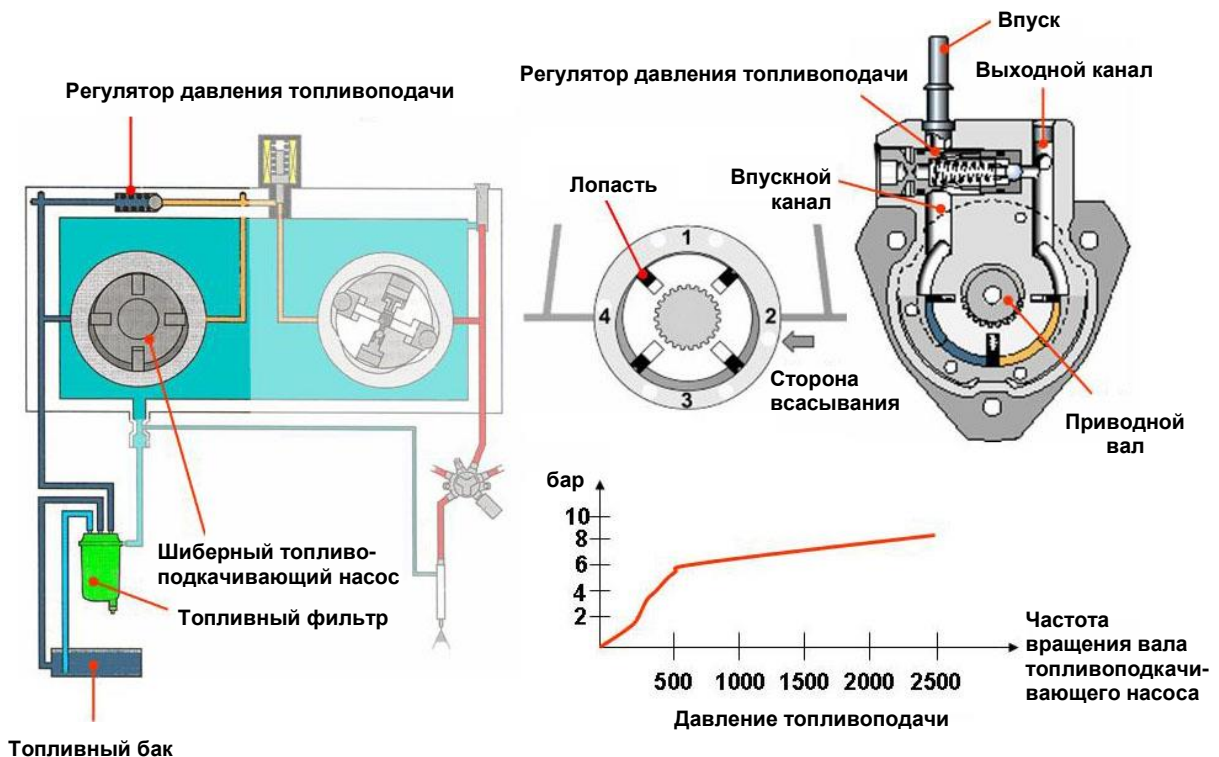
Величина положительной коррекции топливоподачи указывает на то, что в данный цилиндр (цилиндры) подается меньше топлива, чем в остальные.

Отрицательное значение коррекции

Величина отрицательной коррекции топливоподачи указывает на то, что в данный цилиндр (цилиндры) подается больше топлива, чем в остальные.

Большие значения коррекции топливоподачи означают, что одна или несколько форсунок неисправны.

Delphi CRDI, контуры низкого и высокого давления



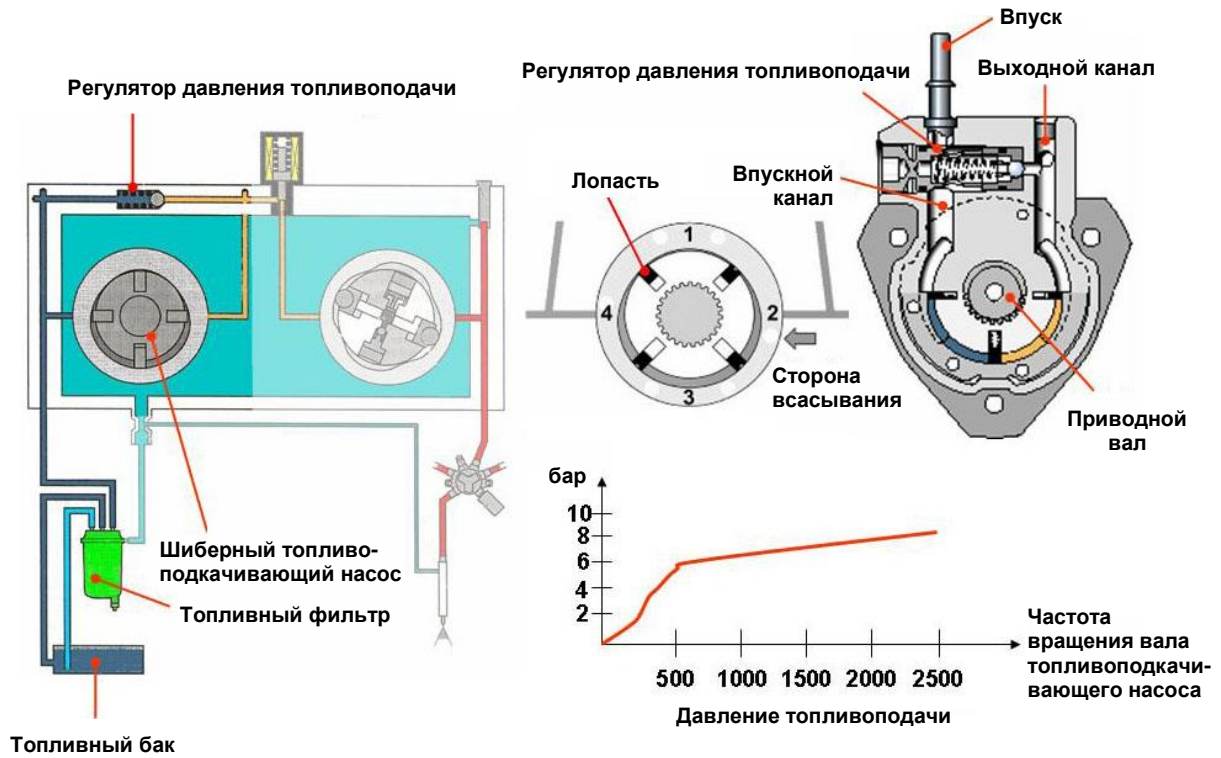
Контур низкого давления

Контур низкого давления обеспечивает ТНВД достаточным количеством топлива.

Шиберный топливоподкачивающий насос размещен в корпусе ТНВД. Шиберный насос объемного типа состоит из следующих компонентов:

1. Ротор, который приводится во вращение валом ТНВД.
2. Втулка с эксцентрической внутренней поверхностью закреплена на корпусе ТНВД.
3. Впускной канал.
4. Выходной канал.
5. Четыре лопасти расположены под углом 90° друг к другу, каждая из них прижимается к внутренней поверхности стенки корпуса насоса.

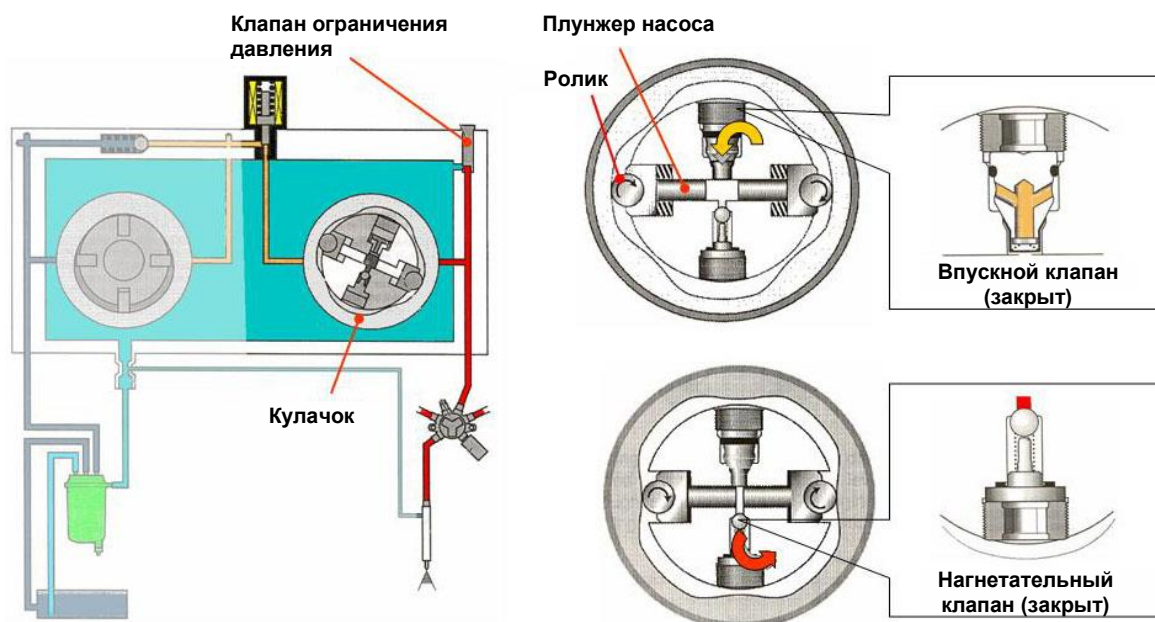
Таким образом, ротор, внутренняя поверхность насоса и две соседние лопасти образуют рабочую камеру. Когда камера перемещается в положение 1, ее объем минимален. Изменения объемов камер в процессе вращения ротора небольшие. При повороте ротора на четверть оборота по часовой стрелке камера переходит в положение 2 и соединяется с впускным каналом. Рабочий объем камеры быстро увеличивается. Давление в камере падает. В результате топливо заполняет камеру. Между тем, ротор продолжает поворачиваться. И теперь камера переходит в положение 3, в котором отсутствует ее соединение с входным и выпускным каналами. Объем камеры, который зависит от положения ротора, профиля внутренней поверхности насоса и двух лопастей, в этом положении становится максимальным. Изменения объемов камер в процессе вращения ротора небольшие. Между тем, ротор продолжает поворачиваться. И, наконец, камера занимает положение 4 и соединяется с выходным каналом.



