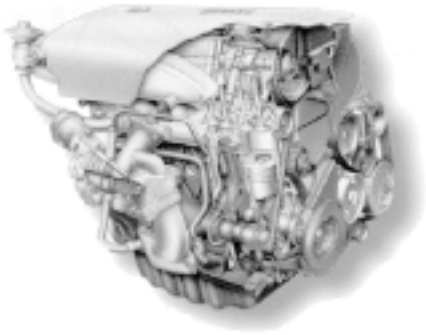
1. Введение

На рынке новых легковых автомобилей доля моделей с дизельным двигателем постоянно увеличивается. Существует несколько причин возрастания популярности дизельных двигателей.

– Во многих странах налог на дизельное топливо все еще намного ниже, чем на бензин;
– Дизельные двигатели имеют более высокий КПД по сравнению с бензиновыми двигателями, а это приводит к снижению расхода топлива;
– За последнее время была значительно повышена мощность дизельных двигателей и улучшены показатели их работы в режиме разгона. Это привело к тому, что некоторые производители предлагают сегодня автомобили спортивного типа с кузовом кабриолет, оснащенные дизельными двигателями, что трудно было себе представить всего несколько лет назад!

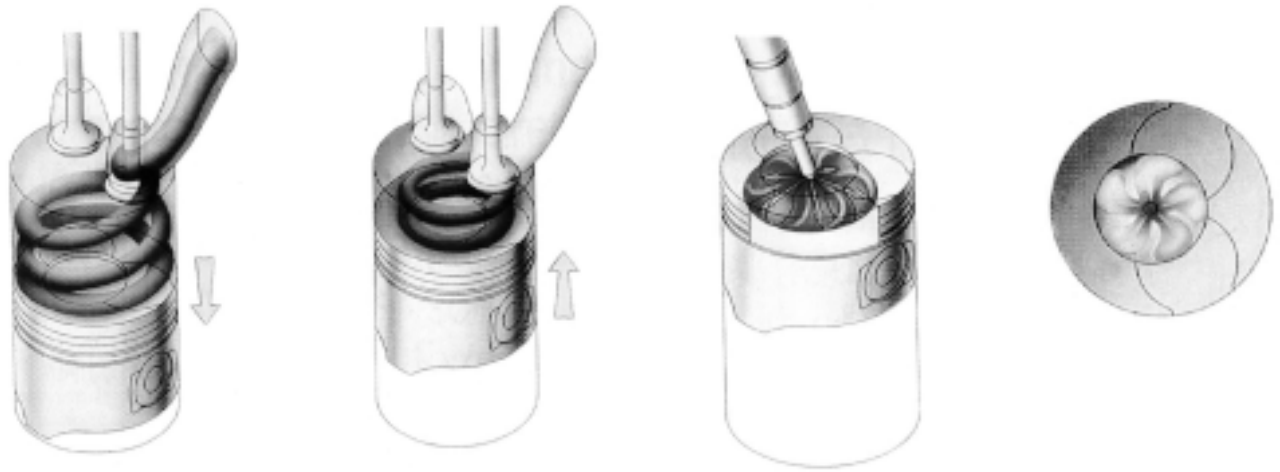


2. Основные принципы работы

В бензиновом двигателе рабочая смесь в камере сгорания воспламеняется с помощью системы зажигания в заданный момент, тогда как в дизельном двигателе происходит самовоспламенение топлива после его впрыскивания в камеру сгорания. Чтобы это произошло, должно выполняться несколько условий.

- Температура воздуха с процессе впрыскивания должна быть около 600°C (минимум 400°). Такая температура достигается путем сжатия воздуха, поступающего в двигатель.
- Дизельное топливо должно впрыскиваться под большим давлением (от 130 до 1000 бар и даже больше) с целью получения струи, состоящей из мелко распыленных капель, что позволяет осуществить эффективное сгорание максимально возможного количества топлива.

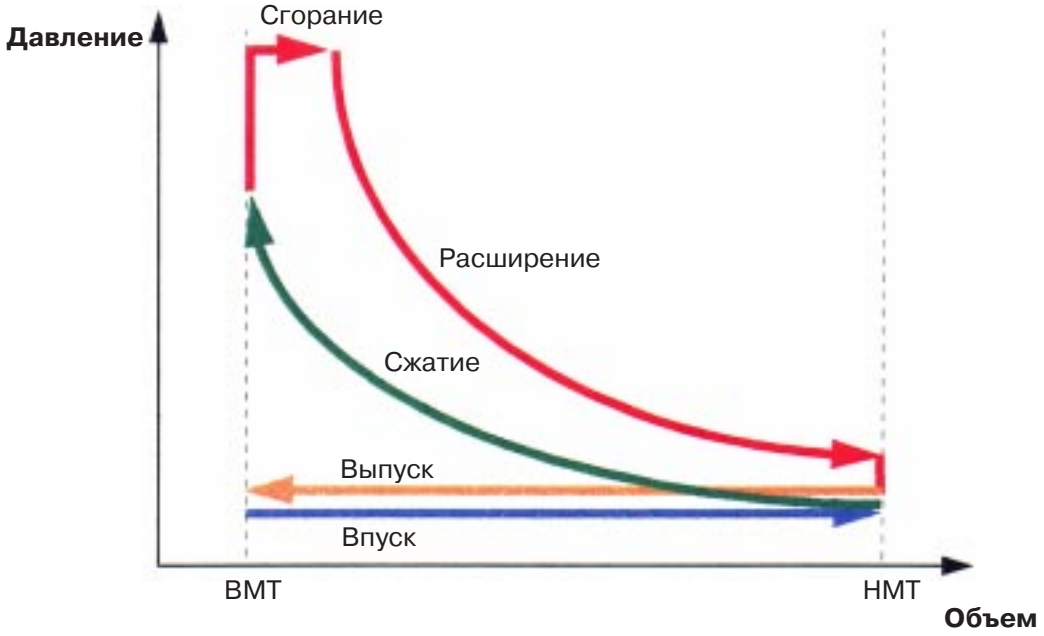
Пример: двигатель F9Qt



Впуск воздуха Сжатие Впрыскивание топлива

2.1. Смешанный цикл

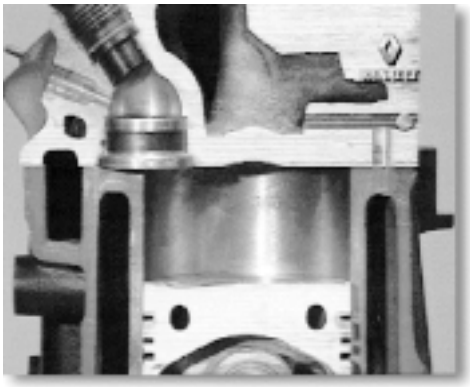
В быстроходных дизельных двигателях сгорание происходит в две стадии: первая - при постоянном объеме, вторая - при постоянном давлении (цикл Сабатэ).



2.2. Двигатели с неразделенными и разделенными камерами сгорания

Существует два основных типа дизельных двигателей.

- В двигателях с неразделенными камерами сгорания (с непосредственным впрыском) топливо впрыскивается непосредственно в камеру сгорания, которая обычно выполняется в поршне. Форсунки на двигателях такого типа имеют закрытые многоструйные распылители, что требует высокого давления впрыскивания для получения хорошего распыливания топлива.



- В двигателях с разделенными камерами сгорания топливо впрыскивается в предварительную камеру, которая может быть трех видов:
  - предкамера;
  - вихревая камера (типа Рикардо, используемая на двигателях Рено);
  - дополнительная камера.

Выбор производителем двигателя с неразделенной или разделенной камерой сгорания зависит от типа транспортного средства. Основные характеристики обоих вариантов двигателей перечислены в приводимой ниже таблице.

Неразделенная камера сгорания	**Разделенная камера сгорания**
Меньший расход топлива.	Больший расход топлива.
Повышенный шум при малой частоте вращения.	Меньший уровень шума.
Высокое давление впрыскивания.	Простые методы снижения токсичности.
Проблемы по снижению токсичности (NOx).	Необходимость предпускового подогрева.
Необходимость использования турбокомпрессора (для повышения мощности).	

2.3. Температура воздуха на впуске

Воздух, поступающий в двигатель, должен сжиматься до такой степени, чтобы его температура повысилась до величины, при которой происходит самовоспламенение топлива. Эта температура зависит от трех основных факторов.

– ***Давление конца сжатия***. Давление конца сжатия должно составлять как минимум 20 бар, и различия в давлениях между цилиндрами не должны превышать 4 бара. Типичные значения степени сжатия составляют 15 для двигателей с неразделенной камерой сгорания и 22 для двигателей с разделенной камерой сгорания.

– ***Температура воздуха на впуске***. При определенных режимах работы может потребоваться подогрев впускаемого воздуха или элементов впускной системы (предпусковой или последующий подогрев).

– ***Поверхность теплообмена*** между камерой сгорания и газом в цилиндре. (Здесь еще раз можно отметить, что двигатели с неразделенной камерой сгорания требуют более низких степеней сжатия.)

3. Сравнение бензиновых и дизельных двигателей

		ДИЗЕЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ	БЕНЗИНОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ
	ТАКТ ВПУСКА	Только воздух	Топливовоздушная смесь
	Давление	0,95 от атмосферного (или подаваемого турбокомпрессором), т.к. отсутствует дроссельная заслонка	Может снижаться до 0,35 от атмосферного (или подаваемого турбокомпрессором) в зависимости от положения дроссельной заслонки
	Отношение массы топлива к массе воздуха	1 : 14,88	1 : 15,1
	ТАКТ СЖАТИЯ		
	Степень сжатия (V+v/v)	От 15 (с неразделенной камерой) до 22 (с разделенной камерой)	От 8 до 10
	Давление в конце сжатия	От 35 до 40 бар	От 8 до 12 бар
	ТАКТ СГОРАНИЯ		
	Воспламенение	За счет самовоспламенения	За счет подачи искры в заданный момент
	Максимальное давление сгорания	От 50 до 90 бар	От 35 до 50 бар
	Максимальная температура сгорания	От 800 до 2000°C	От 2000 до 2500°C
	ТАКТ ВЫПУСКА		
	Токсичные компоненты	NOx (на холостом ходу и малых нагрузках); CO, CH, твердые частицы (на высоких нагрузках)	CO, CH (при богатой смеси); NOx (при бедной смеси и на высоких нагрузках)
	Температура отработавших газов	От 450 до 600°C	От 600 до 700°C
	ТОПЛИВО	Дизельное (цетан $C_{16}H_{34}$) Цетановое число характеризует способность топлива к самовоспламенению. Дизельное топливо обладает смазывающими свойствами.	Бензин (октан C_8H_{18}) Октановое число характеризует стойкость топлива к детонации.
	МАКСИМАЛЬНАЯ ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ	Тихоходные < 1500 мин$^{-1}$ Быстроходные ≅ 5000 мин$^{-1}$	От 5000 до 8000 мин$^{-1}$

4. Управление работой топливной системы дизеля

4.1. Изменение подачи топлива

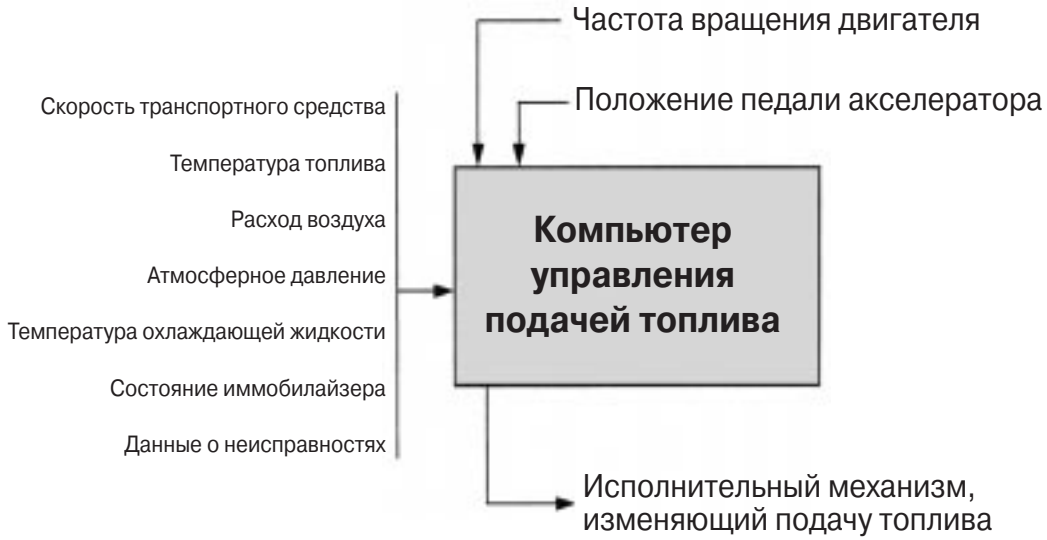
4.1.1. Обзор

Частота вращения двигателя и ***положение педали акселератора*** – два основных параметра, используемых для определения величины цикловой подачи топлива, хотя может быть и более точное регулирование, если учитывать различные дополнительные параметры. Чтобы точнее управлять количеством подаваемого топлива, компьютер управления топливной системой учитывает следующие параметры:

– ***Скорость транспортного средства***	Используя эту информацию, компьютер может определить текущую включенную передачу и подобрать цикловую подачу топлива, чтобы оптимизировать показатели двигателя.
– ***Температура топлива***	Эта информация используется для расчета плотности топлива.
– ***Расход воздуха***	Расход топлива изменяется в зависимости от расхода воздуха.
– ***Атмосферное давление***	Эти данные дают возможность компьютеру корректировать цикловую подачу топлива в зависимости от высоты над уровнем моря.
– ***Температура охлаждающей жидкости***	Эти данные используются для расчета увеличения цикловой подачи топлива при запуске двигателя.
– ***Состояние иммобилайзера***	Компьютер перекрывает подачу топлива, если обнаруживает, что включен иммобилайзер двигателя.
– ***Информация о неисправностях***	Эта информация используется для остановки двигателя с целью предотвращения возможных поломок

Требование потребителями высоких технических характеристик автомобиля и жесткие законодательные нормы по снижению токсичности делают необходимым применение точного электронного управления. Традиционные механические системы управления больше не в состоянии решать эти задачи.

4.1.2. Блок-схема



4.2. Управление углом опережения впрыскивания

4.2.1. Обзор

Топливо должно впрыскиваться с некоторым опережением, чтобы компенсировать две задержки, вызванные разными причинами:

- задержку впрыскивания – постоянную задержку, обусловленную временем, необходимым для перемещения топлива от насоса к форсунке;
- задержку воспламенения – переменную задержку, обусловленную временем, необходимым для самовоспламенения топлива.

  Сгорание имеет три фазы.

  - **Окисление**. Капли топлива окисляются при контакте с атмосферным кислородом и образуют пероксиды.
  - **Разрушение пероксидов**. Химический процесс, происходящий при разрушении пероксидов, является причиной характерного стука при работе дизельного двигателя.
  - **Крекинг**. Химический процесс крекинга происходит в конце сгорания капель топлива.

Чтобы компенсировать указанные выше задержки, топливный насос начинает впрыскивание до того, как поршень дойдет до верхней мертвой точки (ВМТ).

4.2.2. Блок-схема

Частота вращения двигателя – это основной параметр, используемый для определения угла опережения впрыскивания, потому что если задать неизменным продолжительность периода задержки в секундах, то при изменении частоты вращения двигателя угол поворота коленчатого вала, соответствующий этому периоду, будет меняться. В зависимости от типа транспортного средства компьютер может использовать различные дополнительные входные параметры, часть которых перечислена ниже.

– ***Положение педали акселератора*** — Коррекция по нагрузке двигателя будет зависеть от типа топливного насоса. В роторных насосах, используемых на двигателях Рено, оптимальный угол опережения впрыскивания меняется “естественным образом” при изменении степени нажатия на педаль акселератора, и его необходимо корректировать для минимизации содержания токсичных компонентов в отработавших газах и шума двигателя.

– ***Температура охлаждающей жидкости*** — Этот параметр позволяет компьютеру компенсировать увеличение задержки воспламенения на непрогретом двигателе.

– ***Температура воздуха*** — Температура воздуха непосредственно влияет на температуру конца сжатия и, таким образом, влияет на задержку воспламенения.

– ***Атмосферное давление*** — При снижении давления на впуске падает и давление конца сжатия. Это приводит к снижению температуры конца сжатия и, таким образом, увеличивает задержку воспламенения.

– ***Скорость транспортного средства*** — Используя эту информацию, компьютер может определить текущую включенную передачу и подобрать величину угла опережения впрыскивания, чтобы оптимизировать показатели двигателя и сделать вождение наиболее комфортным.

– ***Подъем иглы форсунки*** — Если применяется электронное управление углом опережения впрыскивания, компьютер может следить за действительным углом опережения впрыскивания путем определения интервала времени между моментом, когда поршень находится в ВМТ, и сигналом о начале подъема иглы, получаемым от форсунки. Если действительный угол опережения впрыскивания отличается от теоретического, определяемого заложенным в память алгоритмом, компьютер, соответственно, корректирует сигнал, управляющий исполнительным механизмом.

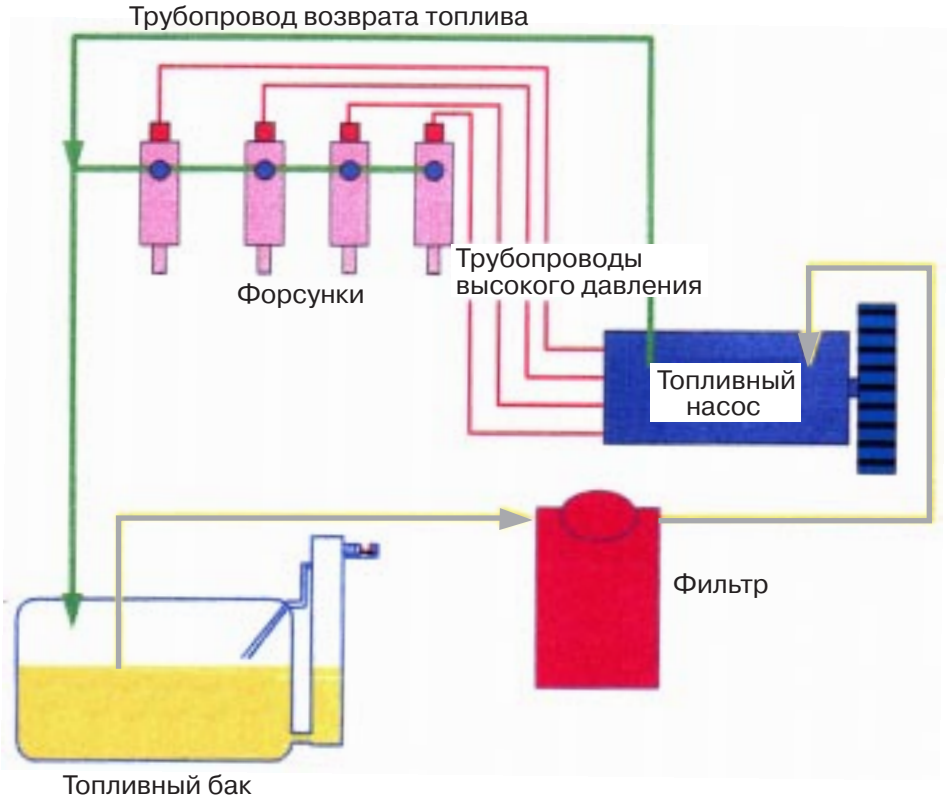
5. Топливная система

5.1. Обзор

Поскольку в топливной аппаратуре дизельных двигателей используются детали, изготовленные с высокой точностью, дизельное топливо должно проходить через фильтр тонкой очистки, способный улавливать частицы размером от 2 до 3 микрон.

- Дизельное топливо всасывается из бака топливоподкачивающим насосом, размещенным в корпусе топливного насоса высокого давления.
- Поскольку в данном контуре существует отрицательное давление (разрежение), это означает, что любая негерметичность приведет к подсосу воздуха и создаст воздушные пробки, препятствующие нормальному поступлению топлива.

5.2. Схема системы



5.3. Проверки и поиск неисправностей

Операции по проверкам и поиску неисправностей требуют знания величины перепада давления в топливной системе, которую можно определить путем измерения давлений на входе и выходе из топливного фильтра.

