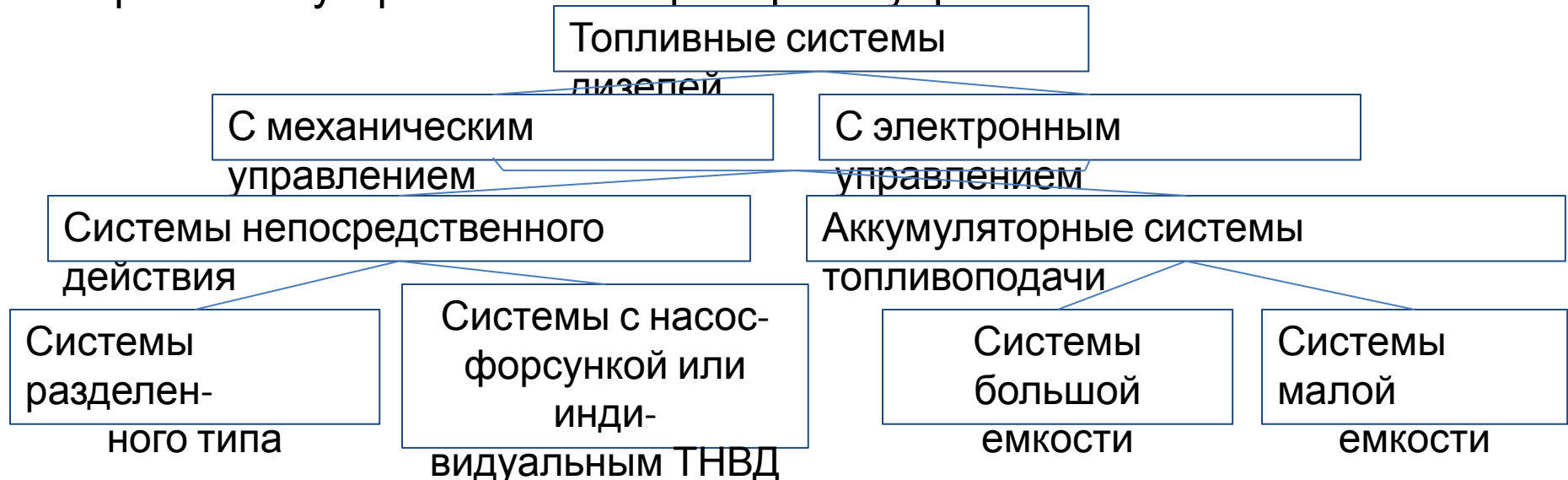


Лекция 3. Системы топливоподачи современных дизельных двигателей.

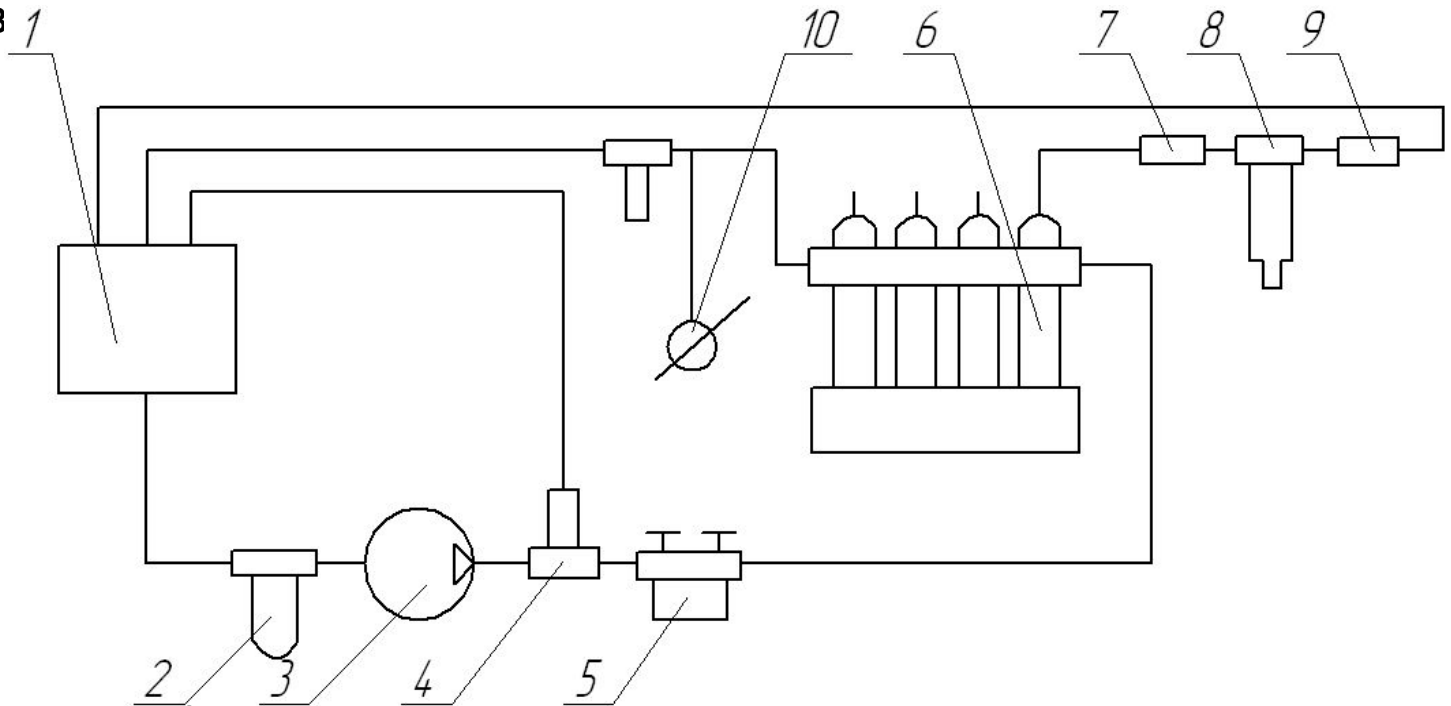
- 3.1. Классификация систем топливоподачи дизельных двигателей.
- 3.2. Характеристики и общая схема системы типа Common Rail.
- 3.3. Основные узлы системы Common Rail.
- 3.4. Принцип действия форсунки с электрогидравлическим управлением.
- 3.5. Особенности системы топливоподачи с индивидуальными ТНВД и насос-форсунками.
- 3.6. Многофазный впрыск топлива.