Рабочий объем камеры быстро сокращается. Давление в камере резко увеличивается. В результате топливо выходит из камеры под давлением. Сжатое в топливоподкачивающем насосе топливо поступает через топливный фильтр к ТНВД. Подкачивающий насос приводится во вращение валом ТНВД, поэтому давление топливоподдачи растет с повышением частоты вращения вала двигателя.

Регулятор давления топливоподдачи

Регулятор позволяет поддерживать давление топливоподдачи в ТНВД практически неизменным (около 6 бар). В случае, если давление превышает 6 бар, сжатое топливо перемещает подпружиненный стальной шарик регулятора. Поэтому, как только давление топливоподдачи превышает номинальное значение регулятора, шариковый клапан открывается, и топливо возвращается обратно в секцию всасывания насоса.

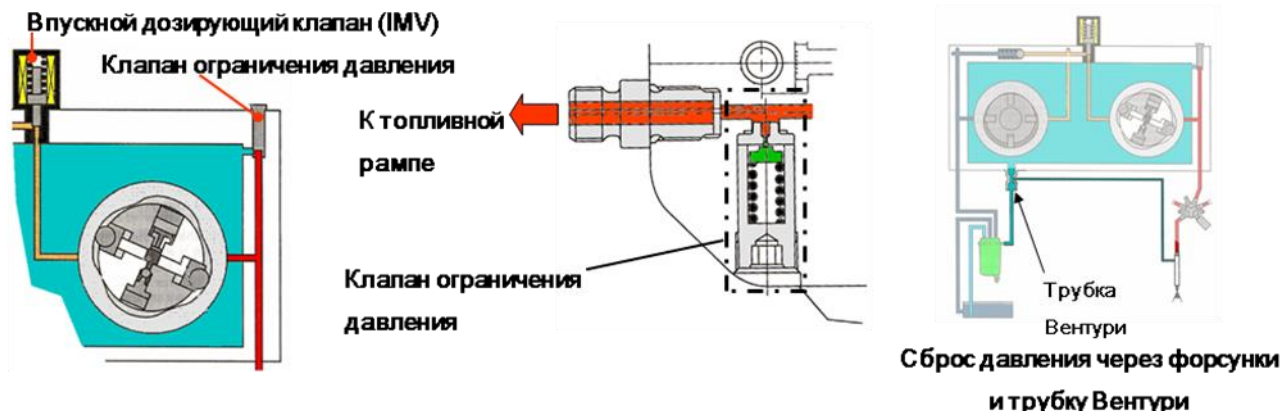


Контур высокого давления

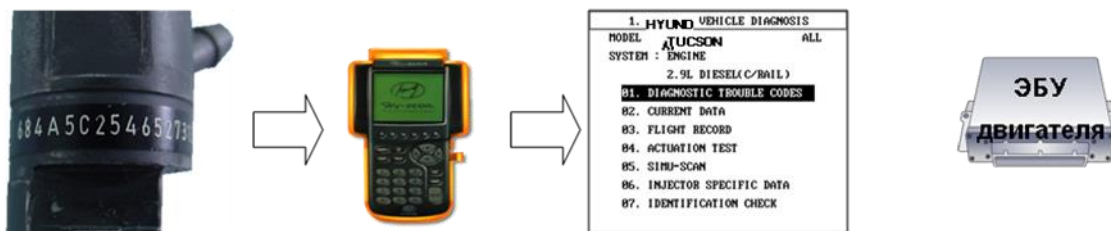
Помимо давления топливоподачи, которое создается в контуре низкого давления ТНВД, в его полости высокого давления происходит дозирование и распределение топлива. Работа ТНВД основана на принципе перемещения радиально расположенных нагнетательных плунжеров по кулачку. Рабочие камеры насоса расположены друг напротив друга, то есть под углом 180° . Такая конструкция снижает пиковые нагрузки в насосе и колебания давления в топливной рампе. Кулачковый профиль с четырьмя выступами имеет одинаковую с насосами распределительного типа конструкцию, но поскольку этот насос не определяет продолжительность впрыскивания топлива, его фаза нагнетания заметно увеличена, что приводит к значительному снижению шума и вибраций, а также уменьшению крутящего момента на валу ТНВД. Еще одним принципиальным отличием от ТНВД распределительного типа является то, что здесь вращается не ротор гидравлической головки, а кулачковый профиль с выступами. Именно поэтому в данном насосе не существует проблем с динамической стабилизацией давления, так как высокое давление создается в неподвижной части насоса. Во время фазы заполнения ролики упираются в кулачковые выступы под действием пружин, установленных с обеих сторон каждого толкателя (башмака). Под действием давления топливоподачи подкачивающего насоса впускной клапан открывается, и плунжеры расходятся. В результате камера между плунжерами заполняется топливом. Как только расположенные с противоположных сторон ролики находят на выступы кулачков, плунжеры начинают двигаться по направлению друг к другу. Давление топлива в камере между плунжерами резко нарастает. В тот момент, когда это давление становится выше давления топливоподачи, впускной клапан закрывается. Затем в момент превышения давления нагнетания в топливной рампе открывается выпускной клапан. В результате ТНВД нагнетает топливо в топливную рампу. Давление в рампе регулирует впускной дозирующий клапан (IMV), который управляет количеством топлива, поступающим в нагнетательную камеру ТНВД. Смазка и охлаждение ТНВД осуществляется циркулирующим в нем дизельным топливом.

Delphi CRDI, управление давлением топлива в рампе и калибровка форсунок

Delphi CRDI, управление давлением топлива в рампе



Форсунка

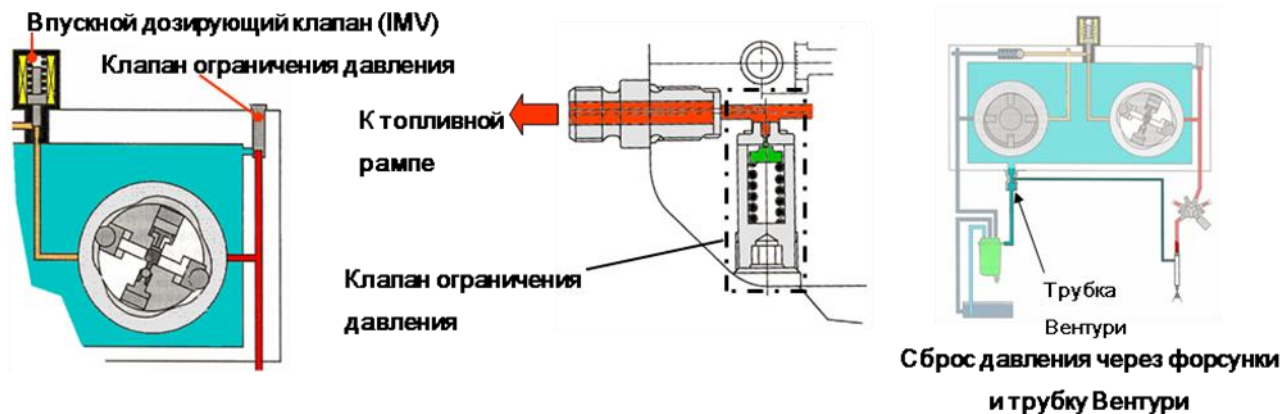


Впускной дозирующий клапан (IMV) управляет давлением в рампе, регулируя количество топлива, поступающего в нагнетательную секцию ТНВД. Клапан повышает эффективность работы системы впрыска, так как ТНВД сжимает только то количество топлива, которое необходимо для поддержания требуемого давления в топливной рампе в зависимости от режима работы двигателя. Благодаря дозирующему клапану снижается температура топлива в топливном баке. Впускной дозирующий клапан (IMV) установлен на гидравлической головке ТНВД. Топливо поступает к клапану от подкачивающего насоса через два симметрично расположенных отверстия. Стержневой фильтр установлен перед отверстиями топливоподдачи клапана. Такая конструкция защищает не только сам клапан, но и компоненты системы впрыска, расположенные за ним. Клапан IMV дозирует топливо, поступающее в ТНВД, таким образом, что фактическое давление, измеренное датчиком давления в рампе (RPS), соответствует требуемому значению по сигналам ЭБУ двигателя. Если напряжение на клапане отсутствует, он всегда открыт. Именно поэтому клапан не используется в качестве устройства останова двигателя.

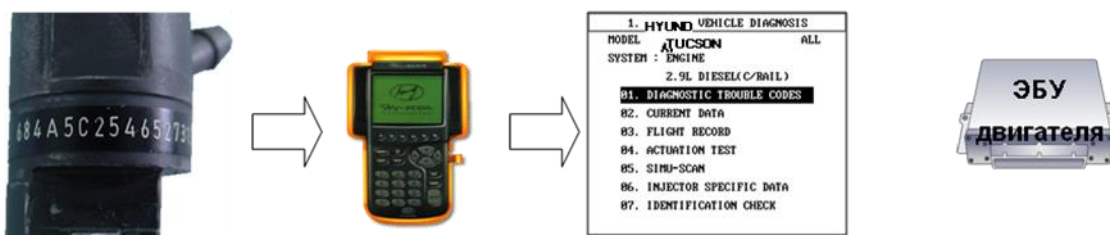
Клапан ограничения давления

Клапан ограничения давления включен в контур высокого давления. Он предотвращает возникновение высокого давления в том случае, если впускной дозирующий клапан будет заблокирован в открытом положении.