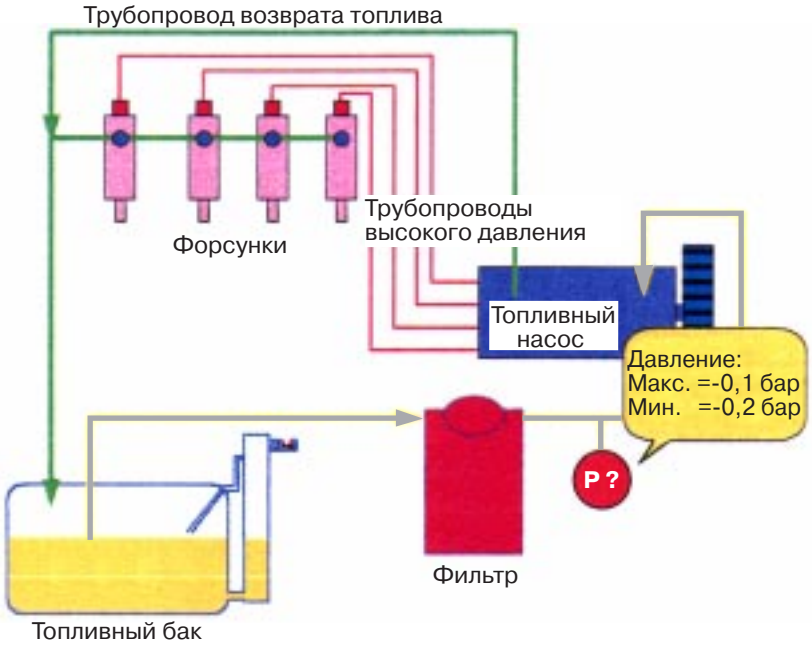
Для получения наибольшей точности эти измерения должны проводиться при максимальном расходе топлива в системе, т.е. при работе двигателя с номинальной частотой вращения.
ДАННАЯ ОПЕРАЦИЯ ТРЕБУЕТ ОСОБЫХ МЕР ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ!

5.3.1. Давление на выходе из фильтра

Предпочтительно начать с измерения давления на выходе из фильтра, потому что если оно соответствует норме, это означает, что весь контур в целом исправен.

Если разрежение здесь слишком высоко, необходимо проверить возвратный поток из топливного насоса. Неправильная регулировка возвратного потока топлива из насоса приводит к увеличению расхода в контуре и потере давления.

Если возвратный поток из насоса находится в норме, то необходимо измерить давление на входе в фильтр, чтобы исключить влияние этого элемента.



Если разрежение на выходе из фильтра слишком низкое (или равно нулю), необходимо проверить утечки (они легко видны в прозрачном трубопроводе), а затем проверить топливоподкачивающий насос и систему регулирования давления.

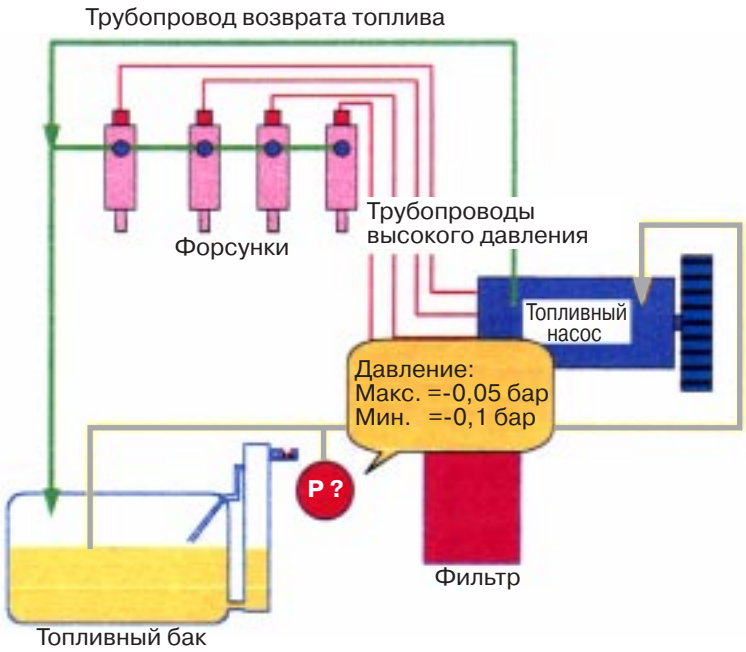
5.3.2. Давление на входе в фильтр

Перепад давления на фильтре не должен превышать 0,15 бар. Большой перепад давления свидетельствует о засорении фильтра.

Если разрежение в контуре слишком высоко, но при этом перепад давления на фильтре соответствует норме, необходимо проверить наличие следующих неисправностей на участке контура до фильтра:

1 - засорение трубопровода перед фильтром;

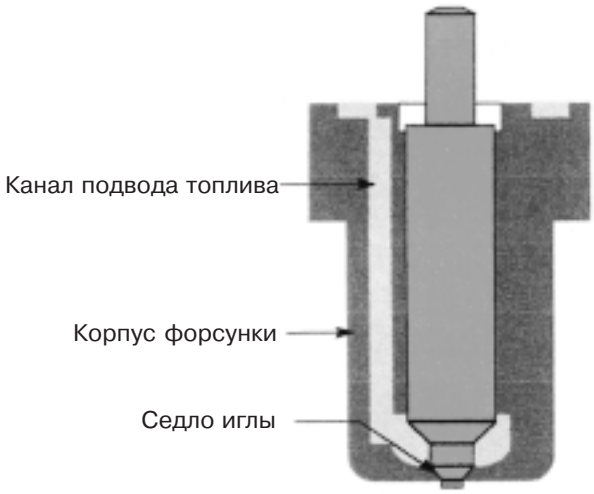
2 - неисправность системы вентиляции топливного бака.



6. Форсунки

6.1. Обзор

Форсунка является одним из самых важных элементов топливной системы дизеля, поскольку характеристики и регулировки форсунки непосредственно определяют качество процесса впрыскивания и, таким образом, качество сгорания. Форсунка также играет решающую роль в формировании характеристики скорости впрыскивания, т.е. количества топлива, впрыскиваемого в единицу времени.

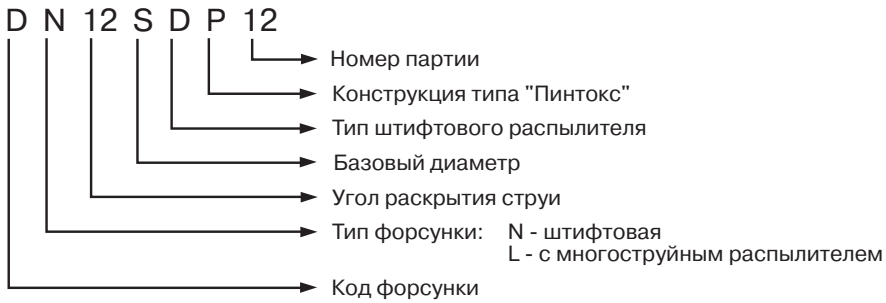


6.2. Идентификационные данные форсунки

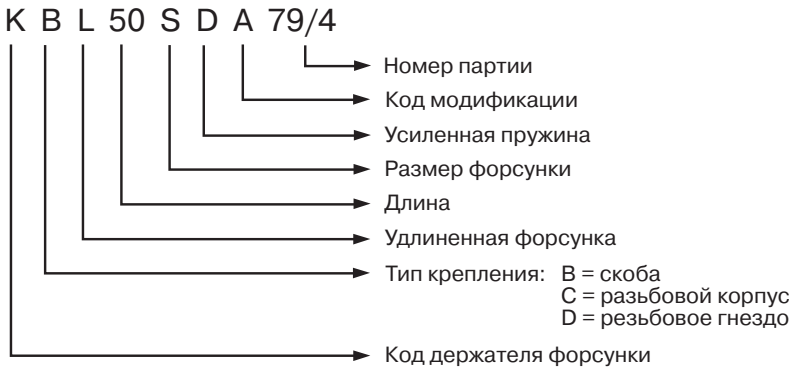
Необходимо различать коды форсунки и держателя форсунки. Два основных поставщика компании РЕНО (фирмы Bosch и Lukas) применяют одинаковую идентификацию своих форсунок.

Пример: идентификационные коды фирмы Bosch

Форсунка

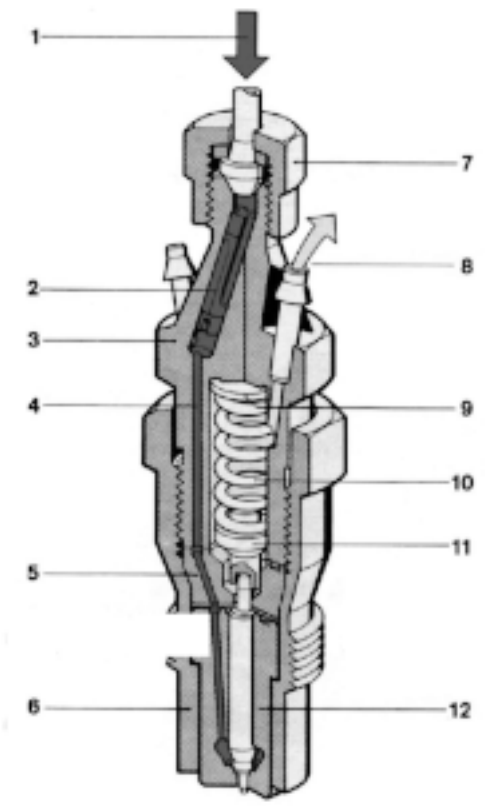


Держатель форсунки



6.3. Штифтовые форсунки с постоянной и переменной формой струи

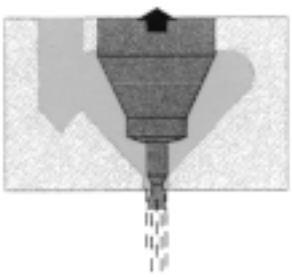
Штифтовая форсунка и держатель форсунки



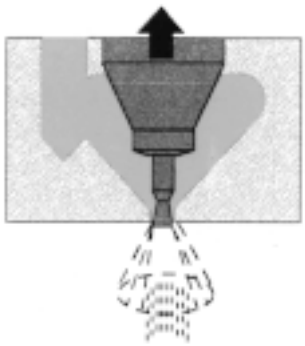
В двигателях с разделенной камерой сгорания используются штифтовые форсунки с постоянной или переменной формой струи. Форсунка с переменной формой струи имеет штифт, на конце которого выполнены два конуса: прямой и обратный. В результате сначала впрыскивается предварительная струя, а затем – основная струя.

1 Подвод топлива
2 Щелевой фильтр
3 Корпус
4 Подводящий канал
5 Проставка
6 Гайка крепления распылителя
7 Гайка крепления трубопровода высокого давления
8 Канал для отвода утечек
9 Регулировочные шайбы
10 Пружина
11 Нажимной шток
12 Игла

Предварительная струя



Основная струя



6.4. Форсунки с многоструйными распылителями

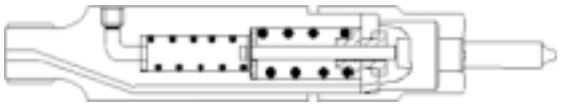
6.4.1. Форсунка с одностадийным впрыскиванием

На двигателях с камерой сгорания в поршне используются форсунки с многоструйным распылителем, имеющим несколько отверстий очень маленького диаметра, которые обеспечивают тонкое распыливание топлива, однако требуют больших давлений впрыскивания. Число и расположение сопловых отверстий распылителя зависит от особенностей двигателя.

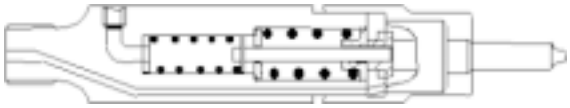
6.4.2. Форсунка с двухстадийным впрыскиванием

Форсунка с двухстадийным впрыскиванием увеличивает общую продолжительность процесса впрыскивания путем впрыскивания начальной порции топлива под давлением около 200 бар, а затем - остальной порции, когда давление достигает 450 бар.

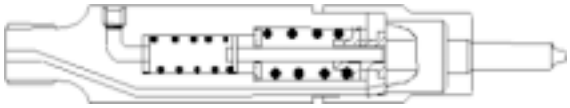
Нет впрыскивания



Первая стадия



Вторая стадия



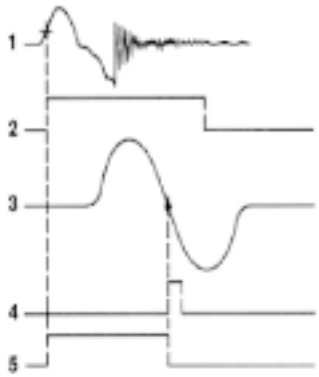
Это делает сгорание более мягким, что, в свою очередь, снижает уровень шума.

Можно использовать специальный калибровочный насос для проверки давления, при котором происходит первая стадия впрыскивания, однако обычные мастерские по обслуживанию и ремонту топливной аппаратуры не имеют необходимого оборудования для проверки давления, при котором начинается вторая стадия. Все работы по ремонту и регулировке таких форсунок должны проводиться в специальном Центре топливной аппаратуры РЕНО.

6.5. Форсунки с датчиком подъема иглы

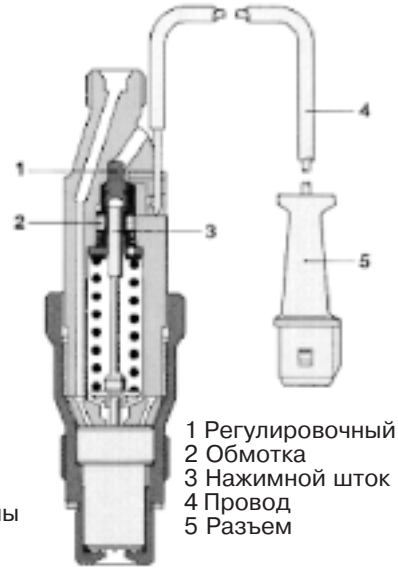
Форсунки с датчиком подъема иглы имеют индуктивный датчик, который выдает на выходе сигнал “подъем иглы”, позволяющий компьютеру сравнивать действительный угол опережения впрыскивания с заданным углом. В зависимости от типа двигателя, этот датчик может получать или не получать питания.

Калибровка датчика может быть проверена в обычной ремонтной мастерской, однако регулировки должны выполняться в Центре топливной аппаратуры РЕНО.



Сигналы датчика
1 Исходный сигнал от датчика подъема иглы
2 Обработанный сигнал от датчика подъема иглы
3 Исходный сигнал от датчика угла поворота коленчатого вала
4 Обработанный сигнал от датчика угла поворота коленчатого вала
5 Сигнал начала впрыскивания, привязанный к эталонному сигналу.

Форсунка и держатель форсунки со встроенным датчиком подъема иглы.



1 Регулировочный винт
2 Обмотка
3 Нажимной шток
4 Провод
5 Разъем

6.6. Проверка, регулировка и поиск неисправностей

Проверки форсунок производятся с помощью калибровочного насоса. Всего существует пять видов проверок, и все они должны выполняться с обязательным использованием жидкости Inject Elf ED.

– **Давление начала подъема иглы**. Если давление начала подъема иглы неправильно, то выполнять остальные проверки не имеет смысла. В зависимости от типа двигателя, давление начала подъема иглы регулируется поворотом гайки или добавлением/удалением прокладок (изменение давления от 10 до 12 бар на 0,1 мм толщины прокладки).

Форсунка исправна

Форсунка неисправна

– **Форма струи.** При проверке формы струи топлива следует учитывать характеристики форсунки, относящиеся к углу раскрытия струи. Капли топлива должны быть равномерно распределены в струе, не должно быть области повышенной концентрации капель.

– **Внешнее уплотнение**. Создайте в форсунке давление чуть ниже давления начала подъема иглы и поддерживайте его в течение нескольких секунд. Убедитесь в отсутствии утечек топлива в корпусе и распылителе форсунки.

– **Внутреннее уплотнение**. Проверьте внутреннее уплотнение, измерив время, требуемое для снижения давления от 100 до 50 бар. Оно должно составлять около шести секунд (перед началом проверки убедитесь, что калибровочный насос находится в исправном состоянии). Если давление падает быстрее, это свидетельствует о наличии утечек. Если оно падает значительно дольше, это означает, что уплотнение между иглой и корпусом форсунки хорошее, однако утечки топлива между иглой и корпусом форсунки полностью отсутствуют. В таком случае игла распылителя зависнет из-за отсутствия смазки.

– **Шум форсунки**. При частоте впрыскивания один или два раза в секунду должен появиться низкочастотный звук типа зуммера, а при увеличении частоты он должен быстро переходить на писк.

Меры предосторожности

1 – Существует риск заболевания лейкомией, если топливо под давлением попадет в кровь.

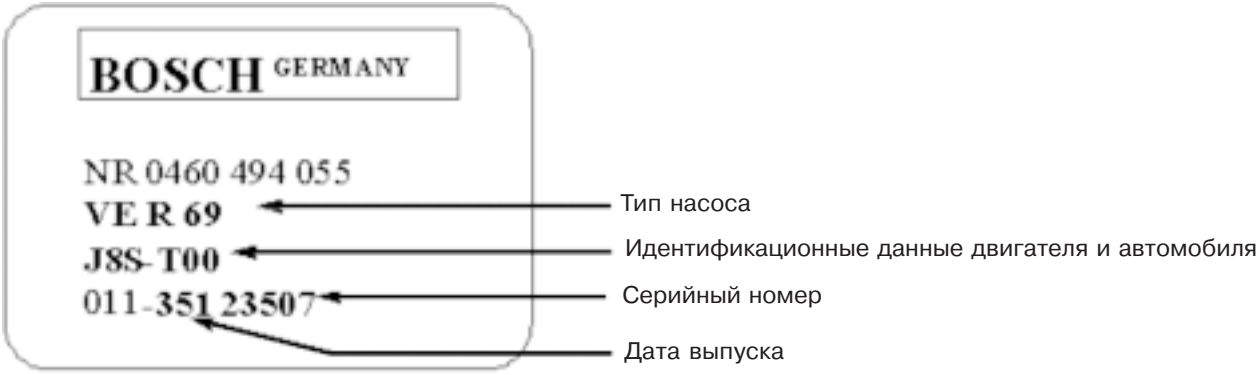
2 – Запрещено касаться пальцами иглы распылителя во избежание коррозии.

3 – При установке форсунки на двигатель необходимо всегда заменять пламегасящую шайбу и уплотнение между корпусом форсунки и головкой цилиндра. Убедитесь в правильном порядке действий при сборке.