Derphi CRDI, управление давлением топлива в рампе



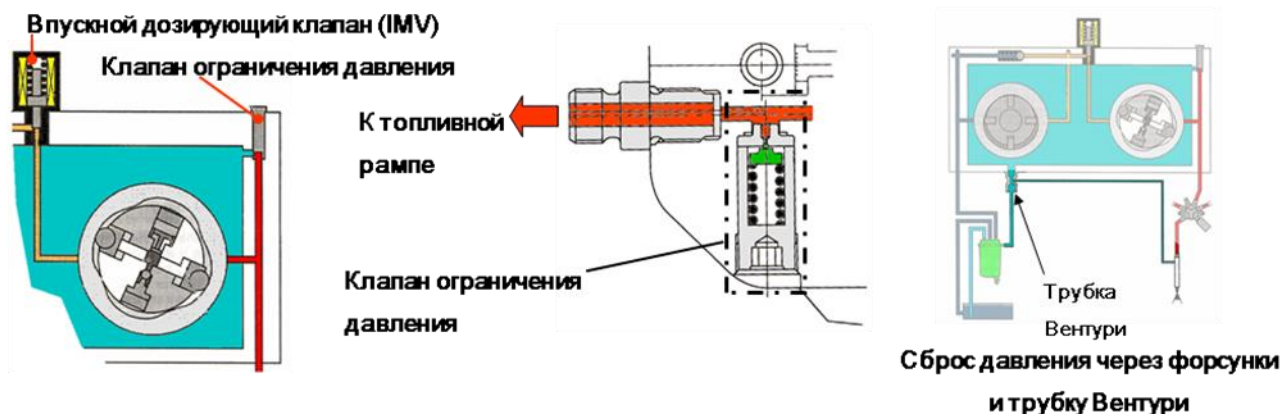
Форсунка



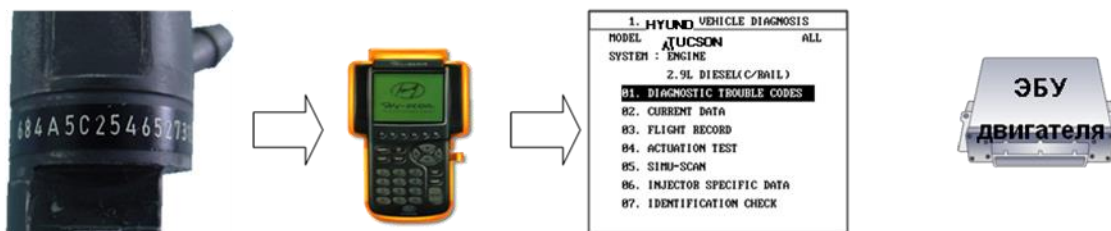
Сброс давления через форсунки и трубку Вентури

Когда необходимо, чтобы в рампе было снижено давление (например, при отпускании педали акселератора или из-за неисправности в системе), одного закрытия впускного дозирующего клапана (IMV) по сигналам ЭБУ двигателя недостаточно для быстрого падения давления. Поэтому для снижения давления в рампе используются форсунки и трубка Вентури. Топливо по линиям слива возвращается в топливный бак через трубку Вентури. Сброс давления из рампы связан с временем срабатывания форсунок. Фактически для сброса давления в контуре высокого давления таким образом, чтобы топливо одновременно не попадало в цилиндры двигателя, необходимо подать на форсунки управляющие сигналы, продолжительность которых была бы достаточной для открытия канала обратного слива, но недостаточной для подъема иглы и нежелательного впрыскивания топлива в камеры сгорания. Этот метод управления возможен лишь в том случае, если время срабатывания форсунки или, иначе говоря, время от момента подачи управляющего сигнала на электромагнитный клапан до момента подъема иглы, точно известно. Очевидно, что из-за разных индивидуальных характеристик форсунок и разной степени износа каждой форсунки время срабатывания у каждой форсунки будет свое. Поэтому необходимо точно знать первоначальные характеристики каждой форсунки и их разброс по цилиндрам.

Derphi CRDI, управление давлением топлива в рампе



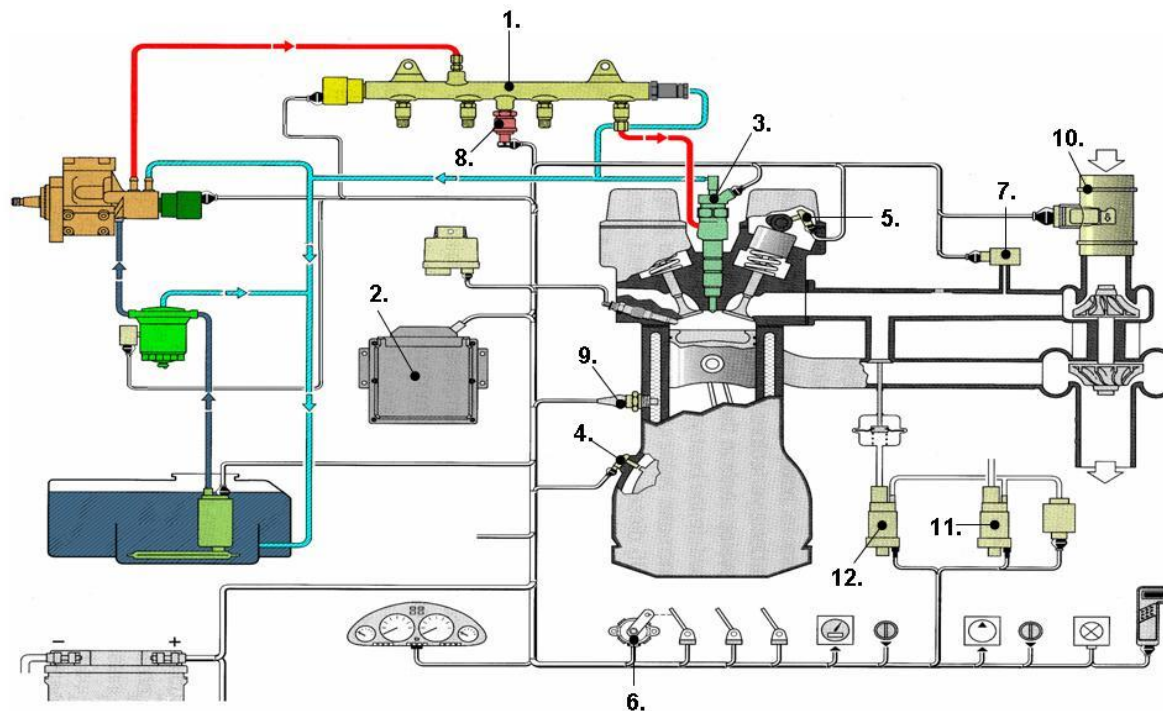
Форсунка



Калибровка форсунки

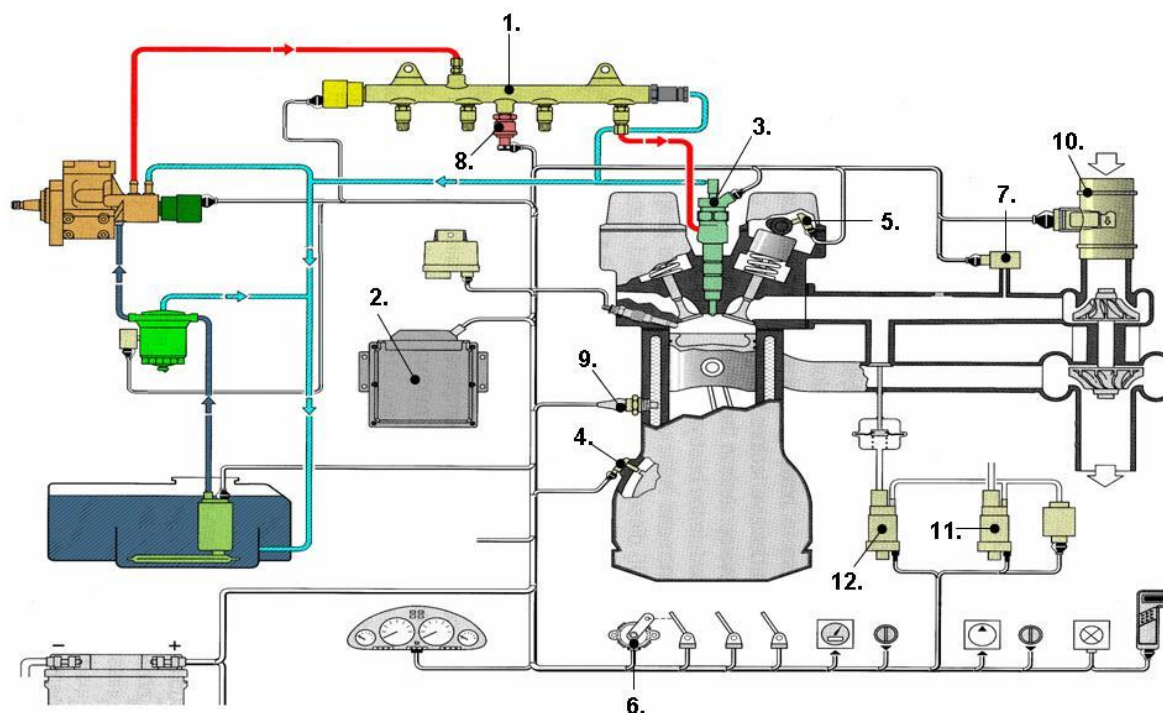
Все форсунки имеют серийные номера в зависимости от их индивидуальных характеристик. Номер представляет собой буквенно-цифровой код (для послепродажного обслуживания). После замены форсунки следует записать значение ее кода в память ЭБУ двигателя. При замене всех форсунок ВСЕ коды новых форсунок вносятся в память ЭБУ двигателя. Затем необходимо удалить из памяти записанные значения параметров, которые были накоплены системой в процессе работы. Поскольку система начинает работать с новыми компонентами, рекомендуется вернуться к первоначальным значениям этих параметров. Если меняется ЭБУ двигателя, следует занести значения ВСЕХ параметров и данных об автомобиле в новый блок управления для его корректной работы с момента первого запуска двигателя.

Основные входные и выходные сигналы



Действие системы впрыска аккумуляторного типа основано на том, что процессы создания высокого давления и впрыскивания топлива разделены. Топливо под давлением находится в рампе (1). Количество впрыскиваемого топлива зависит от положения педали акселератора, а момент начала и давление впрыскивания рассчитывается ЭБУ двигателя (2) по картограммам, хранящимся в его памяти. ЭБУ двигателя управляет включением электромагнитных клапанов форсунок (3). На каждом цилиндре установлено по одной форсунке. Система впрыска аккумуляторного типа также включает в себя:

- датчик положения коленчатого вала (СКР) (4);
- датчик положения распределительного вала (СМР) (5);
- датчик положения педали акселератора (АPS) (6);
- датчик давления наддува (7) (BPS, на автомобилях с турбонагнетателем с изменяемой геометрией);
- датчик давления в рампе (RPS) (8);
- датчик температуры охлаждающей жидкости (ECT) (9);
- датчик массового расхода воздуха (MAF) (10).



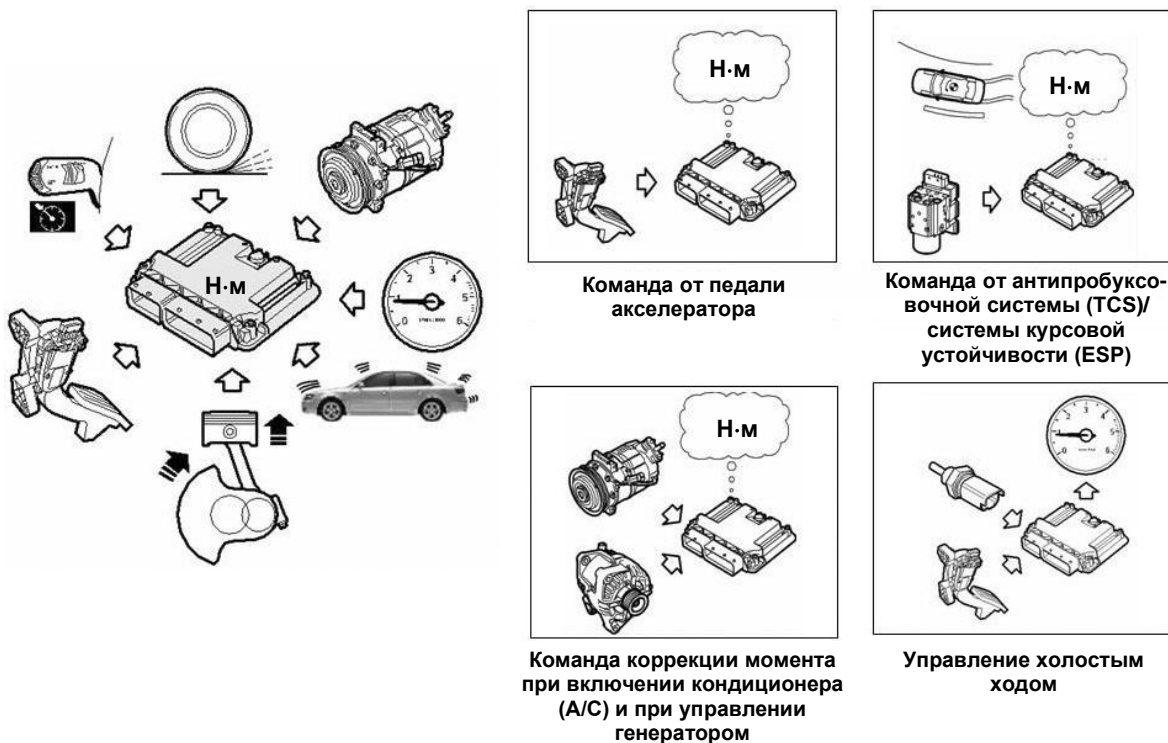
Блок управления двигателем (ЭБУ двигателя)

Электронное управления работой дизельного двигателя с топливной системой аккумуляторного типа состоит из трех основных блоков:

1. Активные и пассивные (генераторные) датчики для определения условий работы и расчета требуемых значений. Они преобразуют множество физических параметров в электрические сигналы.
2. ЭБУ двигателя, который генерирует выходные сигналы, обрабатывая данные путем проведения арифметических расчетов (алгоритмов управления).
3. Исполнительные механизмы, в которых электрические сигналы ЭБУ двигателя преобразуются в механические воздействия.

ЭБУ двигателя обрабатывает сигналы, которые он получает от внешних датчиков, и ограничивает их до необходимого уровня напряжения. Особая точность и быстрая реакция двигателя на изменения режима движения достигаются за счет высокой производительности и мощности микропроцессора. Микропроцессор ЭБУ двигателя с помощью выходных сигналов управляет выходными каскадами. Последние генерируют сигналы, мощность которых является достаточной для непосредственного управления исполнительными механизмами системы контроля давления в рампе. Кроме того, ЭБУ двигателя управляет исполнительными механизмами двигателя, например, электромагнитным клапаном системы EGR, клапаном регулирования давления наддува, топливным насосом и т. д. Он выполняет и такие вспомогательные функции, как управление реле вентилятора, реле включения радиатора с положительным температурным коэффициентом (PTC).

Управление крутящим моментом двигателя



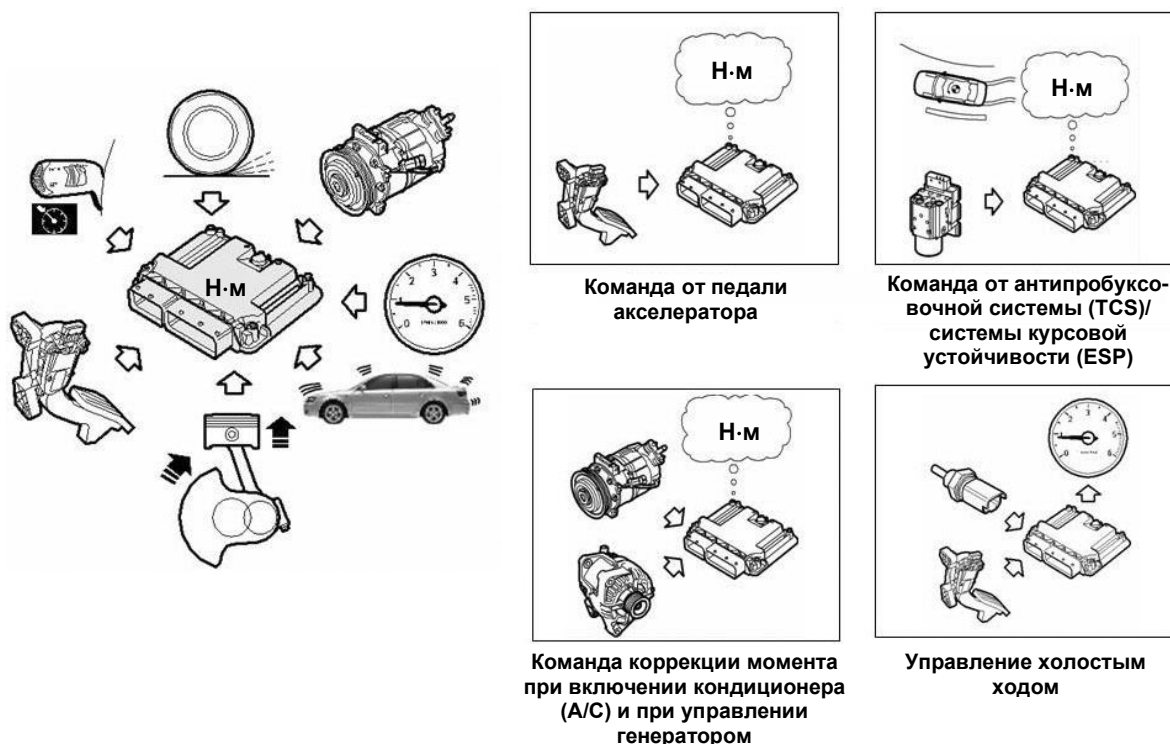
Управление моментом необходимо для обеспечения устойчивой работы двигателя. ЭБУ двигателя управляет крутящим моментом путем регулирования количества впрыскиваемого топлива.

Команда на регулирование крутящего момента может быть связана с выполнением следующих функций:

- команда от педали акселератора;
- работа круиз-контроля;
- работа антипробуксовочной системы (TCS)/системы курсовой устойчивости (ESP);
- включение кондиционера и управление генератором;
- холостой ход;
- активное демпфирование вибраций и рывков;
- компенсация потерь на внутреннее трение в двигателе.

Но не во всех случаях можно получить необходимый крутящий момент. Это связано с тем, что двигатель имеет определенный запас крутящего момента при заданной частоте вращения коленчатого вала или, например, потому, что антипробуксовочная система/система курсовой устойчивости уже направила команду на уменьшение крутящего момента. Ограничение крутящего момента может быть связано с выполнением следующих функций:

- переключение передач в АКП;
- работа механической коробки передач;
- срабатывание режима защиты двигателя;
- активное демпфирование вибраций и рывков;
- торможение;
- компенсация потерь на внутреннее трение в двигателе.