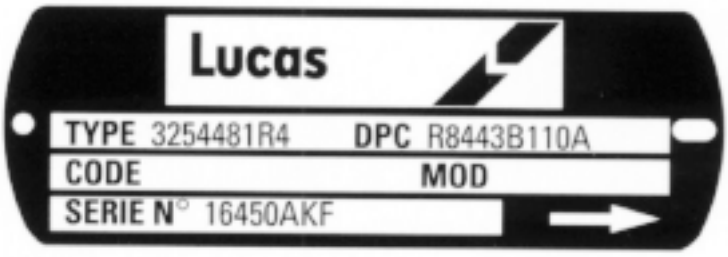
7. Роторные топливные насосы

7.1. Идентификационная табличка насоса

7.1.1. Насосы фирмы Bosch



7.1.2. Насосы фирмы Lukas

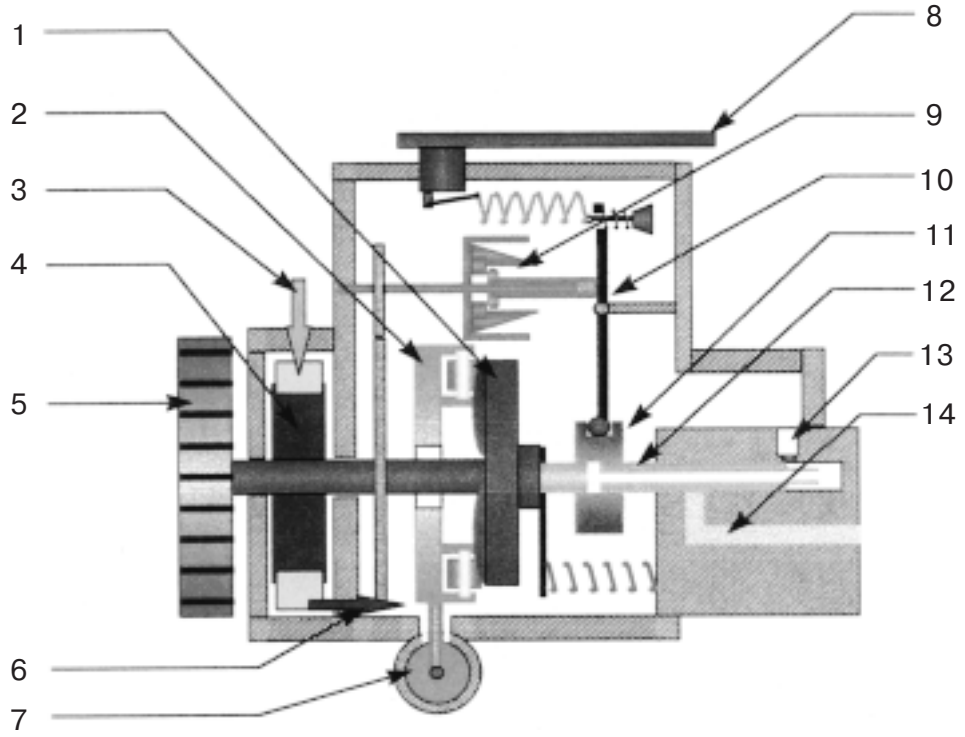


7.2. Аксиальный насос (фирмы Bosch)

7.2.1. Обзор

Дизельное топливо для всех цилиндров сжимается в одной нагнетательной секции насоса, которая также направляет топливо в нужный момент к нужному цилиндру.

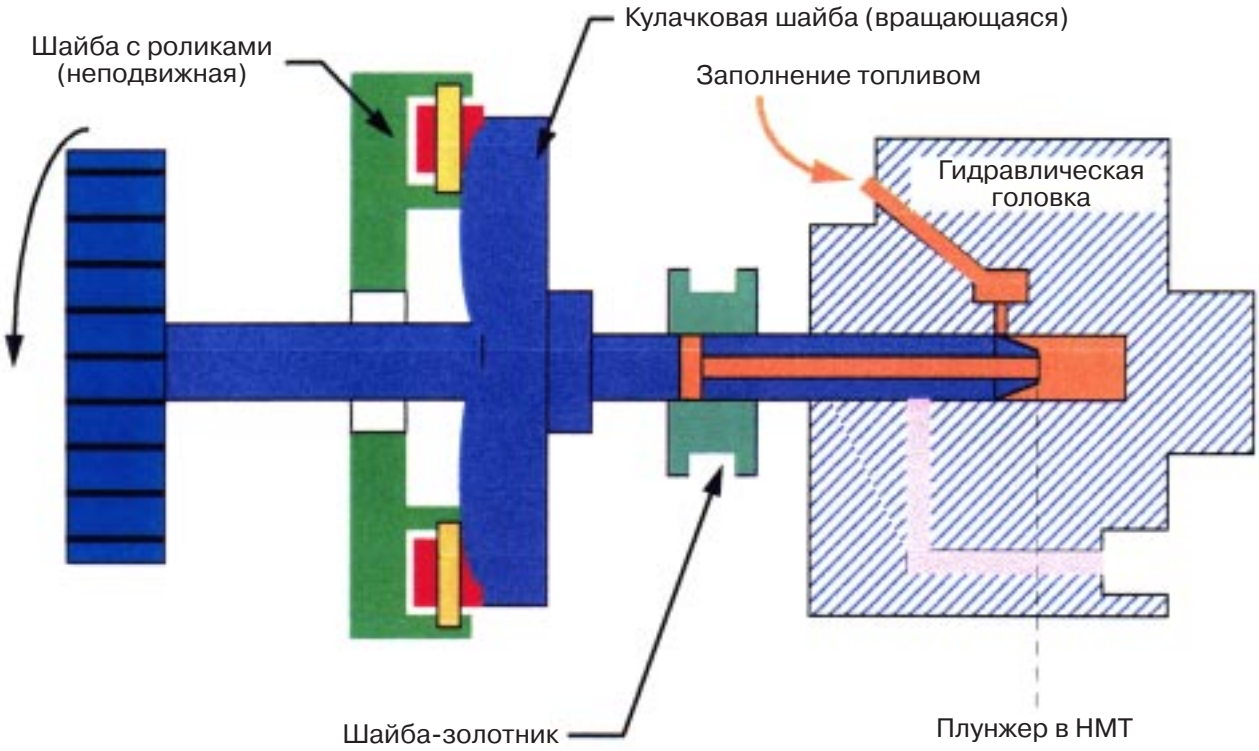
7.2.2. Схема



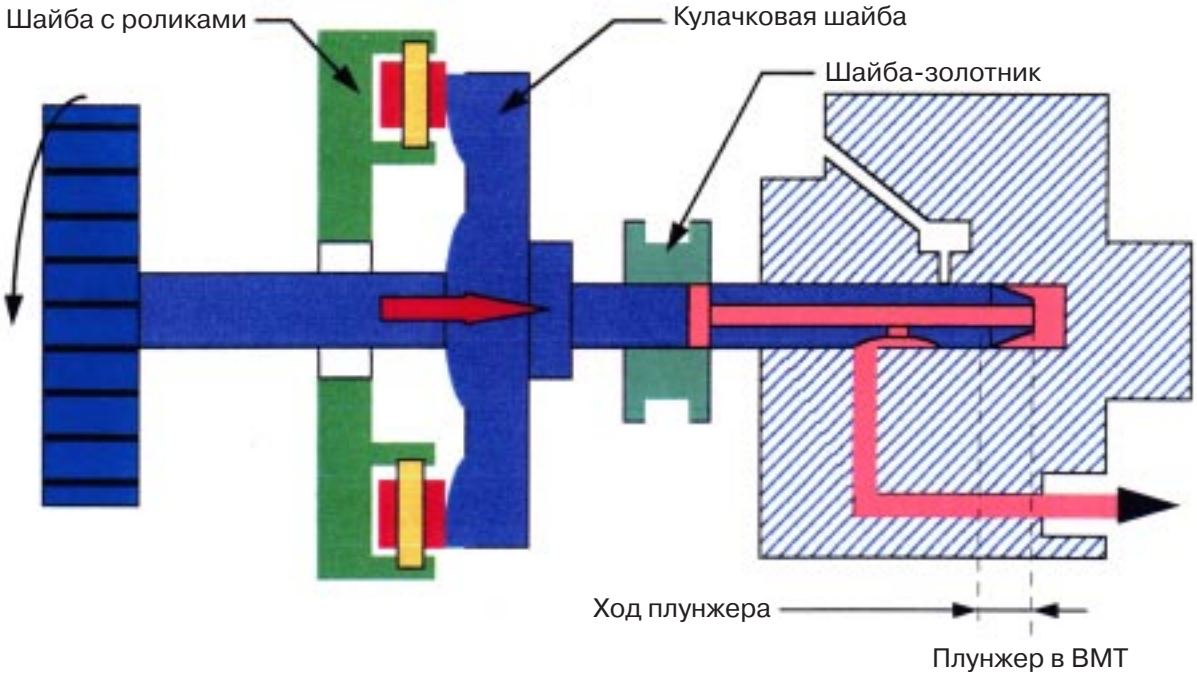
1 Кулачковая шайба
2 Шайба с роликами
3 Подвод топлива к насосу
4 Насос, создающий управляющее давление
5 Приводной шкив
6 Управляющее давление
7 Поршень механизма опережения впрыскивания
8 Рычаг, связанный с педалью акселератора
9 Регулятор частоты вращения
10 Рычаг регулятора
11 Шайба-золотник
12 Плунжер
13 Наполнительный канал в гидравлической головке
14 Каналы, отводящие топливо к форсункам (x4)

7.2.3. Работа насоса

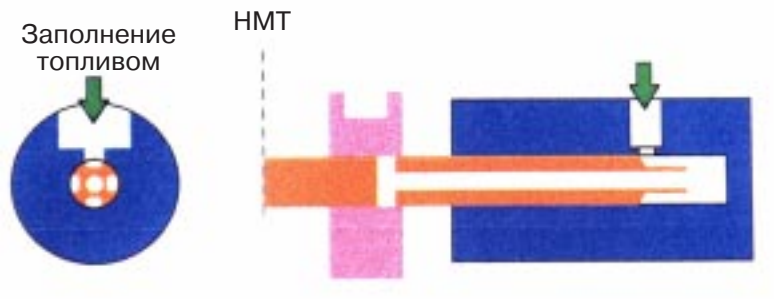
Фаза заполнения насоса



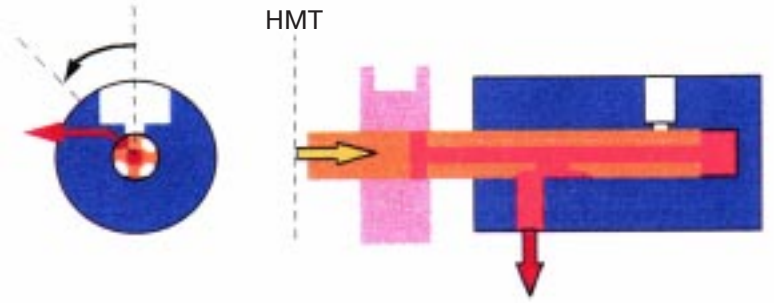
Фаза нагнетания насоса



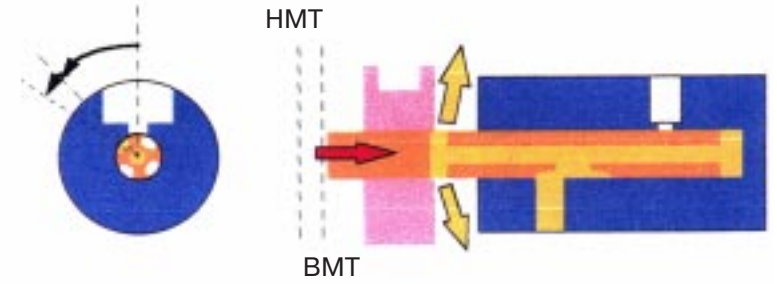
Когда плунжер насоса находится в нижней мертвой точке, одна из наполнительных прорезей плунжера совмещается с наполнительным каналом в гидравлической головке, и топливо втекает в надплунжерную полость (камеру сжатия).



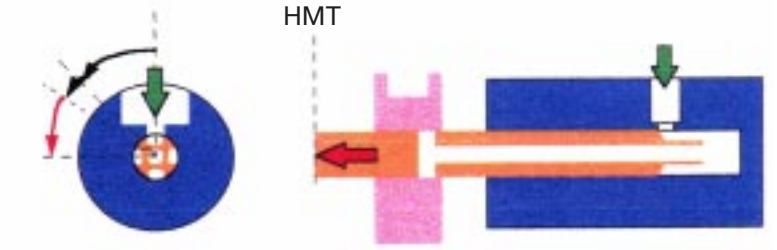
По мере поворота плунжера перекрывается контур наполнения, и открывается контур нагнетания. Затем при ходе вправо к ВМТ плунжер сжимает топливо, чтобы далее направить его к форсунке.



По мере дальнейшего движения плунжера к ВМТ радиальный канал в левой части плунжера выходит из втулки-золотника, и топливо начинает вытекать через данный канал, что приводит к прекращению нагнетания. Поэтому положение втулки-золотника определяет окончание фазы нагнетания, что, в свою очередь, определяет величину цикловой подачи топлива насосом.



Затем плунжер возвращается в НМТ и поворачивается на угол, при котором следующая наполнительная прорезь плунжера совмещается с наполнительным каналом в гидравлической головке. За один полный оборот вала насоса плунжер совершает число ходов нагнетания, равное числу цилиндров (до шести в насосе фирмы Bosch).



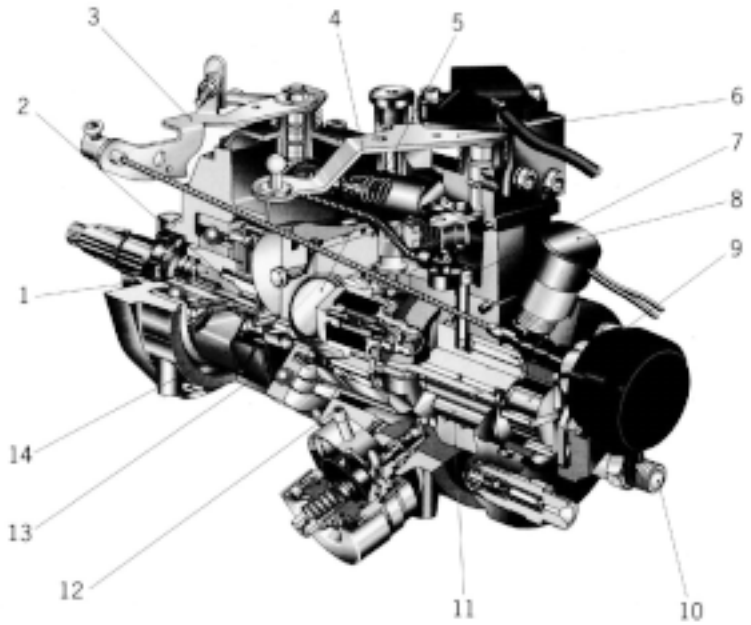
В данном насосе обеспечивается постоянный момент начала впрыскивания (определяемый положением плунжера в НМТ) и переменный момент окончания впрыскивания (определяемый положением шайбы-золотника) для любой величины цикловой подачи топлива.

7.3. Радиальный топливный насос

7.3.1. Обзор

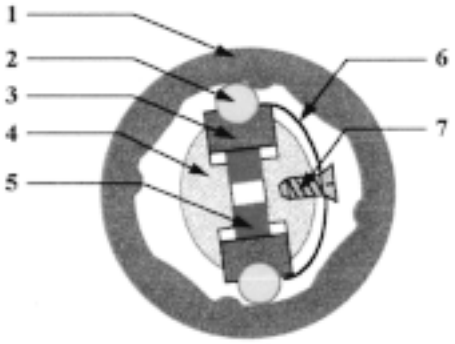
Дизельное топливо для всех цилиндров двигателя сжимается в одной нагнетательной секции насоса, которая также направляет топливо в нужный момент к нужному цилиндру.

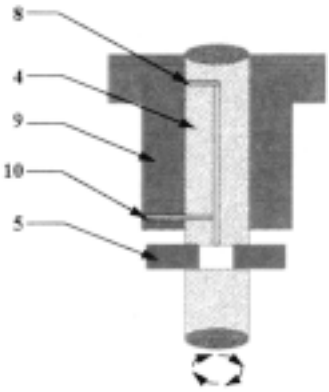
7.3.2. Схема



1 Приводной вал
2 Рычаг регулятора
3 Рычаг увеличения частоты вращения холостого хода
4 Регулировочная пружина
5 Исполнительный элемент опережения впрыскивания
6 Рычаг, связанный с педалью акселератора
7 Дозирующий клапан
8 Электромагнитный клапан остановки двигателя
9 Насос, создающий управляющее давление топлива
10 Штуцер трубопровода высокого давления
11 Поршень увеличения пусковой подачи топлива
12 Кулачковая шайба
13 Центробежные грузики регулятора
14 Полость центробежных грузиков

7.3.3. Принцип действия насоса

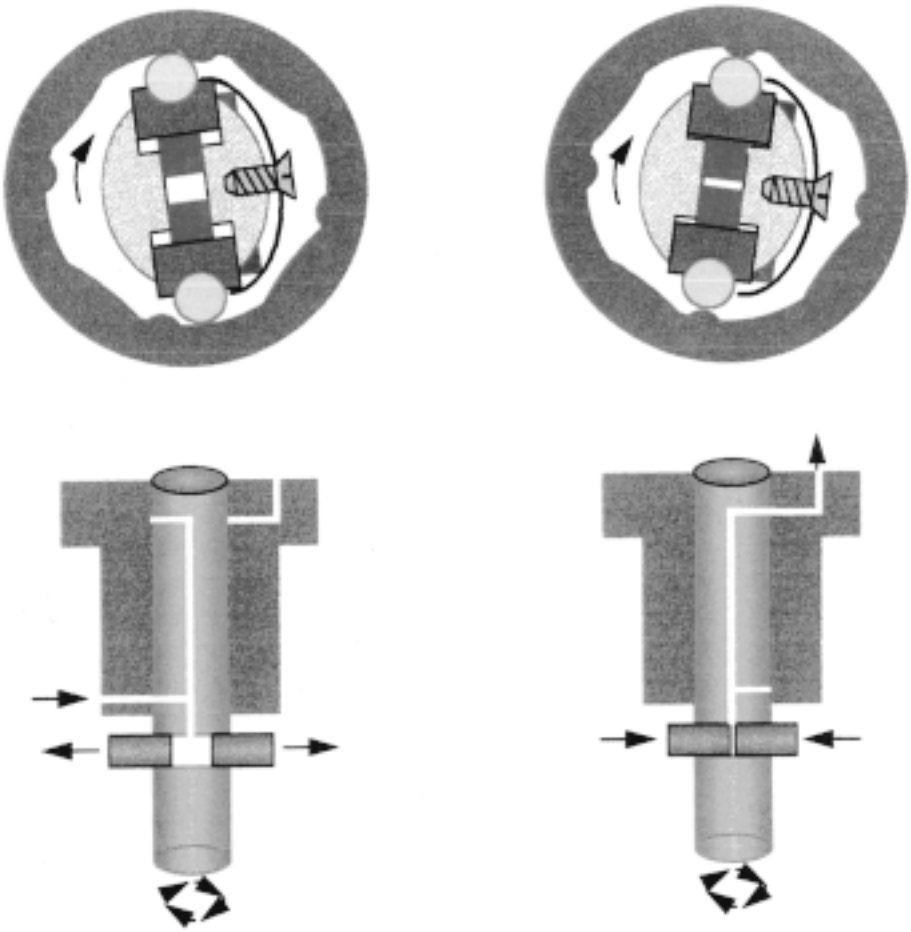




1 Кулачковая шайба
2 Ролик
3 Держатель ролика
4 Ротор
5 Поршень
6 Пружина
7 Винт регулировки максимальной цикловой подачи топлива
8 Выходное отверстие
9 Статор (гидравлическая головка)
10 Наполнительное отверстие

Два поршня насоса установлены радиально. Когда одно из наполнительных отверстий ротора совмещается с каналом подвода топлива, поршни расходятся под действием центробежной силы, и внутренняя полость ротора заполняется топливом, количество которого регулируется дозирующим клапаном на входе. При дальнейшем повороте ротора данное отверстие перекрывается, и выходное отверстие совмещается с каналом в статоре, отводящим топливо к форсунке. Одновременно ролики накатываются на внутренние выступы кулачковой шайбы, поршни движутся навстречу друг другу и создают высокое давление топлива, направляя его к каналам, идущим к форсункам.

В этой системе начало впрыскивания изменяется в зависимости от величины цикловой подачи топлива: чем выше цикловая подача, тем раньше ролики накатываются на кулачковые выступы.