Данные системы совместно формируют команды на изменение крутящего момента. Это становится возможным сразу после запуска двигателя. При пуске двигателя тоже выдается команда на необходимый крутящий момент. Этот момент и его изменение при движении автомобиля обеспечиваются регулировкой величины подачи топлива. Далее рассматриваются функции, выполнение которых может привести к изменению крутящего момента двигателя.

Команда от педали акселератора

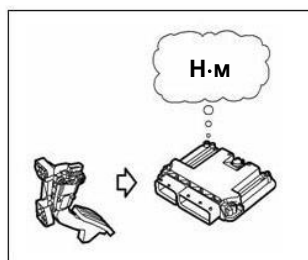
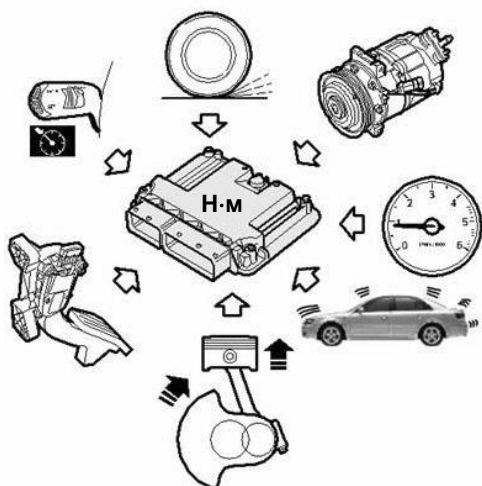
Положение педали акселератора и частота вращения двигателя задают значение требуемого момента, которое содержится в картограмме ЭБУ двигателя. Команда крутящего момента варьируется в пределах от 0 на холостом ходу до величины, несколько большей максимального значения для данного двигателя.

Команда от антипробуксовочной системы (TCS)/ системы курсовой устойчивости (ESP)

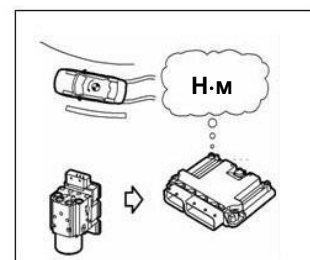
При пробуксовке колес антипробуксовочная система выдает команду на снижение крутящего момента двигателя для ее предотвращения. Аналогично система курсовой устойчивости выдает команду на снижение крутящего момента для предотвращения заноса автомобиля. В некоторых случаях эти системы выдают команды на повышение крутящего момента для предотвращения заноса.

Команда коррекции момента при включении кондиционера (A/C) и при управлении генератором

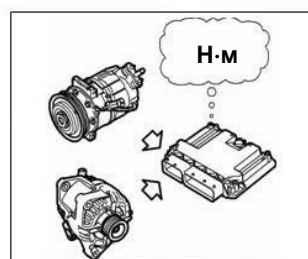
При работе кондиционера и генератора, которые создают дополнительную нагрузку на двигатель, его крутящий момент может быть увеличен для обеспечения равномерной работы и необходимой приемистости.



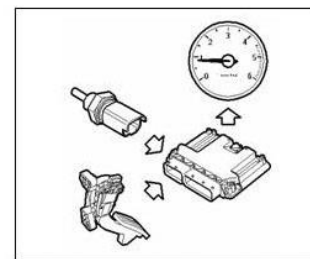
Команда от педали акселератора



Команда от антипробуксовочной системы (TCS)/ системы курсовой устойчивости (ESP)



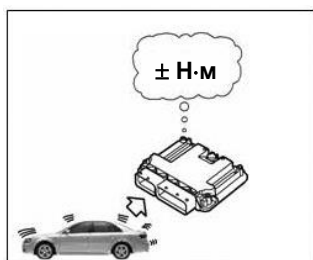
Команда коррекции момента при включении кондиционера (A/C) и при управлении генератором



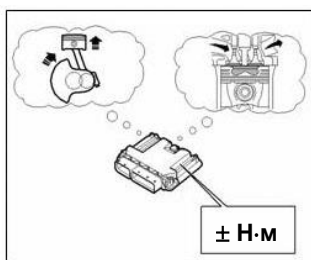
Управление холостым ходом

Управление холостым ходом

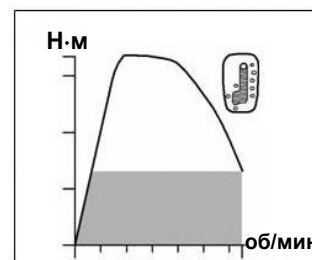
Холостой ход регулируется для поддержания баланса между крутящим моментом, создаваемым двигателем, и моментом, необходимым для его устойчивой работы и нормального функционирования всего дополнительного оборудования. При частоте вращения холостого хода выше номинальной выдается команда на добавление крутящего момента двигателя. Если в нем нет необходимости, номинальная частота вращения холостого хода вновь восстанавливается. Если частота вращения двигателя ниже номинального значения, возникает недостаток крутящего момента. Для его компенсации частота вращения холостого хода должна быть увеличена до номинального значения. Частота вращения холостого хода зависит от температуры охлаждающей жидкости двигателя. На холодном двигателе частота вращения холостого хода выше. Холостой ход регулируется при отпущенной педали акселератора.



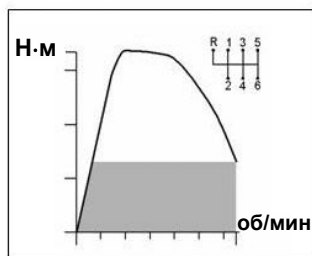
Активное демпфирование вибраций и рывков



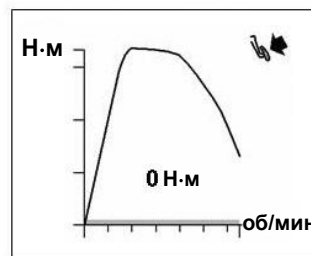
Компенсация потерь на внутреннее трение в двигателе



Ограничение момента, переключение передач в АКП



Ограничение момента, переключение передач в МКП



Ограничение момента, торможение

Активное демпфирование вибраций и рывков

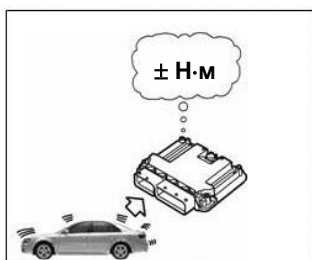
Появление вибраций и рывков возможно в момент разгона или торможения. Это связано с резким увеличением крутящего момента двигателя и эластичностью опор его крепления. Виброзащитная функция двигателя позволяет выявить неравномерность его работы и погасить колебания путем увеличения или снижения крутящего момента. Это снижает или устраняет вибрации от двигателя.

Компенсация потерь на внутреннее трение в двигателе

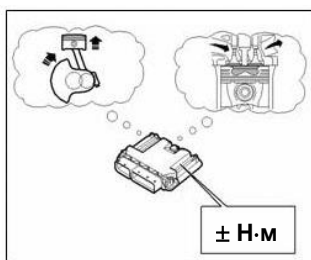
На вращение коленчатого вала двигателя расходуется определенный крутящий момент двигателя. Это обусловлено сопротивлением в узлах двигателя и трением в ТНВД. Для компенсации внутреннего трения необходим дополнительный крутящий момент. Для оценки затрачиваемого момента двигателя на преодоление внутреннего трения в основном используются следующие данные: температура охлаждающей жидкости двигателя, температура масла, частота вращения вала двигателя, падение давления отработавших газов при прохождении через каталитический сажевый фильтр (только на автомобилях, оснащенных каталитическим сажевым фильтром), расчетная величина массового расхода отработавшего газа.

Ограничение момента, переключение передач в АКП

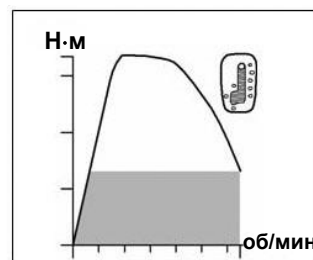
Крутящий момент двигателя необходимо ограничивать для обеспечения плавного переключения передач. В некоторых случаях момент ограничивают в целях безопасности и снижения износа. Функция управления крутящим моментом устанавливает максимально допустимый крутящий момент двигателя. В целях повышения комфорта и плавности движения автомобиля крутящий момент снижается при переключении передач. Но причинами снижения момента могут быть и другие, например, повышение надежности. Для того чтобы защитить автоматическую коробку передач в момент остановки автомобиля, посылается команда на максимальное увеличение крутящего момента двигателя.



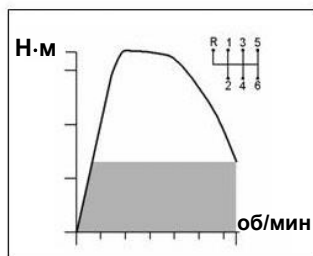
Активное демпфирование вибраций и рывков



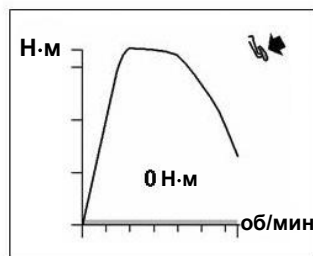
Компенсация потерь на внутреннее трение в двигателе



Ограничение момента, переключение передач в АКП



Ограничение момента, переключение передач в МКП



Ограничение момента, торможение

Ограничение момента, переключение передач в МКП

Крутящий момент двигателя снижается при включении передачи заднего хода.

Ограничение момента, торможение

Для повышения надежности двигателя максимально допустимый крутящий момент должен быть ограничен при нажатии на педаль тормоза.