7.4. Изменение цикловой подачи топлива

7.4.1. Аксиальный насос

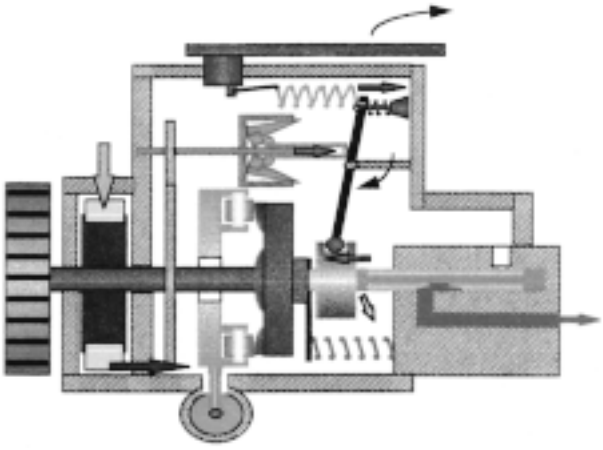
Механическое управление

Механическое управление изменением цикловой подачи топлива осуществляется путем перемещения шайбы-золотника, что определяет момент окончания нагнетания топлива. При этом виде регулирования в качестве исходных данных используются только четыре входных параметра:

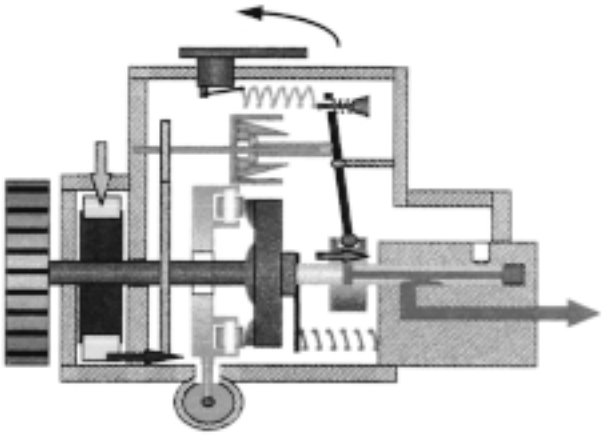
– информация о частоте вращения, передаваемая регулятором;
– информация о положении педали акселератора, передаваемая рычагом нагрузки;
– давление воздуха во впускном коллекторе (для двигателя с турбонаддувом);
– атмосферное давление, если на двигателе установлен высотный корректор.

Положение шайбы-золотника устанавливается рычагом регулятора, который находится в состоянии равновесия между силой, создаваемой регулятором (отражающей информацию о частоте вращения), и силой, приложенной к рычагу нагрузки, передаваемой через пружину.

Уменьшение цикловой подачи топлива



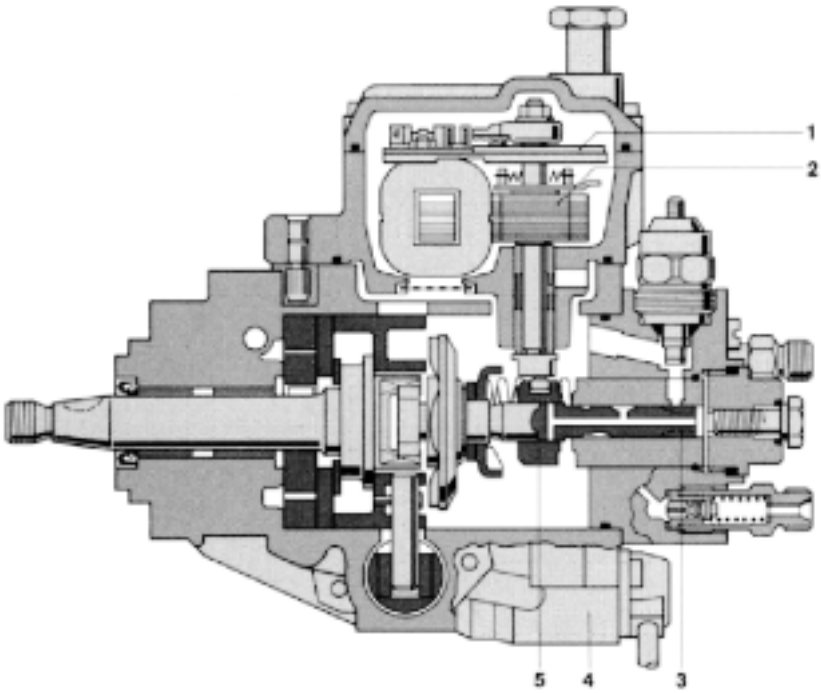
Увеличение цикловой подачи топлива



Электронное управление

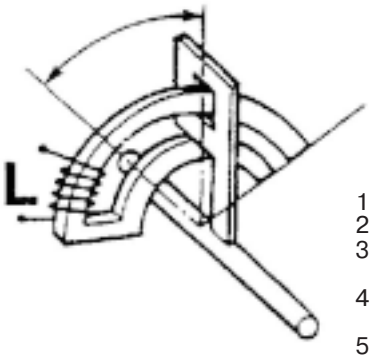
Электронное управление позволяет учитывать гораздо больше параметров. В этом случае компьютер перемещает шайбу-золотник с помощью электромагнитного исполнительного механизма, который получает питание в виде пульсаций от цепи массы. Компьютер постоянно получает сигнал обратной связи о действительном положении исполнительного механизма и сравнивает его со своим сигналом, полученным на основе заложенного в память алгоритма, для проведения точного регулирования.

Распределительный топливный насос высокого давления с электронным управлением

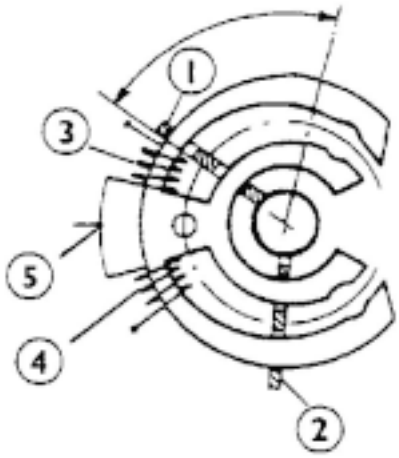


1 Датчик положения шайбы-золотника
2 Исполнительный механизм изменения цикловой подачи топлива
3 Плунжер
4 Электромагнитный клапан начала впрыскивания
5 Шайба-золотник

При повороте исполнительного элемента изменения цикловой подачи топлива (2) он вызывает боковое перемещение шайбы-золотника (5), преодолевая усилие пружины, которая стремится вернуть шайбу-золотник в положение нулевой подачи.



1 Подвижное кольцо
2 Фиксированное кольцо
3 Обмотка L (переменная индуктивность)
4 Обмотка L_o (постоянная индуктивность)
5 Общая точка

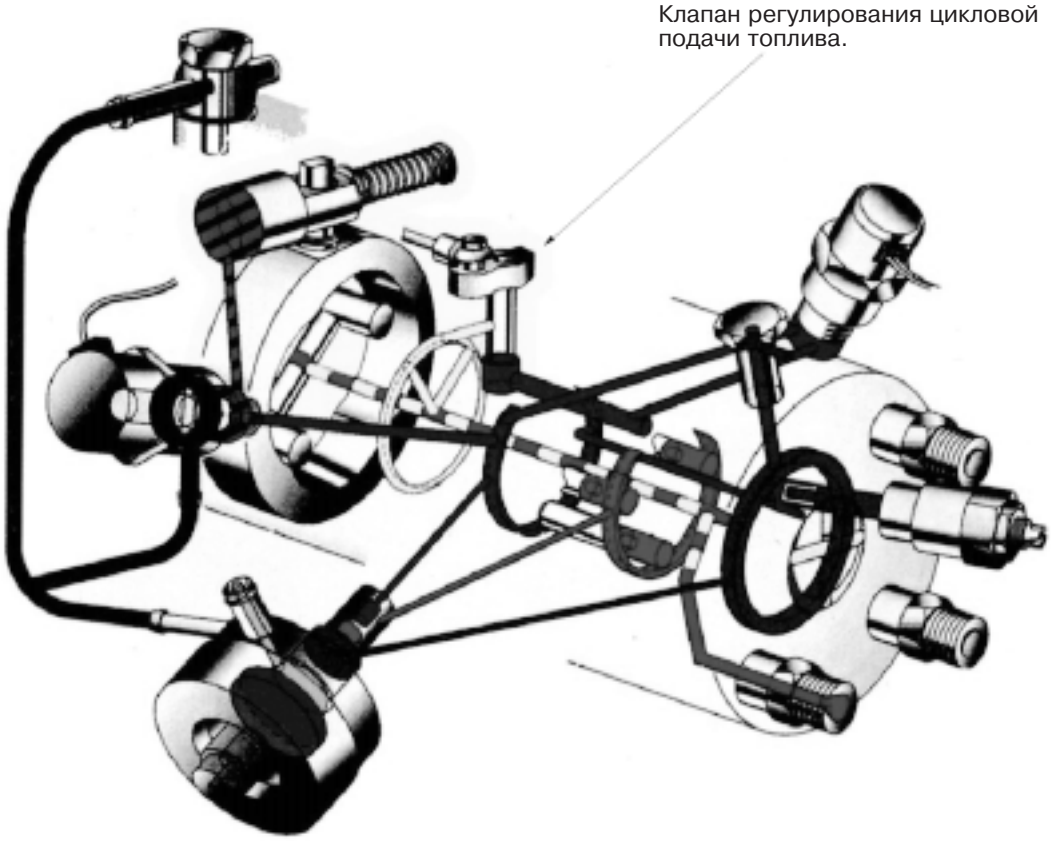


Положение шайбы-золотника определяется индуктивным датчиком, который выдает электрический сигнал, пропорциональный углу поворота исполнительного механизма.

7.4.2. Радиальный насос

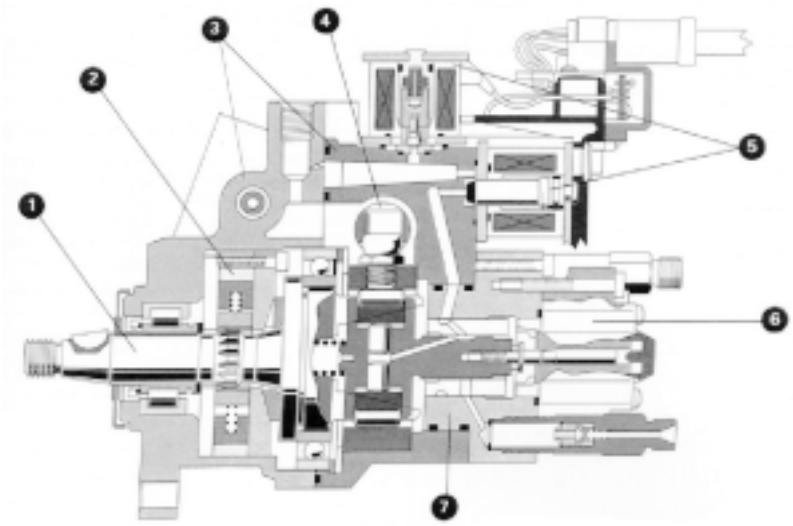
Механическое управление

Механическое управление цикловой подачей топлива в радиальном насосе осуществляется регулировкой положения наполнительного клапана с целью изменения давления в наполнительном канале насоса. Положение клапана и, следовательно, величина цикловой подачи топлива определяются равновесием между центробежной силой, возникающей в регуляторе (представляющей информацию о частоте вращения) и силой, передаваемой рычагом нагрузки.

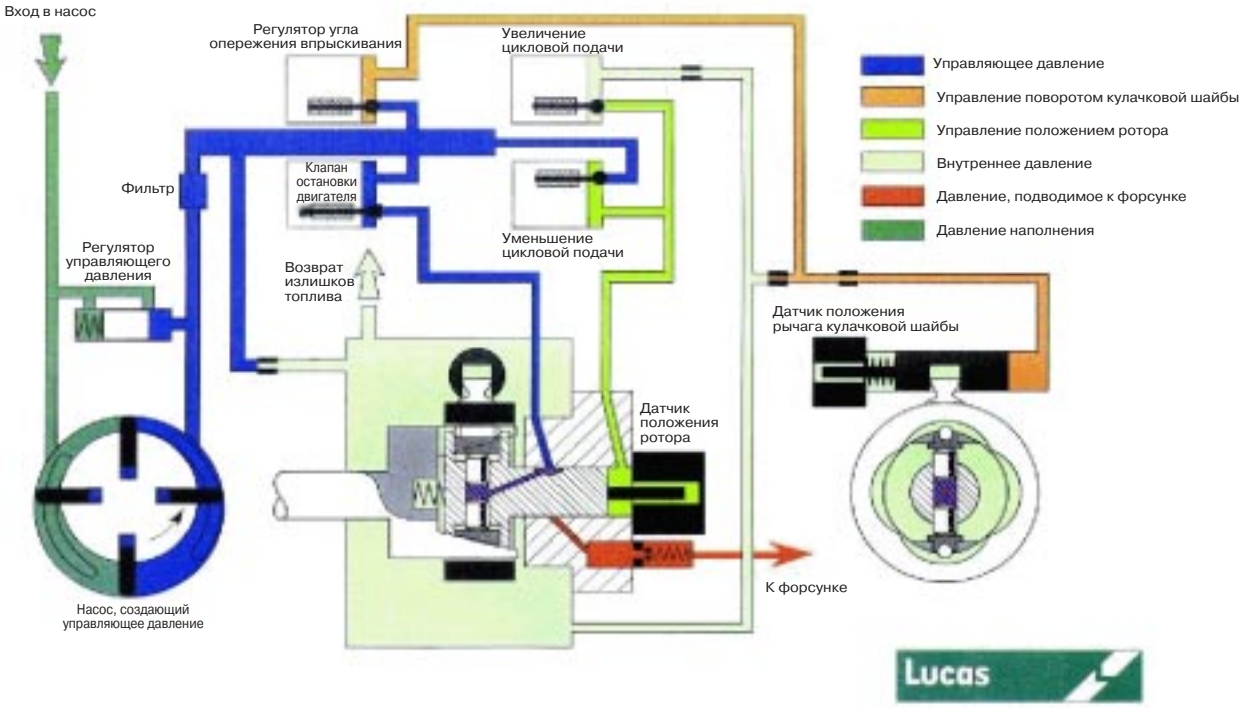


Электронное управление (насос EPIC)

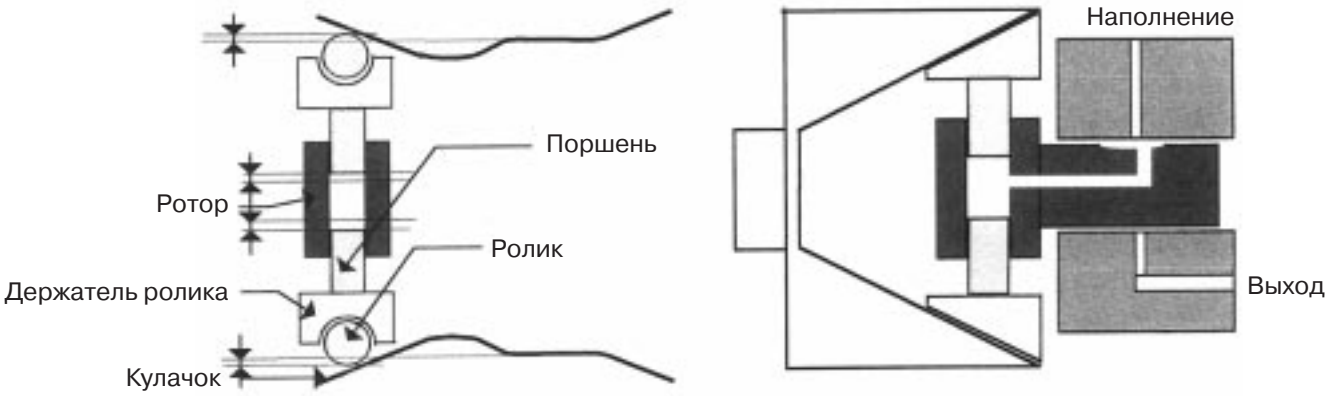
Насос модели DPC не позволяет использовать систему электронного управления для изменения цикловой подачи топлива. Поэтому фирма Lucas разработала новый насос модели EPIC, на котором применяется аналогичный механизм регулирования, но использующий электронное управление.



1 Приводной вал
2 Насос, создающий управляющее давление
3 Корпус насоса
4 Поршень механизма опережения впрыскивания
5 Исполнительные элементы управления цикловой подачей топлива
6 Датчик положения органа управления цикловой подачей топлива
7 Гидравлическая головка

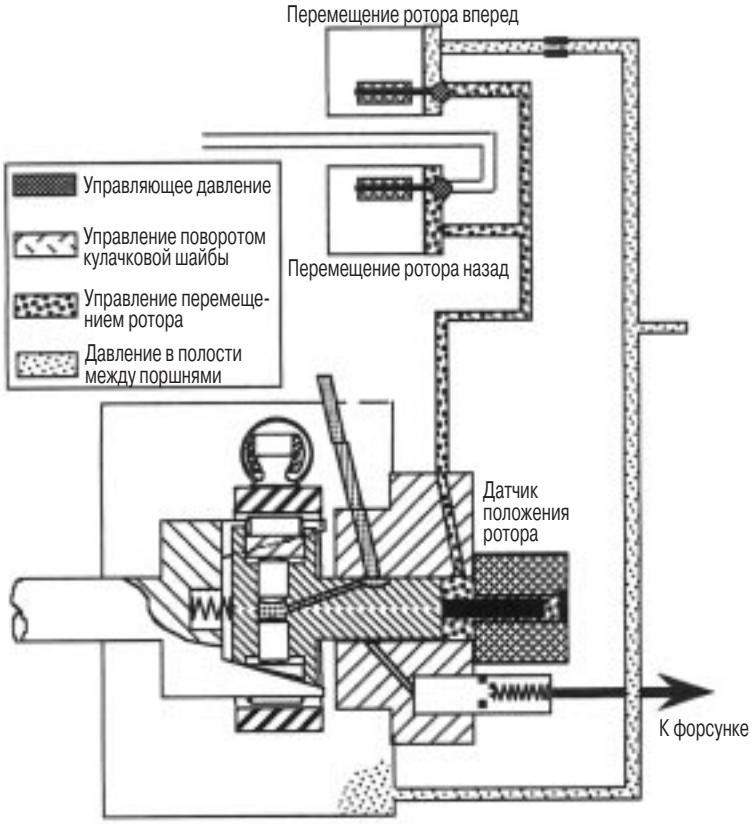


В распределительном роторном насосе модели EPIC изменение цикловой подачи топлива осуществляется за счет осевого перемещения ротора, которое приводит к изменению хода поршней. Поршни перемещаются за счет накатывания роликов на внутренние выступы кулачковой шайбы.



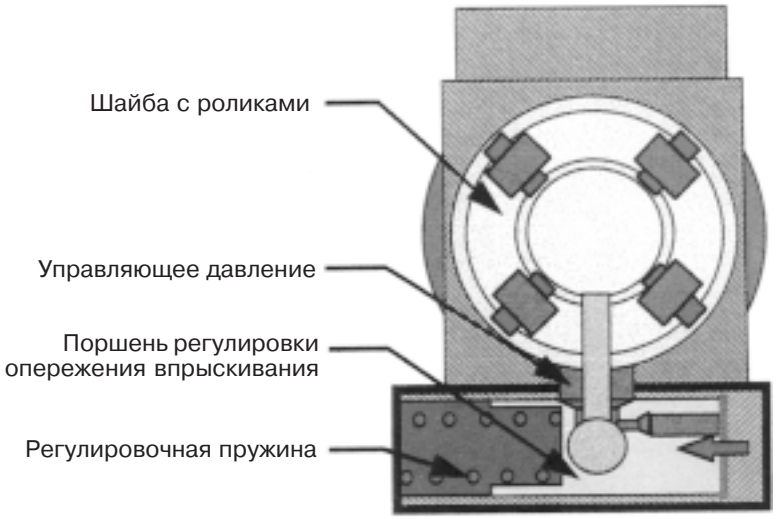
Осевое перемещение ротора управляется гидравлическим способом с помощью двух исполнительных элементов: электромагнитный клапан, обозначенный “-” или “EV A”, открывается для перемещения ротора в положение “уменьшение цикловой подачи”, а электромагнитный клапан, обозначенный “+” или “EV B”, открывается для перемещения ротора в положение “увеличение цикловой подачи”.

Когда оба этих электромагнитных клапана закрыты (т. е. на них подается питание), ротор не перемещается, и цикловая подача топлива неизменна. Когда оба электромагнитных клапана открыты (т.е. на них не подается питание), ротор начинает естественным образом перемещаться в направлении “уменьшения подачи”. Это произойдет, как только частота вращения вала насоса превысит пороговое значение гидравлического регулятора (соответствующее частоте вращения двигателя 800 мин$^{-1}$) в связи с повышением в полости ротора давления, создаваемого жиклером гидравлического регулятора (диаметром 1 мм).

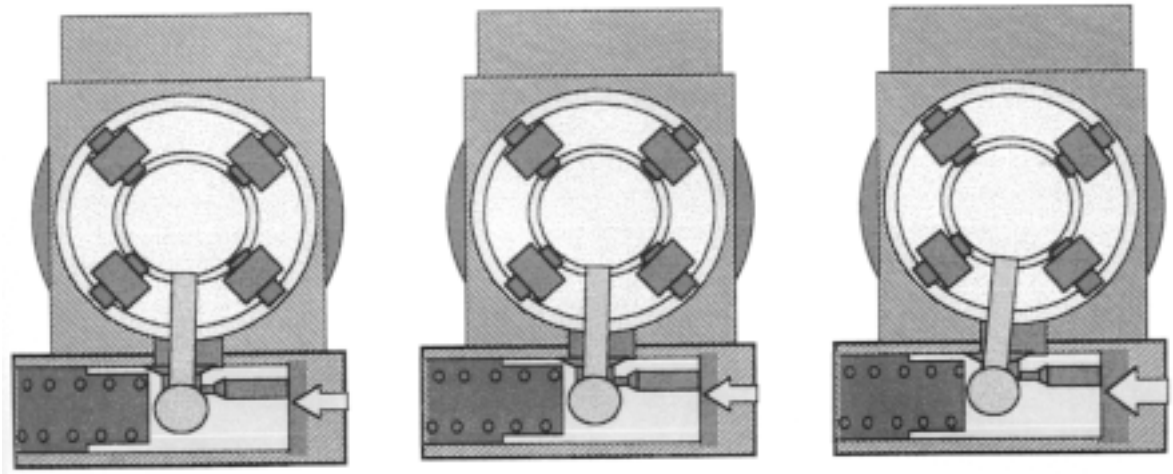


7.5. Управление углом опережения впрыскивания

На всех топливных насосах, устанавливаемых на автомобилях РЕНО, угол опережения впрыскивания регулируется с помощью гидравлического толкателя. В насосе фирмы Lucas гидравлический толкатель изменяет положение кулачковой шайбы, а в насосе фирмы Bosch – положение шайбы с роликами по отношению к корпусу насоса. Таким образом, угол опережения впрыскивания регулируется путем изменения управляющего давления топлива (производительности насоса, создающего управляющее давление).

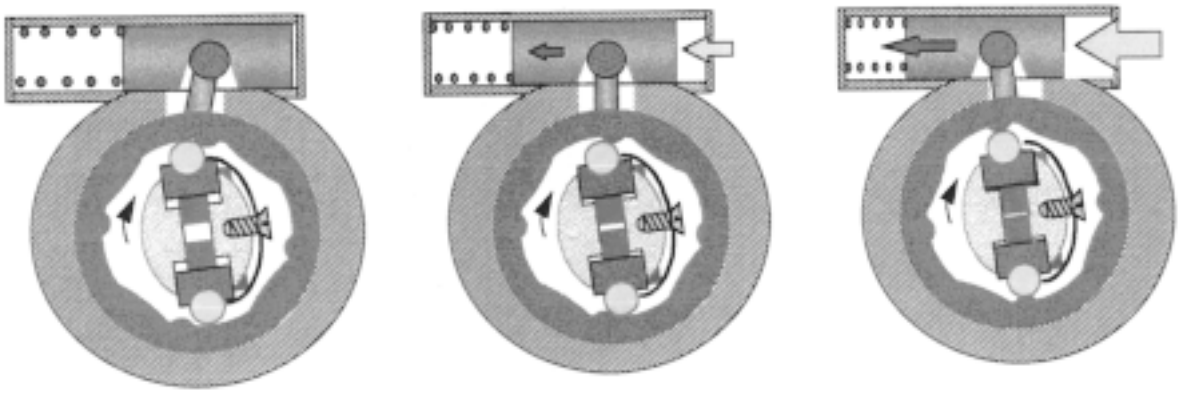


7.5.1. Топливный насос фирмы Bosch



Холостой ход | Средняя частота вращения | Высокая частота вращения

7.5.2. Топливный насос фирмы Lucas



Холостой ход | Средняя частота вращения | Высокая частота вращения

7.5.3. Начальная регулировка насоса

Начальная регулировка насоса заключается в механической регулировке положения начала впрыскивания таким образом, чтобы впрыскивание начиналось до того, как поршень двигателя окажется в положении ВМТ. Регулировка определяет угол поворота коленчатого вала от момента начала впрыскивания до момента, когда поршень будет находиться в ВМТ.

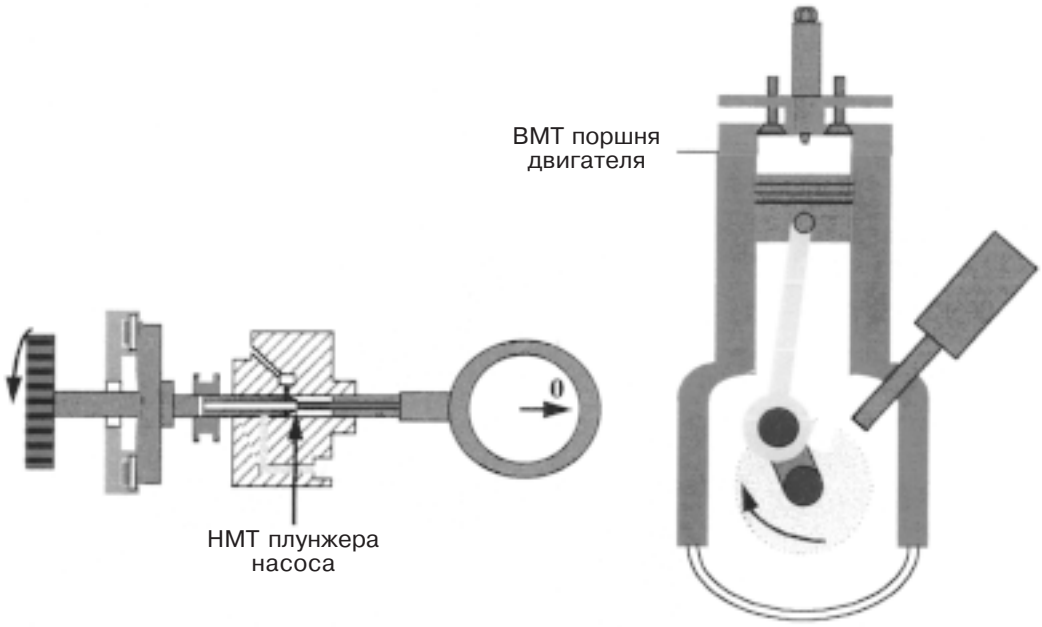
Если в системе используется электронное регулирование угла опережения впрыскивания, всегда необходимо выполнить начальную регулировку, поскольку без этого электронный регулятор не может автоматически устанавливать оптимальный угол опережения впрыскивания во всем диапазоне режимов работы.

Начальная регулировка на насосе фирмы Bosch

В насосе фирмы Bosch начальная регулировка проверяется путем измерения величины подъема плунжера от положения НМТ плунжера до положения ВМТ поршня двигателя.

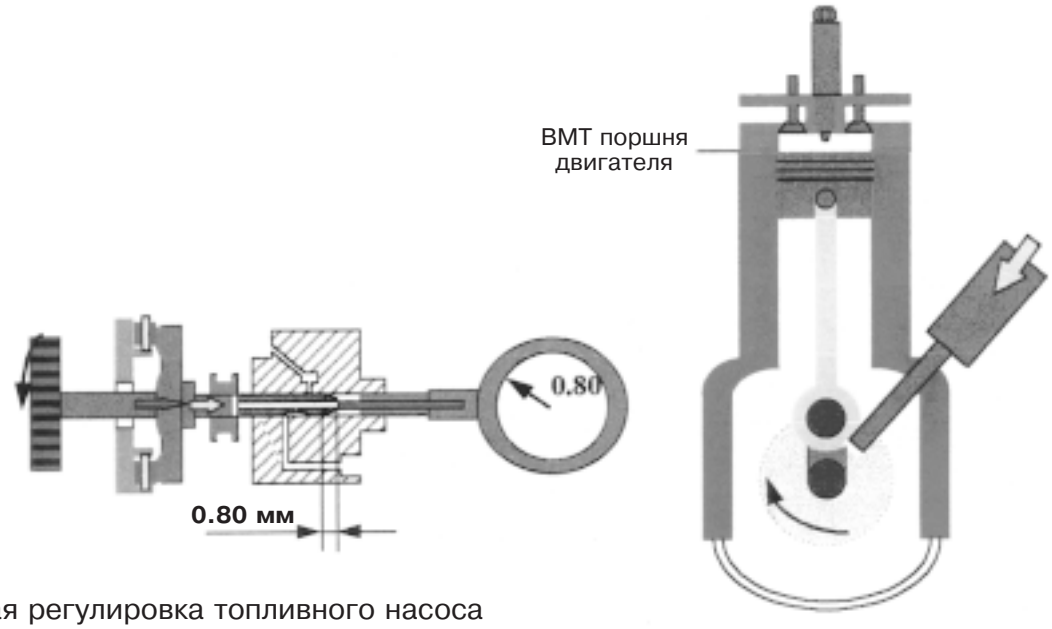
Последовательность действий

– Установите микрометр, убедившись, что Вы правильно вставили его в нужное отверстие (при необходимости проверьте маркировку на распределительном валу).
– Поверните вал двигателя по направлению вращения, чтобы определить положение НМТ плунжера.
– Установите ноль на индикаторе.



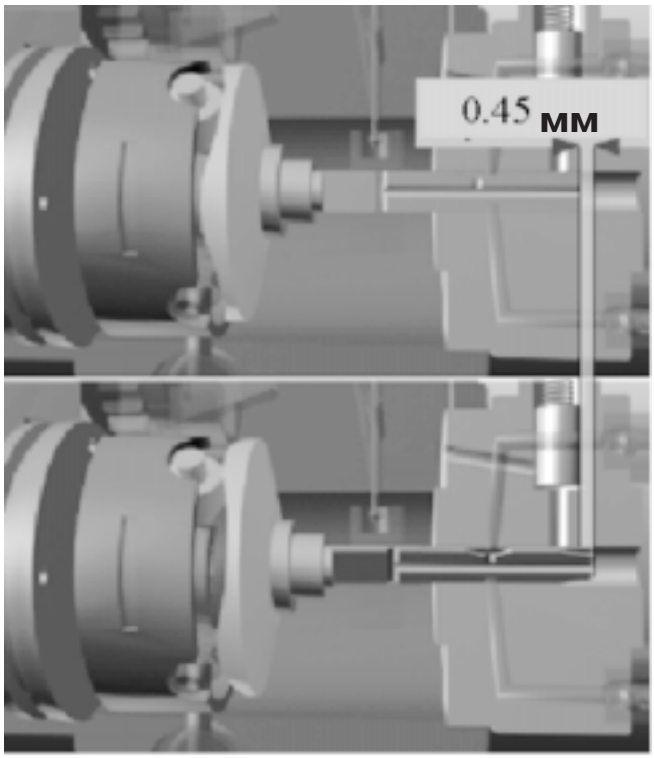
– Поверните коленчатый вал двигателя, чтобы поршень оказался в ВМТ.

– Прочитайте показания индикатора, чтобы определить ход плунжера



Начальная регулировка топливного насоса указывается изготовителем двигателя и различается для каждой модели двигателя. Подробности приводятся в разделе 13 Руководства по ремонту и обслуживанию.

Если начальная регулировка неправильна, ее нужно изменить. Для этого существуют два возможных метода в зависимости от того, имеет ли насос кольцевые прорези, куда вставляются крепежные болты, позволяющие его поворачивать.



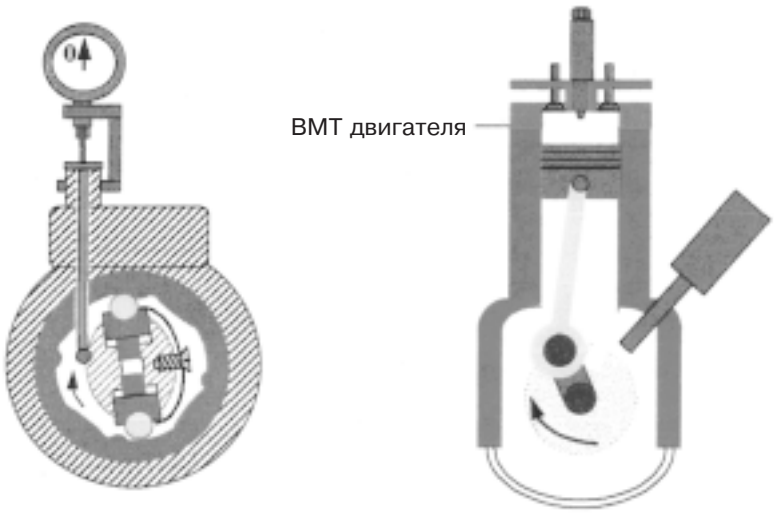
– **Крепежный фланец насоса имеет кольцевые прорези для крепежных болтов.** Отрегулируйте требуемое положение, поворачивая насос (и, таким образом, положение кулачковой шайбы) по отношению к двигателю. Шкив привода насоса позволяет поворачивать насос.
– **Крепежный фланец насоса не имеет кольцевых прорезей для крепежных болтов.** Проведите регулировку с помощью шкива привода насоса (см. ниже “Шкив, регулируемый с помощью микрометра”, п. 7.5.4).

Начальная регулировка насоса фирмы Lucas

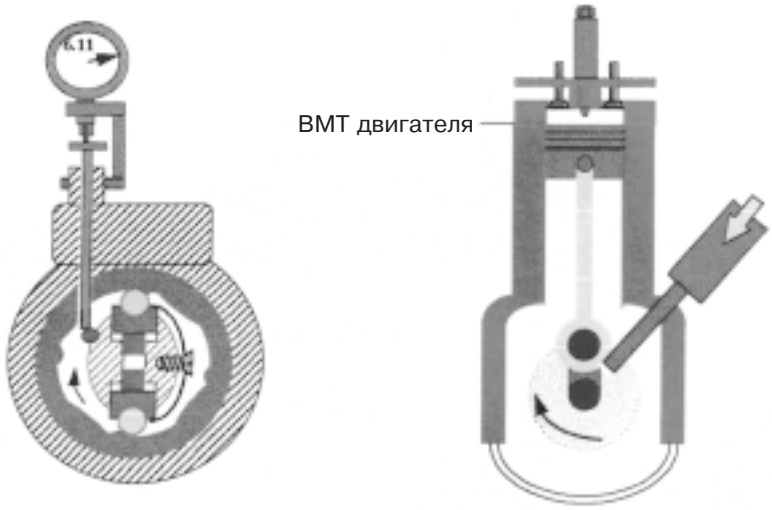
На насосе фирмы Lucas момент начала впрыскивания меняется в зависимости от величины цикловой подачи топлива. Поскольку перемещающийся шток индикатора не упирается непосредственно в ротор, каждый насос имеет свое собственное значение величины начальной регулировки, которое указывается на пластмассовой табличке на рычаге насоса, связанном с педалью акселератора. Если эта табличка отсутствует, насос необходимо вернуть в Центр топливной аппаратуры РЕНО.

Последовательность действий

- Вставьте в корпус насоса индикатор со штоком приспособления МОТ 13 так, чтобы шток упирался в упор на роторе, и установите индикатор на ноль.



- Поверните вал двигателя, чтобы поршень прошел ВМТ.
- Прочитайте максимальное показание индикатора.



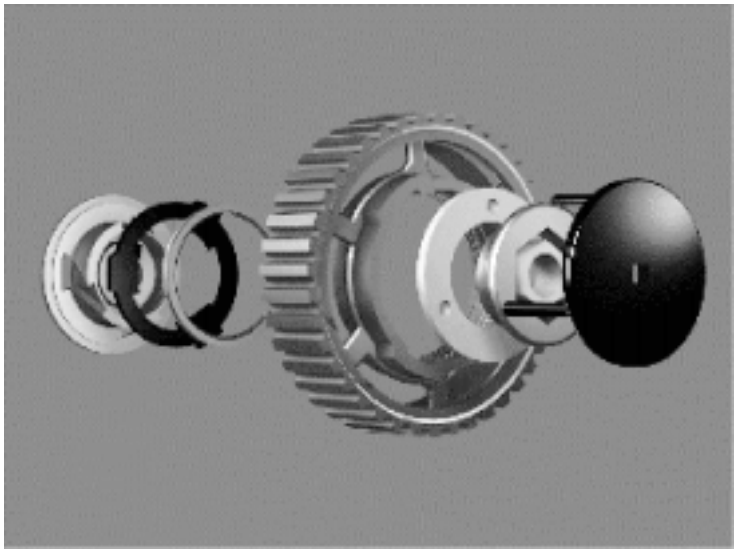
Если начальная регулировка неправильна, ее необходимо скорректировать. Существуют два метода в зависимости от того, имеет ли крепежный фланец насоса кольцевые прорези для крепежных болтов, позволяющие его поворачивать.

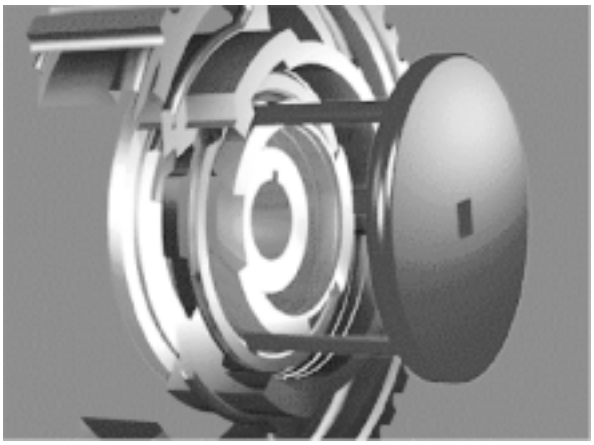
- **Крепежный фланец насоса имеет кольцевые прорези для крепежных болтов**. Выполните регулировку, поворачивая насос (и, таким образом, изменяя положение кулачковой шайбы) по отношению к двигателю. Шкив привода насоса позволяет поворачивать насос.
- **Крепежный фланец насоса не имеет прорезей для крепежных болтов.** Проведите регулировку с помощью шкива привода насоса (см. ниже “Шкив, регулируемый с помощью микрометра”, п. 7.5.4).

7.5.4. Шкив, регулируемый с помощью микрометра

Такой тип шкива позволяет отказаться от необходимости регулировки с использование кольцевых прорезей, облегчая, таким образом, операции по сборке и регулировке на конвейере завода-изготовителя. Операция по регулировке в ходе послепродажного обслуживания описывается в Технической ноте 29xx.

ВНИМАНИЕ. Имеется два типа шкивов, требующих микрометрической регулировки, в зависимости от числа зубьев приводного ремня. Шкивы для новых ремней имеют маркировку HTD2.





7.5.5. Дополнительная регулировка угла начала впрыскивания при работе непрогретого двигателя

При непрогретом двигателе из-за увеличения потерь теплоты в стенки камеры сгорания требуется больше времени для достижения температуры, требуемой для нормального сгорания топлива. Для предотвращения чрезмерно длительных задержек воспламенения (когда сгорание начинается после ВМТ) на этих режимах необходимо дополнительно увеличивать угол опережения впрыскивания. Этот вид коррекции может быть механическим или гидравлическим.

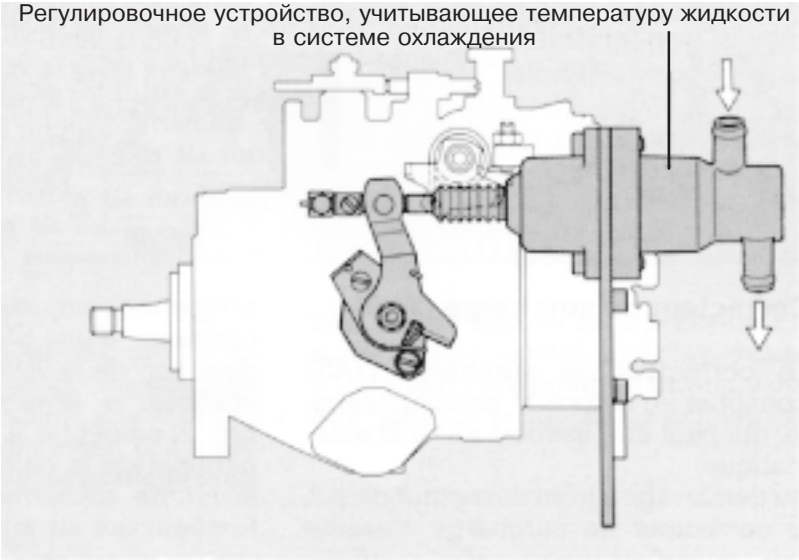
Механическая коррекция

Механическая коррекция осуществляется непосредственно с помощью поршня регулировки угла опережения впрыскивания (или детали, связанной с этим поршнем), управляемых механическим или электрическим способом в зависимости от температуры охлаждающей жидкости двигателя.