Расчет продолжительности впрыска топлива



Необходимый крутящий момент двигателя достигается определенной продолжительностью впрыскивания топлива, моментом начала впрыскивания и давлением топлива в рампе. Прежде всего, необходимо преобразовать крутящий момент двигателя в вес топлива, необходимый для его получения.

Перевод значения крутящего момента в количество топлива

ЭБУ двигателя рассчитывает весовое количество топлива, требуемое для достижения крутящего момента, с использованием своих матриц и расчетных таблиц. Измеряя температуру топлива, ЭБУ двигателя вносит поправки в свои расчеты, так как плотность холодного топлива отличается от плотности нагретого. В результате вес топлива, впрыскиваемого в камеры сгорания двигателя, увеличивается или снижается. Затем вес топлива переводится в величины объема или количества. Эта величина, в свою очередь, трансформируется в функцию баланса по цилиндрам, который обеспечивается добавлением или сокращением топлива.

Баланс по цилиндрам

Основная цель функции баланса по цилиндрам состоит в выравнивании величины цикловой подачи топлива для повышения плавности работы двигателя и снижения его вибраций. Это достигается увеличением или сокращением объема впрыскиваемого топлива. На режиме холостого хода, когда объем впрыскиваемого топлива относительно небольшой, данный метод обеспечивает не только выравнивание количества топлива, подаваемого в каждый цилиндр, но и ликвидирует разницу в эффективности их работы. При частоте вращения вала выше оборотов холостого хода компенсация цикловой подачи приводит только к выравниванию эффективности работы всех цилиндров. Это достигается расчетом и изменением цикловой подачи отдельно по каждому цилиндру.



ЭБУ двигателя измеряет частоту вращения коленчатого вала после цикловой подачи в каждый цилиндр. Если она резко увеличивается, например, после впрыскивания топлива во второй цилиндр, цикловую подачу в этот цилиндр следует сократить. В момент сгорания топлива в следующем цилиндре расчет компенсации подачи для данного цилиндра компьютером уже проведен. Благодаря этой коррекции осуществляется выравнивание крутящего момента по всем цилиндрам. Суммарная величина цикловой подачи необходима для реализации функции по ограничению дымности отработавших газов.

Ограничение уровня дымности

Основная цель ограничения уровня дымности состоит в определении величины максимальной подачи топлива, которая может впрыскиваться без превышения определенного уровня дымности. Превышение уровня дымности возникает в условиях, когда массы поступающего в цилиндры воздуха не хватает для сгорания топлива без возникновения дымного выхлопа. По сигналам датчика массового расхода воздуха и датчика частоты вращения коленчатого вала рассчитывается максимально допустимая величина подачи топлива. Она представляет собой верхний предел регулирования. Если количество топлива, необходимое для получения заданного крутящего момента, превышает допустимые пределы дымности, оно автоматически снижается. В этом состоит принцип ограничения крутящего момента двигателя. Величина цикловой подачи необходима для реализации функции останова двигателя.

Функция останова двигателя

ЭБУ двигателя может отключить подачу топлива, что приводит к останову двигателя. Это происходит, если пропадает сигнал с контакта IGN (+15) или появляются серьезные ошибки в работе системы, требующие остановки двигателя. В нормальных условиях работы эта функция участвует в передаче данных для расчета момента начала впрыскивания топлива.



Длительность открытия форсунки, базовая длительность

Объем цикловой подачи в камеры сгорания рассчитывается по времени открытия форсунки, которое зависит от движения топлива через распылитель форсунки под действием дифференциального давления. Давление в рампе измеряется датчиком давления. Открытие форсунки может быть обусловлено реализацией схемы предварительного впрыска и регенерации сажевого фильтра.

Предварительный впрыск топлива

Для снижения уровня шума двигателя, так называемой детонации, при низких температурах реализуется функция предварительного впрыскивания топлива. Это означает, что небольшая порция топлива впрыскивается заранее, то есть до начала основного впрыска в цилиндр. Следует обратить внимание на то, что возможно применение не только одного, но и двух предварительных впрыскиваний. Это зависит от типа двигателя и модели автомобиля. Предварительный впрыск осуществляется при температуре охлаждающей жидкости двигателя ниже +60°C. Он отключается на высоких оборотах коленчатого вала. Стуки в дизельном двигателе усиливаются в тот момент, когда топливо сгорает очень быстро. Промежуток времени между впрыском топлива в камеру сгорания и его воспламенением называется задержкой воспламенения. В принципе, необходимо, чтобы задержка воспламенения была как можно меньше. Она, в основном, зависит от цетанового числа дизельного топлива, температуры в цилиндрах двигателя и от качества распыла топлива. Длительная задержка воспламенения топлива означает, что большая его часть попадет в цилиндр еще до начала процесса воспламенения. Это приводит к резкому подъему давления в цилиндре двигателя, в результате которого возникают шум и жесткость работы двигателя. Топливо с высоким цетановым числом воспламеняется довольно быстро. Высокие температуры в камере сгорания также сокращают период задержки воспламенения. Качественный распыл топлива достигается установкой соответствующих распылителей и обеспечивается высоким давлением топлива.



Во время работы холодного двигателя теплота в основном уходит через стенки цилиндров. Это приводит к снижению температуры воздуха в камере сгорания в конце такта сжатия. Появляется длительная задержка воспламенения и характерный «дизельный стук». Впрыскивание и сгорание небольшой предварительной порции топлива приводит к разогреву камеры сгорания. Поэтому основная часть топлива сгорает достаточно быстро. Это приводит к снижению шума двигателя. В системах Delphi CRDI применяется акселерометр (датчик детонации), по сигналам которого определяется момент предварительного впрыскивания топлива.

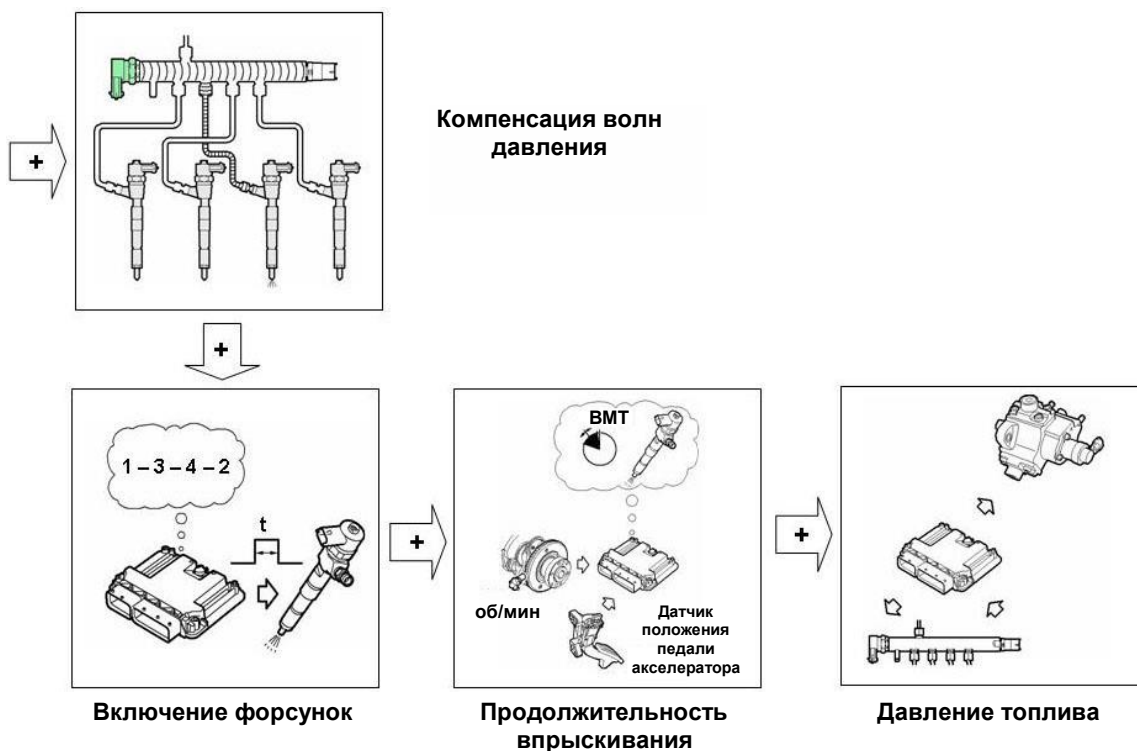
Регенерация сажевого фильтра

Для регенерации сажевого фильтра необходимо, чтобы его внутренняя температура была не меньше 550°C . В этом случае начнется реакция дожигания частиц сажи. При положении коленчатого вала примерно 160 градусов после ВМТ в цилиндры впрыскивается небольшое количество топлива. Впрыскивание осуществляется с большим опозданием (поршень в этот момент находится около нижней мертвой точки, выпускной клапан открыт), поэтому это топливо не увеличивает крутящего момента двигателя. Но температура отработавших газов существенно не увеличится, если его просто обогащать углеводородами. Температура отработавших газов повышается в результате реакции окисления в каталитическом нейтрализаторе, установленном перед сажевым фильтром. Пройдя каталитический нейтрализатор, размещенный в корпусе сажевого фильтра, горячие отработавшие газы еще больше разогреваются, и их температура повышается. Теперь газы способны дожигать сажу в фильтре. Более подробная информация приведена в третьей части учебного материала.



Компенсация задержки впрыскивания

Компенсация необходима, поскольку она учитывает задержку во времени между включением выходных каскадов в ЭБУ двигателя, началом открытия форсунки и моментом впрыскивания топлива. Эта задержка зависит от системы управления дизельным двигателем.