- В некоторых случаях механическая коррекция недостаточно хорошо работает во время пуска двигателя, когда чрезмерно большая величина угла опережения впрыскивания может привести к ухудшению показателей работы двигателя.

- ВНИМАНИЕ: на некоторых моделях двигателей необходимо отсоединять механический корректор, прежде чем проводить начальную регулировку топливного насоса.

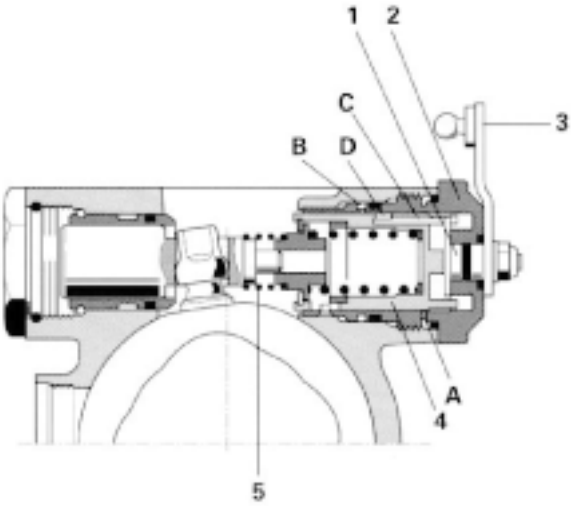
Пример механической системы коррекции угла опережения впрыскивания с электрическим управлением фирмы Bosch



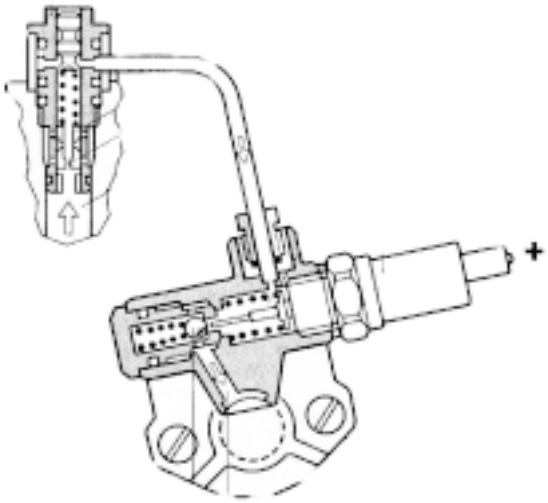
Гидравлическая коррекция

Гидравлическая система коррекции угла опережения впрыскивания действует на основе повышения управляющего давления при непрогретом двигателе. Корректирующий эффект обычно достигается за счет уменьшения управляющего давления при горячем двигателе и сохранении его, когда двигатель не прогрет.

Как и в случае, рассмотренном выше, коррекция производится на основе температуры охлаждающей жидкости двигателя с использованием термостата, установленного в системе охлаждения двигателя, либо термовыключателя, если система имеет электрическое управление.

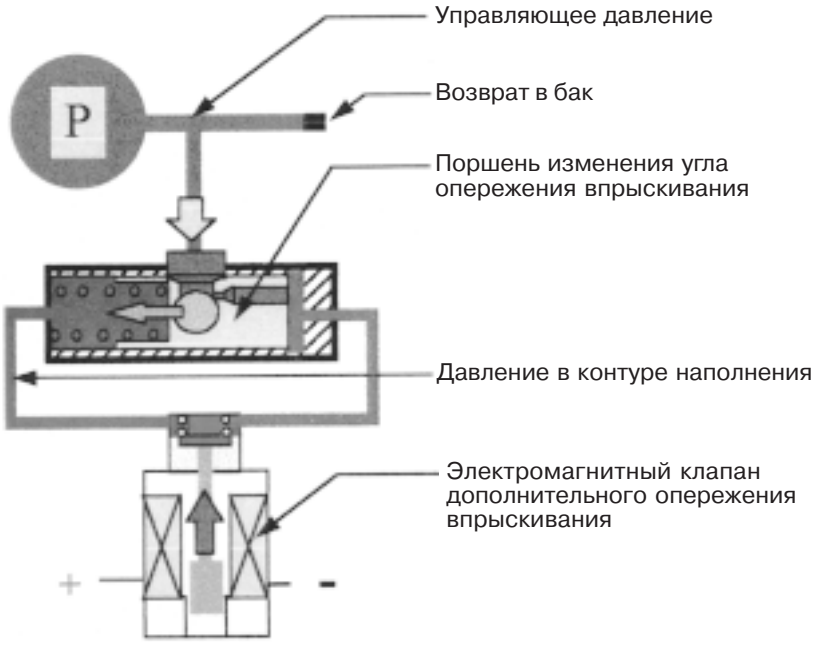


Пример гидравлической системы коррекции угла опережения впрыскивания фирмы Lucas



Пример гидравлической системы коррекции угла опережения впрыскивания фирмы Bosch

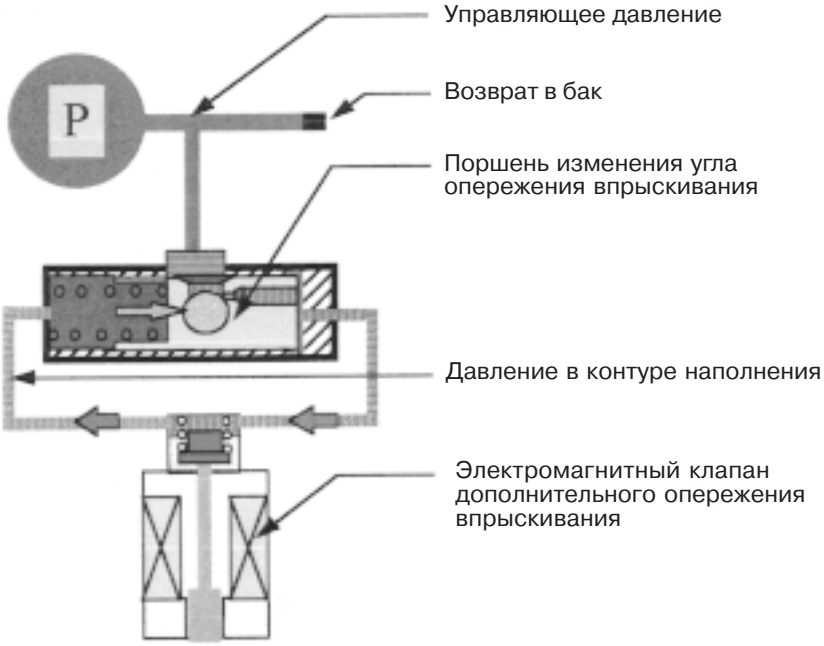
При непрогретом двигателе система коррекции подает питание на электромагнитный клапан для временного повышения управляющего давления и, таким образом, увеличения угла опережения впрыскивания. В некоторых системах при прекращении подачи питания электромагнитный клапан закрывается, и, следовательно, необходима команда для его повторного открытия.



После прогрева двигателя система снижает управляющее давление, чтобы вернуть угол опережения впрыскивания в его нормальное положение.

Система дополнительного увеличения угла опережения впрыскивания может управляться любым из перечисленных устройств и систем:

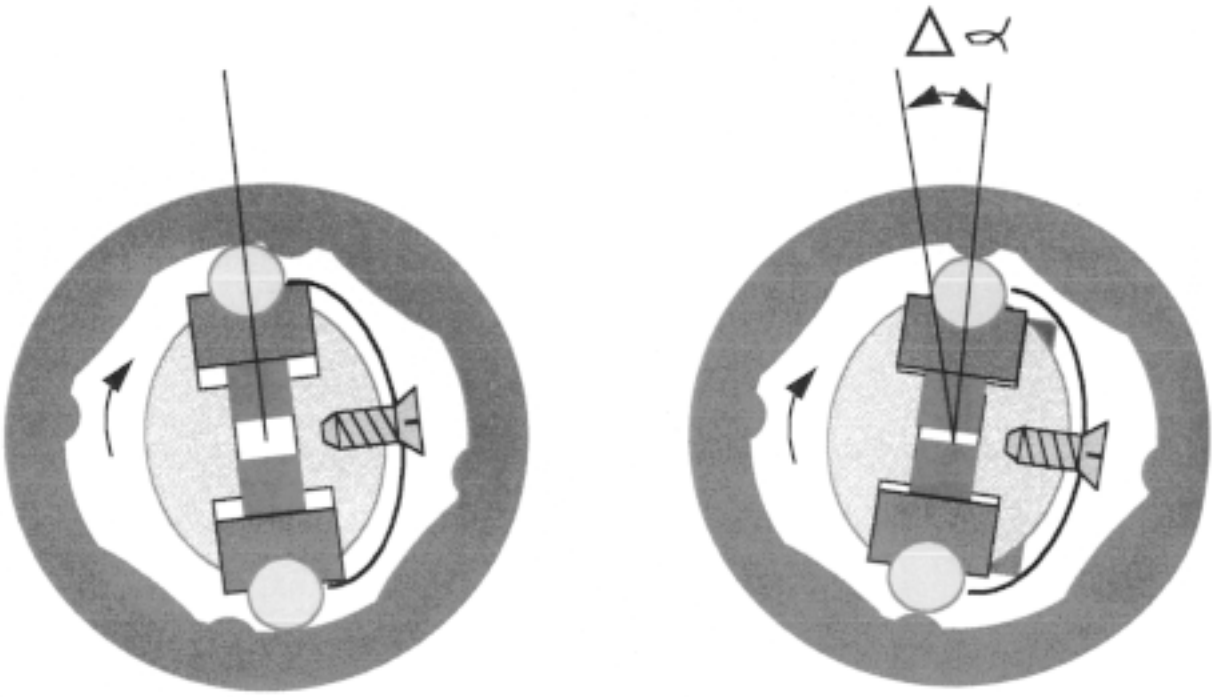
- непосредственно термостатом в системе охлаждения двигателя;
- системой предпускового и последующего подогрева;
- системой повышенной частоты холостого хода;
- компьютером управления системой впрыскивания.



7.5.6. Коррекция угла опережения впрыскивания в зависимости от нагрузки

Радиальный насос

Недостатком радиальных топливных насосов является то, что угол опережения впрыскивания изменяется в зависимости от нагрузки. Чем больше величина цикловой подачи топлива, тем раньше ролики начинают накатываться на кулачки.



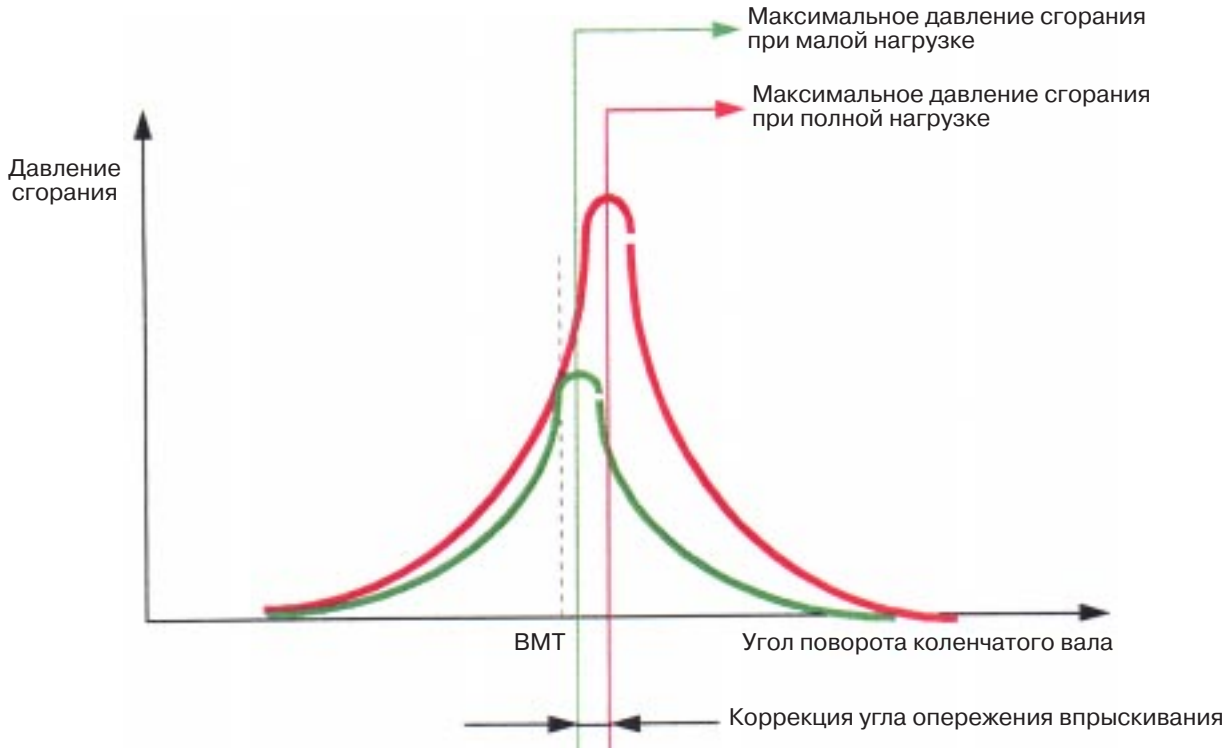
На некоторых моделях двигателей для компенсации этого явления может потребоваться коррекция угла опережения впрыскивания. Это делается следующим способом.

- На малых нагрузках угол опережения впрыскивания увеличивается путем плавного или ступенчатого увеличения управляющего давления.
- Информация о нагрузке (определяемая положением рычага, связанного с педалью акселератора) используется для снижения управляющего давления на больших нагрузках.
- При электронном регулировании коррекция выполняется с использованием алгоритмов, заложенных в память компьютера.
- Этот тип системы называется “AFC” (аббревиатура французского названия “опережение на малых нагрузках”) или “ACP” (от французского названия “постепенное увеличение опережения с уменьшением нагрузки”).

Аксиальный насос

Поскольку при малых цикловых подачах топлива максимальное давление сгорания уменьшается, это давление достигается в цилиндре до того, как поршень дойдет до ВМТ. Поэтому для улучшения экономичности двигателя и снижения уровня шума необходимо на малых нагрузках уменьшать угол опережения впрыскивания.

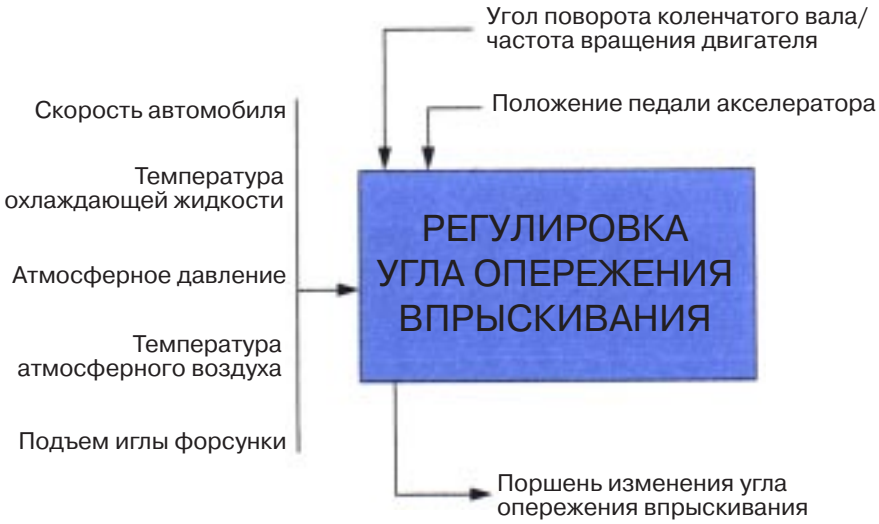
Зависимость максимального давления сгорания от нагрузки



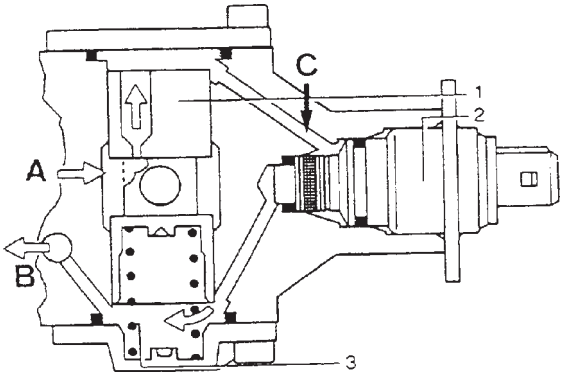
7.5.7. Электронное регулирование угла опережения впрыскивания

Электронное регулирование угла опережения впрыскивания обеспечивает постоянную оптимизацию момента начала впрыскивания за счет изменения управляющего давления, действующего на поршень, который изменяет угол опережения впрыскивания.

Компьютер использует в качестве исходных данных параметры двигателя и применяет заложенный в его память алгоритм для соответствующего управления поршнем, изменяющим угол опережения впрыскивания. Это происходит с использованием замкнутого цикла управления, который дает возможность компьютеру постоянно корректировать различия между теоретическим углом опережения впрыскивания, заложенным в его память, и действительным углом (определяемым датчиком начала подъема иглы). Если величина коррекции превысит установленный предел (выраженный в углах поворота вала), компьютер сообщит о возникновении неисправности.