Компенсация волн давления

В момент открытия форсунки в соединяющих их топливопроводах возникают волны давления. ЭБУ двигателя должен компенсировать негативные последствия этого явления, результатом которого является неправильное количество впрыскиваемого топлива. Эта компенсация для каждого цилиндра индивидуальна. В расчет принимается давление и температура топлива.

Включение форсунок

ЭБУ двигателя включает форсунку в строго определенный момент и удерживает ее в открытом состоянии в течение рассчитанного им времени впрыскивания.

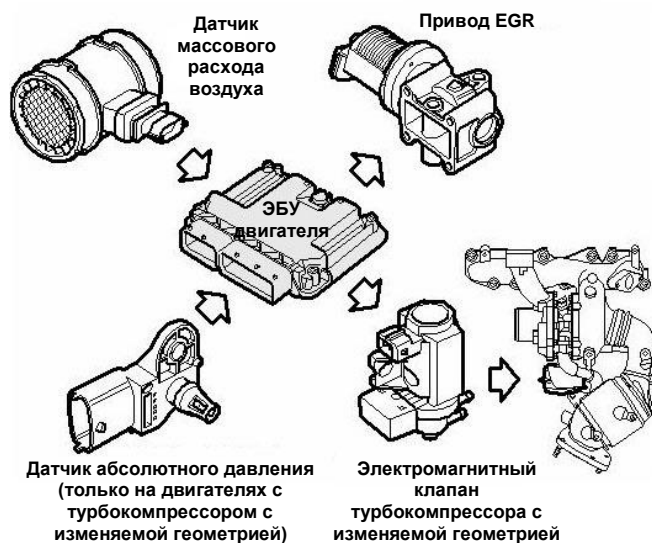
Продолжительность впрыскивания

Продолжительность впрыскивания меняется в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки на двигатель. Основной целью регулирования продолжительности впрыска является получение определенной характеристики повышения давления в камере сгорания. Продолжительность впрыскивания определяют по углу поворота коленчатого вала, и ее не нужно путать с моментом начала впрыскивания.

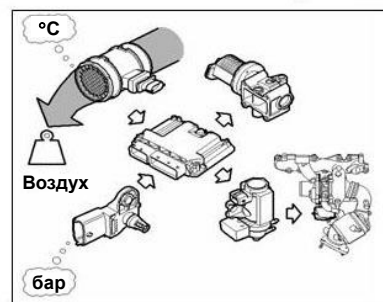
Давление топлива

Давление топлива изменяется в пределах 400-1600 бар в зависимости от системы и условий работы двигателя. Это давление в зависимости от системы регулируется одним или двумя клапанами регулирования давления. ЭБУ двигателя контролирует давление в рампе на соответствие требуемому значению с помощью датчика давления топлива, установленного на рампе.

Расчет требуемого количества воздуха



Расчет требуемого количества воздуха



Расчет требуемого количества воздуха

Функция регулирования количества воздуха состоит в том, чтобы определить цикловую подачу воздушного заряда на разных режимах работы двигателя. В целом она зависит от заданного количества впрыскиваемого топлива и частоты вращения коленчатого вала.

Расчет требуемого количества воздуха

Когда цикловой заряд воздуха, необходимый для сгорания заданной порции топлива, подсчитан, ЭБУ двигателя регулирует его поступление в цилиндры двигателя двумя способами. С помощью турбонаддува (только на автомобилях с турбокомпрессором с изменяемой геометрией) или с помощью системы EGR. Турбонаддув увеличивает количество поступающего в двигатель воздуха. Более высокое давление впускного воздуха приводит к увеличению его плотности и массы. Система EGR оказывает противоположное влияние: часть воздуха вытесняется отработавшими газами. ЭБУ двигателя непрерывно измеряет количество воздуха с использованием датчика массового расхода. Затем эта величина преобразуется в цикловой заряд и сравнивается с требуемым значением. При расхождении двух величин ЭБУ двигателя производит коррекцию, управляя турбонаддувом или регулируя процесс рециркуляции отработавших газов. Значение массы впускного воздуха, полученное от датчика, корректируется с учетом инерции движения воздуха во впускной системе, то есть через воздушные патрубки и промежуточный охладитель.

Регулирование наддува (только на двигателях с турбокомпрессором с изменяемой геометрией)

Цикловой заряд воздуха достигается регулированием давления наддува. ЭБУ двигателя рассчитывает желаемое давление наддува, необходимое для получения заданного циклового заряда воздуха. Эта величина определяется по следующим данным: частота вращения коленчатого вала, количество впрыскиваемого топлива, наиболее часто используемые значения давления наддува.

Управление работой свечей накаливания



Прежде всего, свечи накаливания осуществляют предварительный прогрев камер сгорания для быстрого и надежного пуска двигателя в условиях низких температур. Свечи накаливания могут также работать во время регенерации сажевого фильтра. Свечи накаливания выполняют пять различных функций:

- предварительный подогрев;
- предпусковой подогрев;
- пусковой подогрев;
- послепусковой подогрев;
- промежуточный подогрев.

Предварительный подогрев

Предварительный подогрев начинается в момент включения зажигания (ключ зажигания в положение «включено»). Продолжительность подогрева зависит от температуры охлаждающей жидкости двигателя. Если двигатель прогрет, это время равно нулю.



Предпусковой подогрев

Сразу после завершения предварительного подогрева начинается фаза предпускового подогрева. Предпусковой подогрев необходим для того, чтобы свечи оставались в нагретом состоянии до момента пуска двигателя. Предпусковой подогрев отключается через определенный промежуток времени. Если двигатель заводится, предпусковой подогрев сменяется пусковым.

Пусковой подогрев

Пусковой подогрев начинается при прокручивании коленчатого вала двигателя стартером, если температура охлаждающей жидкости низкая. После запуска двигателя пусковой подогрев выключается, начинается фаза послепускового подогрева.

Послепусковой подогрев

Послепусковой подогрев начинается сразу после пуска двигателя. Он необходим для предотвращения пропусков воспламенения и обеспечивает более плавную и ровную работу двигателя в тот момент, когда камеры сгорания еще недостаточно прогреты для надежного воспламенения топлива. Послепусковой прогрев отключается через определенный период времени, продолжительность которого зависит от температуры охлаждающей жидкости двигателя. Он также отключается, если частота вращения коленчатого вала или цикловая подача топлива превышают определенный уровень. В том случае, если частота вращения коленчатого вала или цикловая подача топлива вновь снижаются до определенного значения, послепусковой подогрев опять включается и работает на протяжении периода времени, продолжительность которого зависит от температуры охлаждающей жидкости двигателя.



Промежуточный подогрев

Для предотвращения охлаждения камер сгорания двигателя при низкой цикловой подаче топлива или во время торможения двигателем (цикловая подача топлива = 0) включается промежуточный подогрев. Благодаря ему снижается сизое дымление в момент разгона. Промежуточный подогрев может работать в тот момент, когда начинается процесс регенерации сажевого фильтра, и в условиях движения, когда двигатель ненагружен. Высокая мощность свечей накаливания нагружает генератор, который отбирает больше мощности от двигателя. ЭБУ двигателя реагирует на увеличенную потребность в крутящем моменте путем увеличения цикловой подачи топлива. В результате повышается температура отработавших газов и увеличивается скорость их движения через сажевый фильтр. Промежуточный прогрев не отключается в процессе регенерации, даже если двигатель сильно нагружен.

Отключение промежуточного подогрева

Промежуточный подогрев не включается, когда нагрузка на двигатель достаточно высокая.

Меры предосторожности

- Топливная система находится под очень высоким давлением (1600 бар).
- Запрещается выполнять работы с топливной системой, когда двигатель работает, а также в течение 30 секунд после его выключения.
- Всегда необходимо соблюдать меры предосторожности.
- Во время работы соблюдайте чистоту.
- Запрещается разбирать форсунки.
- Запрещается откручивать трубопроводы высокого давления во время работы двигателя (например, для поиска цилиндра с пропусками воспламенения).
- Следует внимательно прочитать заводскую инструкцию, прежде чем приступить к ремонту топливной системы аккумуляторного типа.



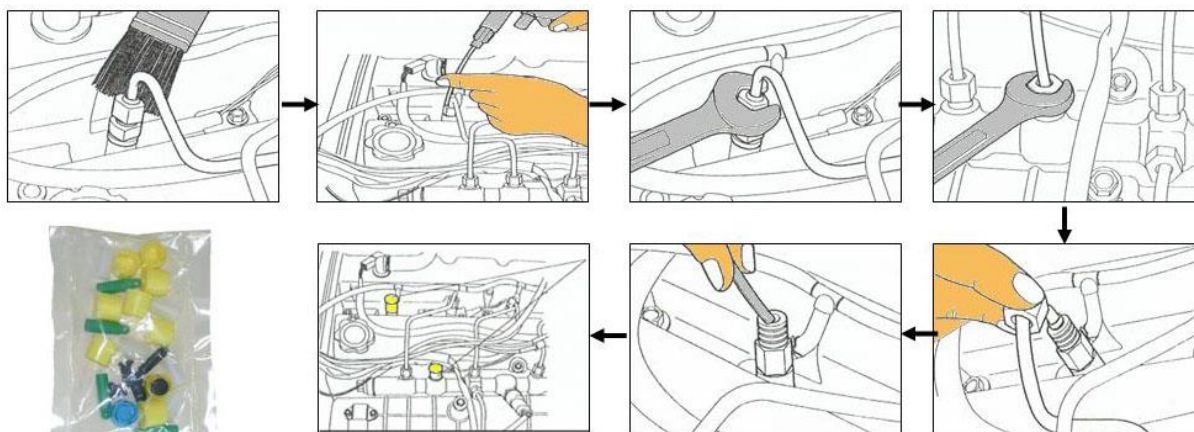
- Категорически запрещается курить или есть во время работы с топливной системой аккумуляторного типа.
- Обязательно отключите аккумуляторную батарею перед выполнением любых работ с топливной системой аккумуляторного типа.
- Категорически запрещается выполнять работы с топливной системой аккумуляторного типа при работающем двигателе.
- Необходимо проверить показания давления в топливной рампе и температуры масла при работающем двигателе.
- Необходимо проверить показания давления в топливной рампе и температуры масла с помощью диагностического прибора перед выполнением любых работ с топливной системой. Открывать контур топливной системы можно только при условии, если температура масла ниже 50°C (122°F) и отсутствует давление в рампе (близко к нулевому значению). Если связь с диагностическим прибором отсутствует, необходимо подождать 5 минут после остановки двигателя, прежде чем приступить к любым работам с топливной системой.
- Категорически запрещается подключать приводные механизмы напрямую к внешнему источнику питания.
- Запрещается разбирать форсунки (в топливных системах аккумуляторного типа).
- Запрещается снимать датчик высокого давления с рампы. Если датчик неисправен, рампа меняется с ним в сборе.
- Запрещается снимать впускной дозирующий клапан, датчик температуры топлива и трубку Вентури с ТНВД. Если какой-либо из перечисленных компонентов неисправен, ТНВД заменяется целиком.