Пример системы электронного управления углом опережения впрыскивания фирмы Bosch



A Подвод управляющего давления

B Выход топлива для питания насоса

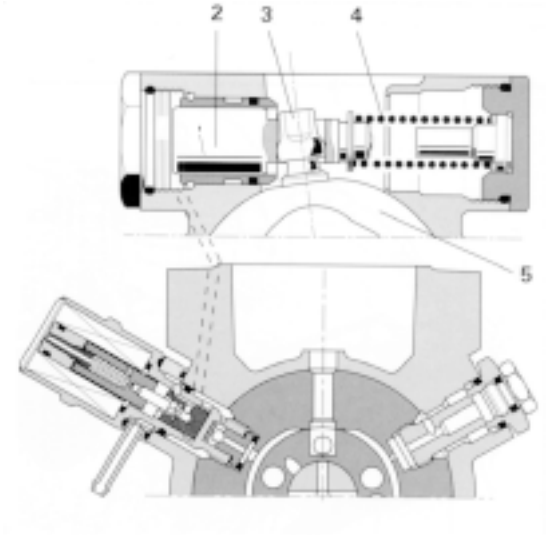
C Канал регулирования давления

1 Поршень изменения угла опережения впрыскивания

2 Электромагнитный клапан изменения угла опережения впрыскивания

3 Пружина автоматического регулирования угла опережения впрыскивания

Пример системы электронного управления углом опережения впрыскивания фирмы Lucas



1 Электромагнитный клапан изменения угла опережения впрыскивания

2 Поршень изменения угла опережения впрыскивания

3 Рычаг

4 Пружина автоматического регулирования угла опережения впрыскивания

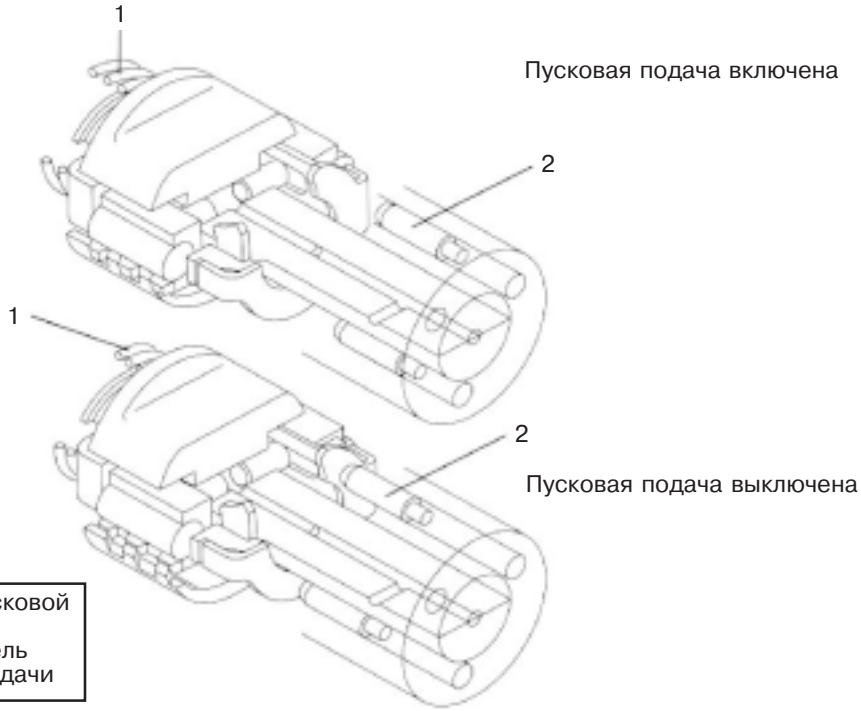
5 Кулачковая шайба

7.6. Увеличение пусковой подачи топлива

7.6.1. Обзор

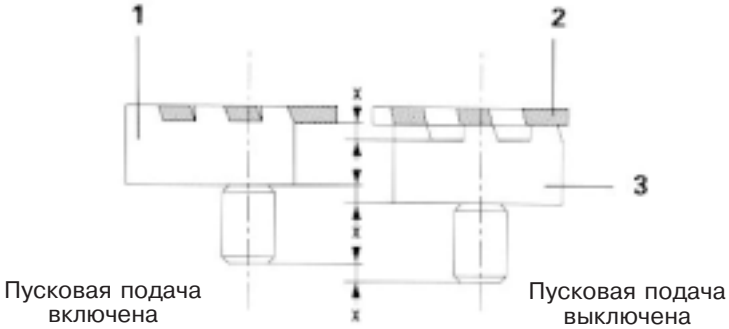
Система увеличения пусковой подачи увеличивает количество впрыскиваемого топлива для облегчения запуска двигателя, а после его запуска возвращает систему в нормальное состояние (когда частота вращения вала насоса достигнет примерно 150 мин$^{-1}$)

7.6.2. Топливный насос фирмы Lucas



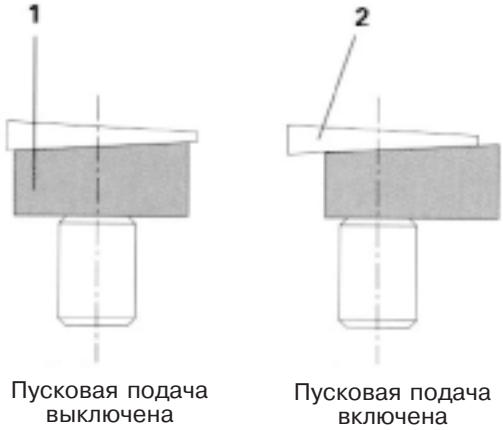
1 Пружина увеличения пусковой подачи
2 Гидравлический толкатель отключения пусковой подачи

Двигатель без наддува



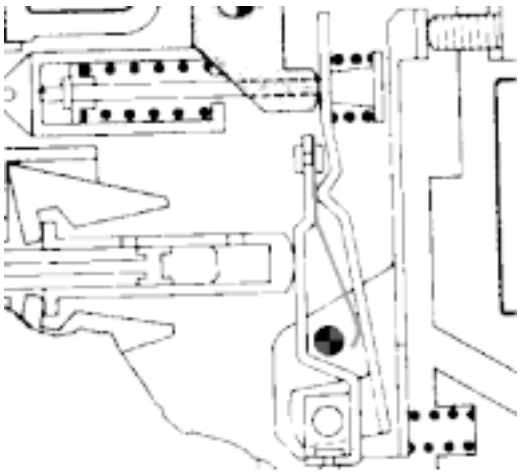
1 Шайба с роликами
2 Зубцы максимальной подачи топлива
3 Кулачковая шайба

Двигатели без наддува и с наддувом



При запуске двигателя пружина увеличения подачи топлива перемещает в осевом направлении держатели с роликами вдоль кулачковой шайбы. Это приводит к увеличению расстояния между держателями роликов и как следствие - к увеличению хода поршней. После запуска двигателя управляющее давление подается к гидравлическим толкателям, которые возвращают держатели с роликами в исходное положение и, таким образом, отключают пусковую подачу топлива.

7.6.3. Топливный насос фирмы Bosch



Когда регулятор не работает, увеличение пусковой подачи осуществляется за счет воздействия в конце хода нагнетания на шайбу-золотник листовой пружины, соединенной с рычагом, который связан с педалью акселератора.

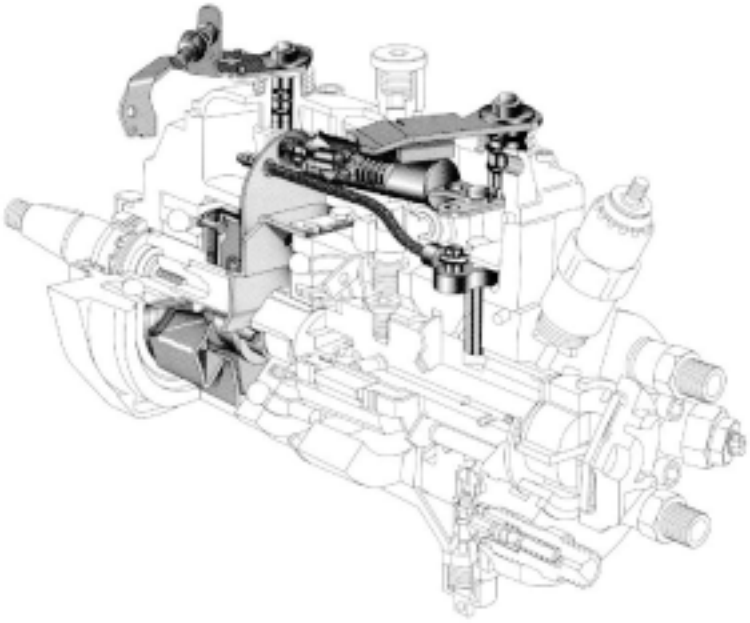
7.7. Регулирование частоты вращения двигателя

7.7.1. Обзор

Одной из особенностей дизельного двигателя является то, что он работает при избытке воздуха, подаваемого в цилиндры, в диапазоне от частоты вращения холостого хода до номинальной частоты вращения. Это означает, что при всех нагрузках частота вращения двигателя может регулироваться только за счет изменения количества впрыскиваемого топлива. Поэтому регулирование частоты вращения в дизельном двигателе заключается в автоматическом изменении количества впрыскиваемого топлива с целью получения постоянной частоты вращения для заданного режима. В стационарных двигателях регулирование частоты вращения может осуществляться во всем диапазоне частот вращения, однако в автомобильных двигателях регулятор чаще всего используется только на максимальной и минимальной частотах вращения.

7.7.2. Регулирование минимальной/максимальной частот вращения

При установке двигателя на автомобиль требуется регулирование его минимальной и максимальной частот вращения. Очевидно, что регулирование частоты вращения на холостом ходу необходимо для избежания ее колебаний, связанных с включением различных потребителей электроэнергии автомобиля. А на максимальной частоте вращения необходимо регулирование для защиты двигателя от разноса при работе с низкой нагрузкой (например, во время замеров дымности отработавших газов).



Механическое регулирование минимальной/максимальной частоты вращения

Информация о частоте вращения двигателя поступает от центробежного регулятора. Сила, возникающая за счет отклонения грузиков центробежного регулятора, уравновешивается силой пружин регулятора, положение которых также изменяется при перемещении рычага, связанного с педалью акселератора. Существуют три фазы регулирования:

- регулирование частоты вращения холостого хода;
- промежуточный нерегулируемый диапазон частот вращения;
- регулирование максимальной частоты вращения.

7.7.3. Всережимный регулятор

Этот способ регулирования используется в основном на двигателях, устанавливаемых на газонокосилках, сельскохозяйственной технике, землеройных машинах, а также на стационарных двигателях. Он предназначен для регулирования частоты вращения двигателя во всем скоростном диапазоне путем поддержания заданной постоянной частоты вращения независимо от нагрузки.

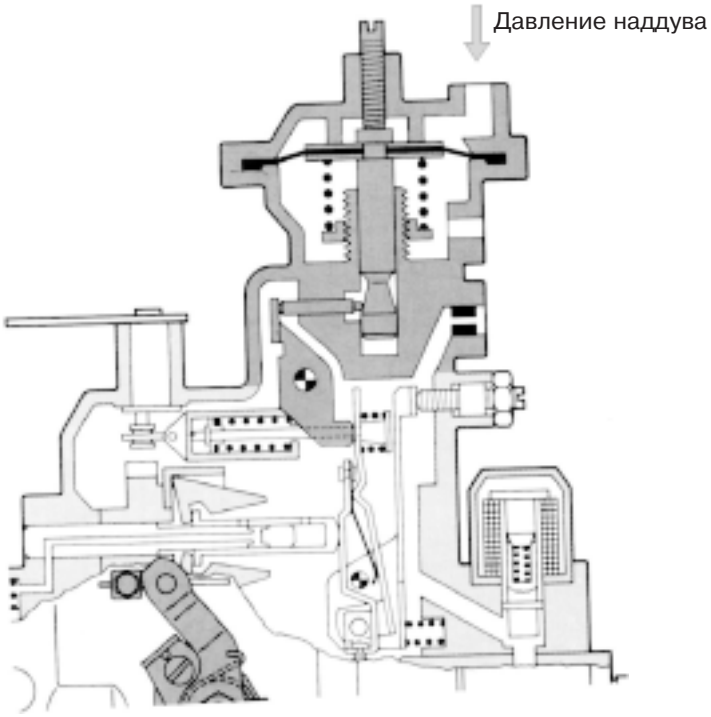
7.8. Коррекция подачи топлива при турбонаддуве

7.8.1. Обзор

На двигателе с турбонаддувом цикловая подача топлива должна соответствовать количеству воздуха, поступающему в цилиндры, которое, главным образом, зависит от давления во впускном коллекторе.

7.8.2. Топливный насос фирмы Bosch

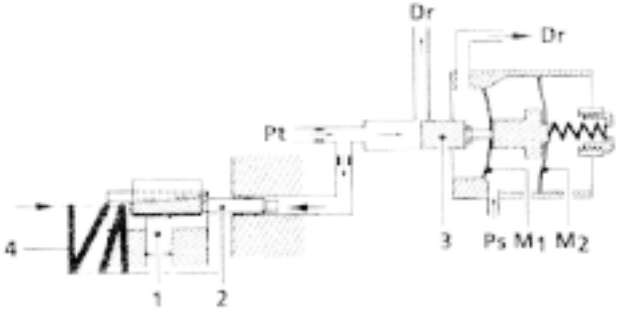
Механический корректор цикловой подачи топлива при наддуве (LDA)



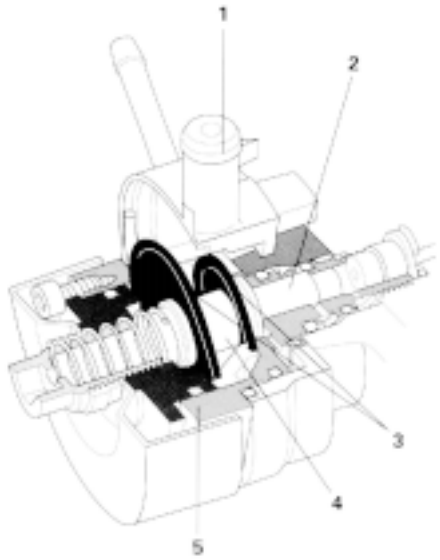
7.8.3. Топливный насос фирмы Lucas

Механический корректор цикловой подачи топлива при наддуве

1	Поршень, нагнетающий топливо
2	Гидравлические толкатели увеличения подачи топлива
3	Поршень регулятора
4	Пружина корректора подачи топлива
Pt	Управляющее давление
Ps	Давление наддува
Dr	Выход топлива
M1-M2	Диафрагмы коррекции подачи топлива по наддуву



По мере повышения давления наддува происходит увеличение цикловой подачи топлива за счет снижения давления, подводимого к гидравлическим толкателям увеличения подачи при наддуве (2), которое уравновешивается пружиной (4).



1 Подвод давления наддува
2 Разгружающий поршень
3 Мембраны, имеющие разную площадь
4 Втулка
5 Резьбовая втулка

7.8.4. Электрическое управление коррекцией подачи топлива

В системах с электронным управления коррекцией подачи топлива при наддуве массовый расход поступающего в цилиндры воздуха непосредственно измеряется массовым или объемным расходомером.

8. Функции предпускового и последующего подогрева

8.1. Обзор

Предпусковой и последующий подогрев используются для подогрева поступающего воздуха с целью сокращения периода задержки воспламенения во время запуска двигателя и периода прогрева.

- Предпусковой подогрев – это важная функция для запуска двигателя с разделенными камерами сгорания.
- Последующий подогрев – это, в основном, мера, снижающая токсичность отработавших газов.

8.2. Электрическая цепь

Свечи накаливания управляются компьютером системы предпускового подогрева или компьютером системы впрыскивания, если последний установлен на автомобиле.

8.3. Принцип работы

8.3.1. Предпусковой подогрев

Предпусковой подогрев имеет две фазы.

- Переменную фазу предпускового подогрева, которая определяется на основе информации о температуре охлаждающей жидкости. В период этой фазы загорается индикатор на приборной панели.
- Постоянную фазу предпускового подогрева. После того как индикатор на приборной панели погаснет, на свечи накаливания в течение определенного периода подается питание.

8.3.2. Фаза запуска двигателя

Во время фазы запуска двигателя сила тока, подводимого к свечам накаливания, изменяется в зависимости от температуры охлаждающей жидкости.

8.3.3. Последующий подогрев

Последующий подогрев имеет две фазы.

- Постоянную фазу последующего подогрева, когда на свечи накаливания в течение определенного периода подается питание.
- Переменную фазу последующего подогрева, в течение которой на свечи накаливания в течение нескольких минут подается питание за исключением случаев их отключения по одной из следующих причин:
    - температура охлаждающей жидкости поднимается выше заданного порога;
    - нагрузка увеличивается выше заданного порога.

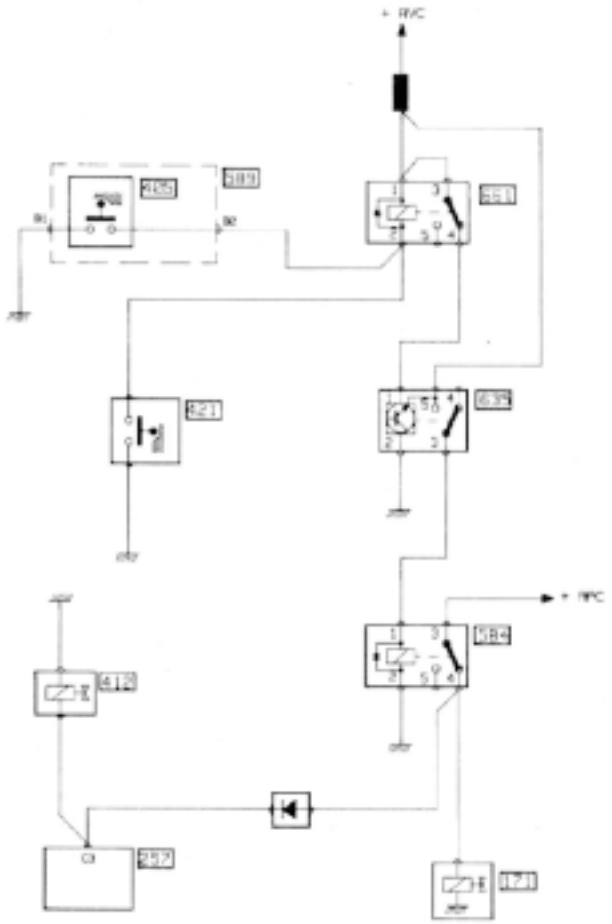
9. Дополнительные функции

9.1. Регулирование работы кондиционера воздуха

9.1.1. Управление в режиме "включен-выключен"

На некоторых моделях автомобилей с кондиционером воздуха, чтобы оптимизировать работу двигателя, компрессор кондиционера должен отключаться, если двигатель запускается методом троганья с места на спуске. Эта функция управляется информацией о положении педали сцепления (контакты разомкнуты при нажатой педали) и положении педали акселератора (контакты разомкнуты при полной нагрузке). Если разомкнуты оба контакта, реле таймера отключает на несколько секунд питание электромагнитной муфты включения компрессора.

Управление отключением кондиционера воздуха на модели РЕНО19



171 Электромагнитная муфта включения компрессора
257 Компьютер управления предпусковым подогревом
405 Выключатель на рычаге нагрузки насоса
412 Электромагнитный клапан повышенной частоты вращения холостого хода
421 Выключатель на педали сцепления
584 Реле муфты включения компрессора
589 Топливный насос
635 Реле таймера отключения кондиционера воздуха
661 Реле управления таймером отключения кондиционера воздуха

9.1.2. Электронное управление

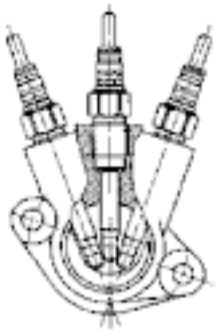
Электронное управление работой кондиционера воздуха действует также как и на автомобилях с бензиновым двигателем, и предусматривает несколько стратегий:

- стратегию запуска двигателя;
- стратегию защиты от перегрева;
- стратегию увеличения мощности при резком разгоне;
- стратегию отключения кондиционера для получения максимальной мощности (аналогично управлению методом "включен-выключен");
- стратегию, не позволяющую двигателю заглохнуть;
- стратегию отключения кондиционера при определении серьезной неисправности системы впрыскивания.

9.2. Управление подогревателями охлаждающей жидкости

9.2.1. Обзор

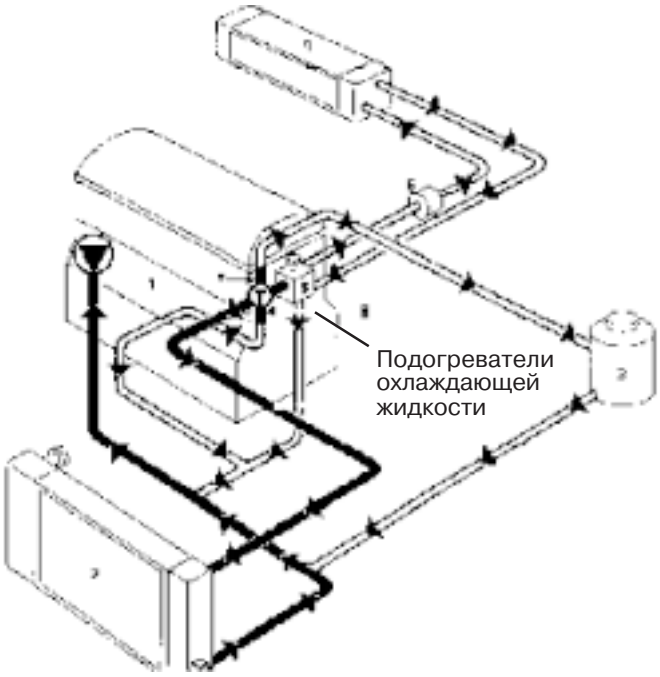
На некоторых автомобилях, имеющих дизельные двигатели с камерой сгорания в поршне, в которых потери теплоты в систему охлаждения очень малы, для получения удовлетворительного обогрева салона автомобиля необходимо подогревать жидкость в системе охлаждения двигателя.



9.2.2. Принцип работы

В некоторых условиях подогреватели охлаждающей жидкости регулируются с использованием алгоритма, где в качестве исходных данных используются температура охлаждающей жидкости и температура воздуха. Стратегия управления также учитывает степень заряда аккумуляторной батареи.

Подогреватели охлаждающей жидкости устанавливаются на головке цилиндров рядом с термостатом и направляют горячую охлаждающую жидкость прямо в теплообменник отопителя пассажирского салона.