- Топливная система находится под очень высоким давлением (1600 бар).
- Запрещается выполнять работы с топливной системой, когда двигатель работает, а также в течение 30 секунд после его выключения.
- Всегда необходимо соблюдать меры предосторожности.
- Во время работы соблюдайте чистоту.
- Запрещается разбирать форсунки.
- Запрещается откручивать трубопроводы высокого давления во время работы двигателя (например, для поиска цилиндра с пропусками воспламенения).
- Следует внимательно прочитать заводскую инструкцию, прежде чем приступить к ремонту топливной системы аккумуляторного типа.



- Запрещается повторно использовать трубки высокого давления: снятые трубки должны быть заменены новыми.
- Категорически запрещается проводить очистку форсунок ультразвуком.
- Запрещается подключать к массе корпус ЭБУ двигателя!
- При проведении сварочных работ (при кузовном ремонте), ЭБУ двигателя необходимо снять с автомобиля.
- При работах с открытым контуром топливной системы строго запрещается использовать вентилятор или щетку, так как это может привести к попаданию посторонних частиц в систему.
- При разборке топливной системы все отверстия необходимо сразу закрыть подходящими заглушками.
- Пакеты с запасными частями необходимо открывать только перед их установкой. Кроме того, заглушки снимаются непосредственно перед соединением деталей.

Снятие форсунок (на примере системы CRDI)



Пример: комплект заглушек Delphi



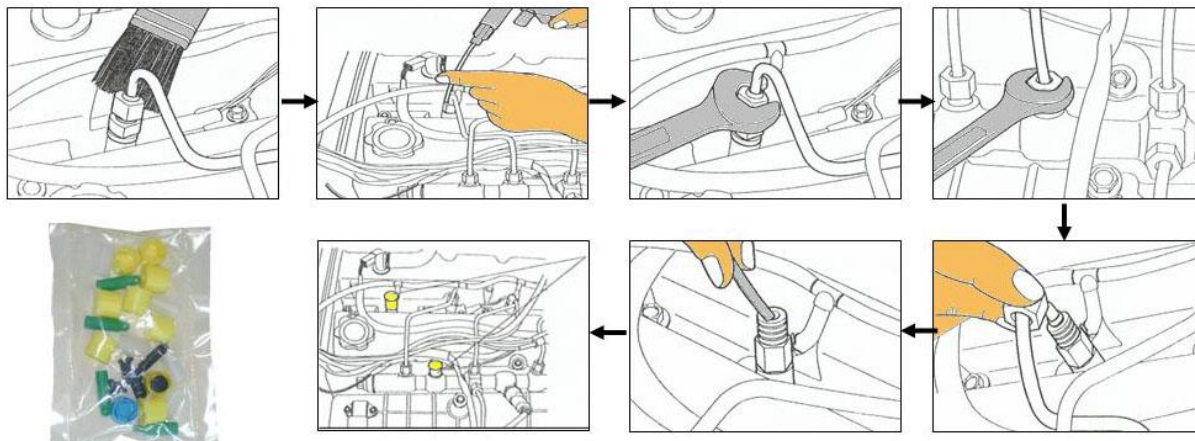
Специальный инструмент
Съемник форсунок для топливной системы аккумуляторного типа
* Съемник форсунок
Специальный инструмент № 09351 4A300

1. Очистить накидные гайки трубок высокого давления очистителем типа CARCLEAN с помощью щетки.
2. Собрать мелкие частицы с помощью пылесоса типа «BLOVAC BV11».
3. Отсоединить разъем форсунки с помощью специальных клещей, немного надавив на боковые защелки разъема.
4. Ослабить накидную гайку на форсунке с помощью рожкового ключа.
5. Ослабить накидную гайку на рампе с помощью рожкового ключа.

* Примечание

Важно так установить ключ, чтобы он плотно прилегал к торцевой поверхности гайки. В этом случае нагрузка прикладывается к самой твердой стороне гайки. В противном случае существует риск ее повреждения или деформации.

6. Сдвинуть накидную гайку вдоль трубки, удерживая конец трубки во внутреннем кольце форсунки. Собрать мелкие частицы и пыль в месте контакта трубки и форсунки с помощью пылесоса.
7. Выполнить аналогичную операцию со стороны рампы.
8. Снять трубку и собрать пыль из внутреннего кольца форсунки при помощи пылесоса.



Пример: комплект заглушек Delphi



Специальный инструмент
Съемник форсунок для
топливной системы
аккумуляторного типа
* Съемник форсунок
Специальный инструмент
№ 09351 4A300

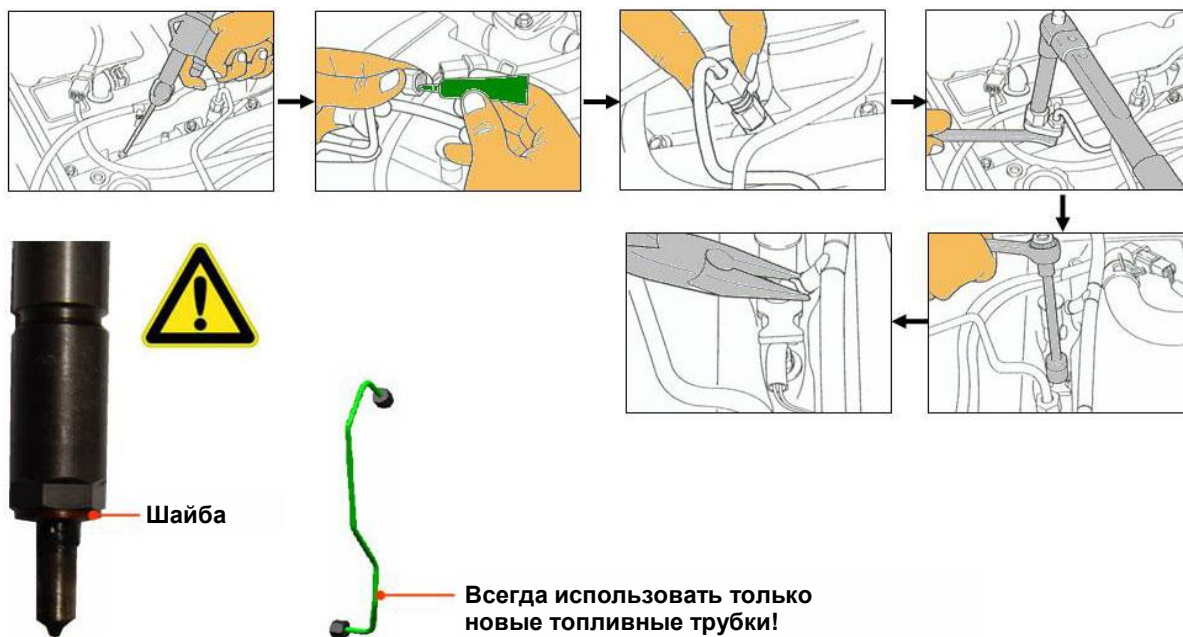
9. Выполнить аналогичную операцию со стороны рампы.

10. Закрыть отверстия с помощью заглушек из рекомендованного комплекта.

В некоторых случаях требуется специальный инструмент для снятия форсунок топливной системы аккумуляторного типа.

Более подробная информация приведена в заводской инструкции.

Установка форсунок (на примере системы CRDI)



1. Установить новую теплоизолирующую шайбу на корпус форсунки.
Предупреждение: запрещается установка использованных теплоизолирующих шайб!
2. Вставить форсунку в головку блока цилиндров.
3. Установить форсунку до упора во фланец.
4. Достать новую топливную трубку непосредственно перед ее установкой.
Предупреждение: в топливных системах аккумуляторного типа категорически запрещается повторно устанавливать использованные топливные трубки.
5. Снять заглушки с обеих сторон трубки.
6. Перед установкой трубки смазать резьбовую часть накидных гаек смазкой из комплекта запасных частей.
7. Извлечь заглушки из отверстий в рампе и форсунке.
8. Вставить конец трубки в отверстие форсунки и в отверстие рампы. Затянуть накидные гайки от руки.
9. Закрепить форсунки, затянув гайки с требуемым моментом.
10. Затянуть накидную гайку на форсунке с требуемым моментом, приложив обратное усилие к форсунке с помощью специального инструмента. Примечание: прежде чем затянуть гайки следует убедиться, что разъем находится на одной оси с форсункой.
11. Затянуть накидную гайку на рампе с требуемым моментом.
12. Подсоединить возвратную трубку к форсунке. Подключить разъем форсунки.
13. Установить другие топливные трубки, соблюдая тот же порядок действий.