10. Снижение токсичности отработавших газов

10.1. Обзор

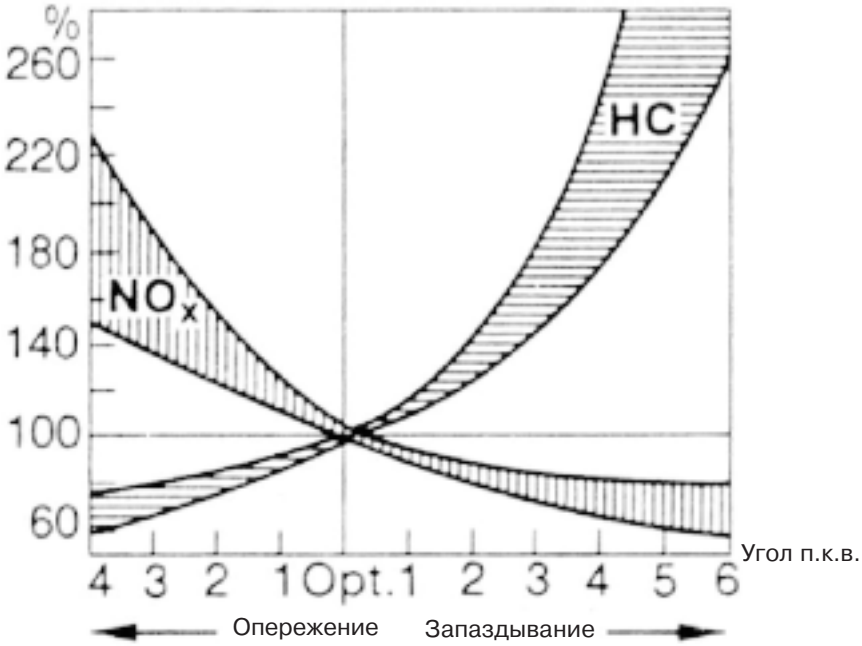
К дизельным двигателям, также как и к бензиновым, применяются очень жесткие нормы по токсичности. Основными токсичными компонентами, выбрасываемыми дизельными двигателями, являются окислы азота (NOx), окись углерода (CO) и углеводороды (CH). На дизельных двигателях применяются методы снижения токсичности, во многом схожие с теми, которые применяются на бензиновых двигателях, хотя методы управления отличаются.

10.2. Угол опережения впрыскивания и токсичность автомобиля

Установка угла опережения впрыскивания является важнейшим фактором, определяющим выбросы токсичных веществ.

- Если впрыскивание начинается слишком рано, температура сгорания возрастает, и это приводит к образованию большего количества окислов азота.
- Если впрыскивание начинается слишком поздно, сгорание будет происходить после ВМТ, и получившееся в результате этого неполное сгорание топлива приведет к образованию большого количества несгоревших твердых частиц и окислов углерода.

Угол опережения впрыскивания и выбросы токсичных веществ (документ фирмы Bosch)

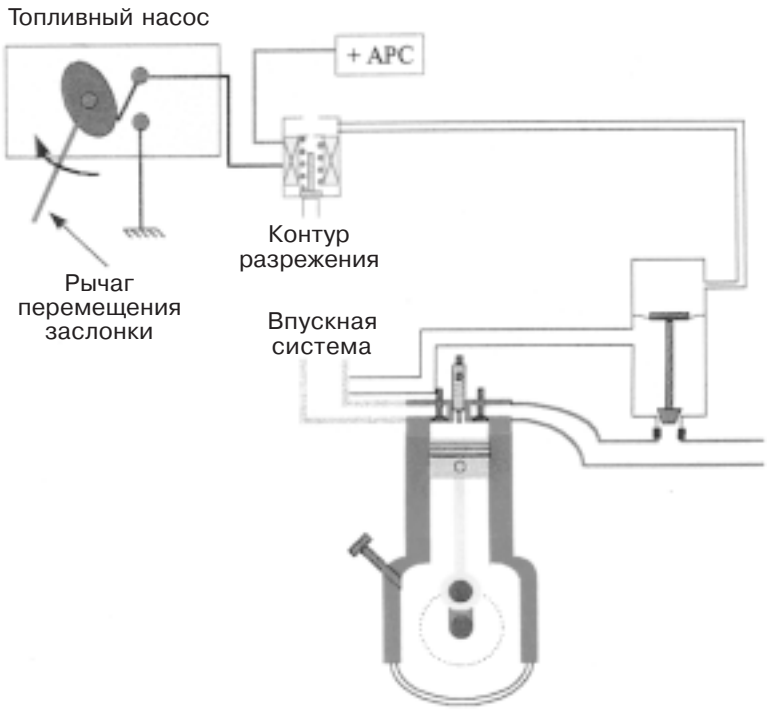


10.3. Управление рециркуляцией отработавших газов

Как и на бензиновом двигателе, система рециркуляции отработавших газов (EGR) предназначена для замены избыточного кислорода инертными газами с целью снижения образования NOx. Поскольку значительный избыток воздуха имеется, главным образом, на малых нагрузках, степень перепуска отработавших газов уменьшается по мере повышения нагрузки.

10.3.1. Управление в режиме "включен-выключен"

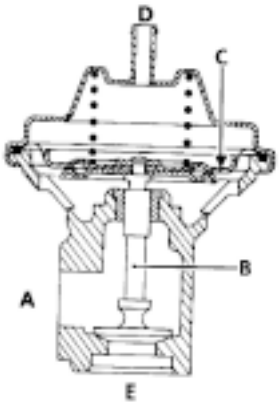
В данном случае заслонка рециркуляции отработавших газов открывается и закрывается электромагнитным клапаном, управляемым выключателем, расположенным на рычаге топливного насоса, связанным с педалью акселератора. Система также может включать в себя термо-пневматический привод, позволяющий учитывать температуру охлаждающей жидкости.



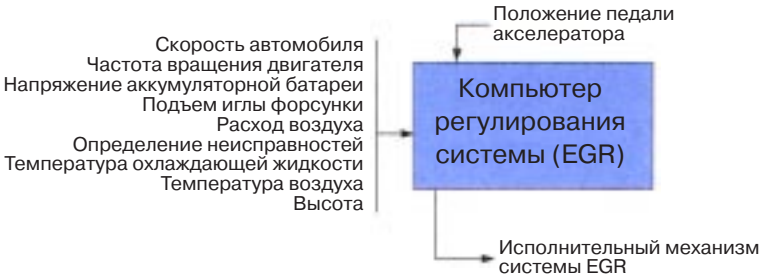
Пример

Количество отработавших газов, направляемых во впускной коллектор, пропорционально перемещению мембраны, определяемому разрежением, которое преодолевает усилие пружины.

A К впускной системе
B Клапан
C Диафрагма
D Подвод разрежения
E К выпускной системе



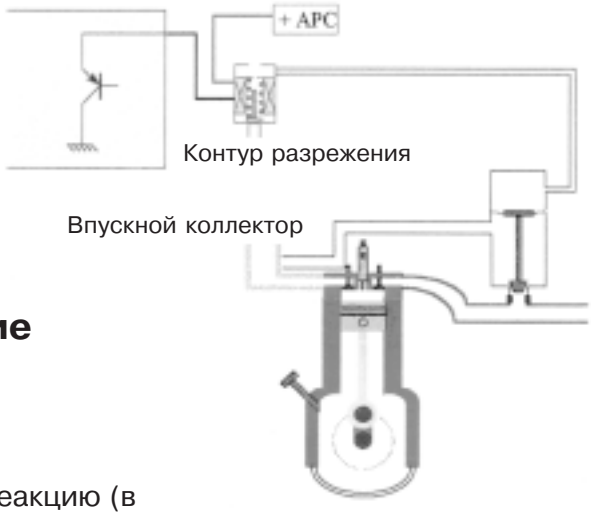
10.3.2. Электронное управление



Электронное управление системой рециркуляции отработавших газов (EGR) обеспечивает изменение степени рециркуляции в соответствии с алгоритмом, учитывающим большое число параметров. На некоторых автомобилях компьютер работает по замкнутому циклу, получая в качестве исходных данных информацию о действительном положении клапана регулирования EGR с целью коррекции отклонений в перемещении исполнительного механизма.

Пример

В данной системе компьютер управляет электромагнитным клапаном способом пульсирующего заземления цепи. При открытии электромагнитного клапана он подает разрежение от вакуумного насоса, необходимое для открытия клапана EGR и увеличения степени рециркуляции отработавших газов.



10.4. Окислительные каталитические нейтрализаторы

10.4.1. Определение

Катализатор – это вещество, которое ускоряет реакцию (в нашем случае - химическую реакцию), не принимая в ней действительного участия. В каталитическом нейтрализаторе отработавших газов катализатор обычно изготавливается из ценных металлов (таких как платина или родий), расположенных на керамическом носителе.

10.4.2. Окислительные нейтрализаторы

Окислительные нейтрализаторы также часто называют “двухкомпонентными каталитическими нейтрализаторами”, поскольку они могут одновременно преобразовывать два компонента, окисляя CO в CO_2 и CH в H_2O и CO_2.

$$2CO + O_2 \Rightarrow 2CO_2$$
$$2C_2H_6 + 7O_2 \Rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$$

10.4.3. Поиск неисправностей

Проверить работу каталитического нейтрализатора трудно. В отличие от бензиновых двигателей максимальная температура отработавших газов дизельных двигателей не так высока, чтобы расплавлять керамический носитель. Поэтому наиболее часто встречающимся случаем нарушения нормальной работы каталитического нейтрализатора, который может почувствовать клиент, является забивание нейтрализатора сажей. Забивание сажей может быть вызвано следующими типичными причинами:

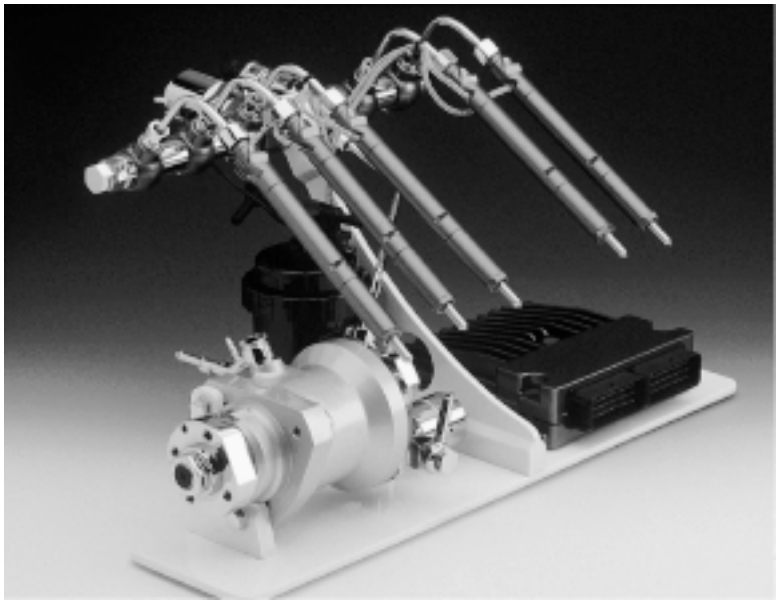
- длительная езда в городских условиях;
- загрязненный воздушный фильтр;
- неисправность в работе системы EGR;
- неисправность топливного насоса высокого давления.

Устранение неисправности надо начинать с прочистки выпускной системы путем проведения интенсивных дорожных испытаний (но не при полной нагрузке).

11. Топливная система "коммон-рэйл"

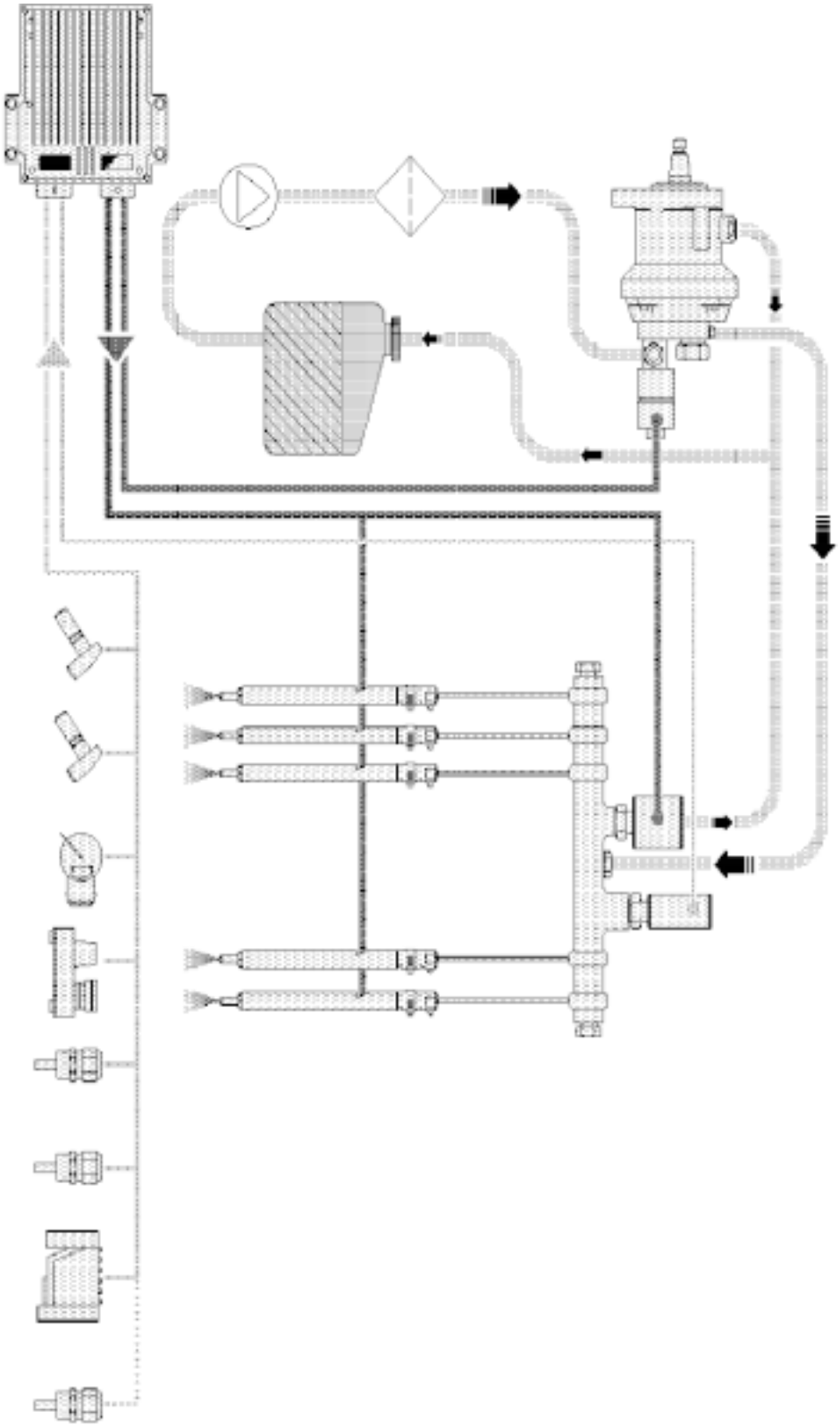
Топливная система типа "коммон-рэйл" является одной из нескольких топливных систем дизелей, позволяющих осуществлять полное управление процессом топливоподачи. Эти системы были созданы в рамках усилий производителей, направленных на удовлетворение требований владельцев автомобилей к повышению эффективности работы, а также для выполнения норм по токсичности.

Принцип работы системы "коммон-рэйл" берет начало от топливных систем бензиновых двигателей за исключением того, что применяются более высокие давления. Насос высокого давления (номинальное давление около 1200 бар) нагнетает топливо в топливный аккумулятор, откуда оно подается к форсункам, имеющим электромагнитное управление. Компьютер управления впрыскиванием регулирует давление на основе ряда входных параметров, включая действительное давление топлива, определенное соответствующим датчиком.

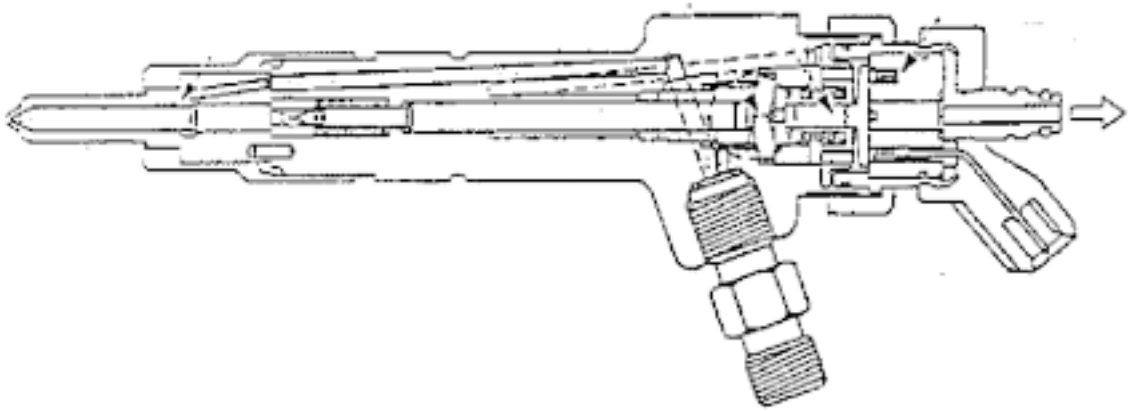
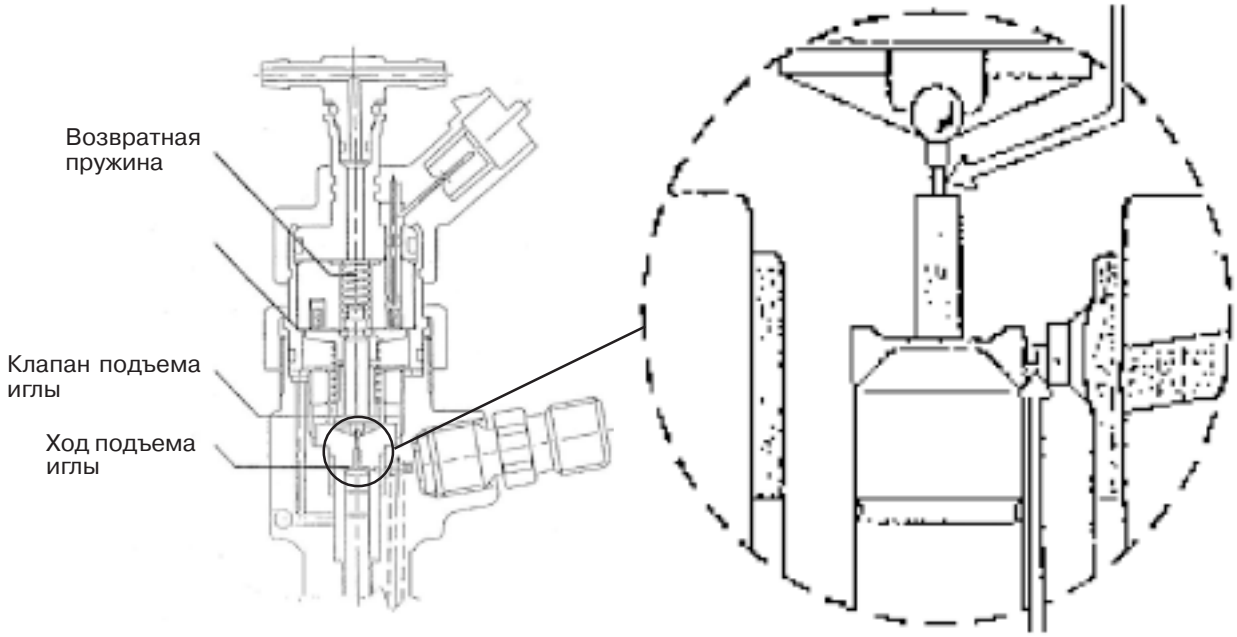


Для правильного определения момента начала впрыскивания компьютер обрабатывает различные параметры работы двигателя, самыми важными из которых являются нагрузка и частота вращения двигателя. Эти системы часто включают в себя все функции, которые обычно имеют системы впрыскивания бензина.

11.1. Гидравлическая схема



11.2. Форсунки



Форсунки в топливной системе "коммон-рэйл" управляются электромагнитным способом от компьютера. Регулирование цикловой подачи топлива осуществляется за счет снижения управляющего давления, позволяющего получить нужный перепад давлений на игле форсунки, вызывающий ее подъем.