3.1. Классификация систем топливоподачи дизельных

Современные топливные системы дизелей по способу управления топливоподачей подразделяются на два типа: с механическими и электронными устройствами и приборами управления.



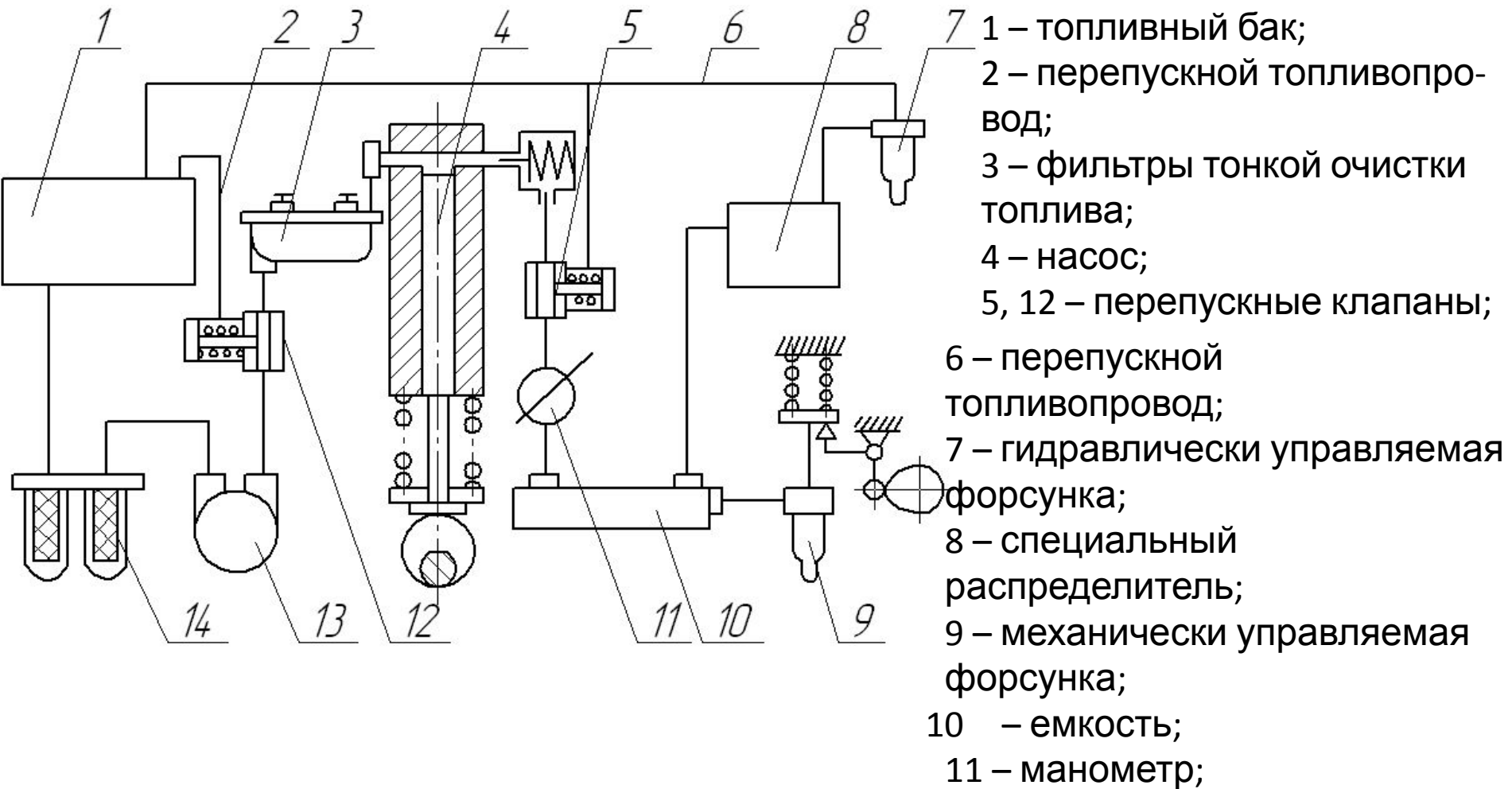
Системы питания непосредственного действия получили широкое распространение на дизелях различного назначения. Основными элементами этой системы являются насос высокого давления, форсунка, фильтры грубой и тонкой очистки, привод плунжера высокого давления. По способу привода плунжера эти системы разделяют на системы с механическим, газовым, пружинным и пневмогидрав



- 1 – топливный бак;
 2 – фильтр грубой очистки;
 3 – подкачивающий насос;
 4, 11 – перепускные клапаны;
 5 – фильтры тонкой очистки;
 6 – насос высокого давления;
 7 – фильтр высокого давления;
 8 – форсунка;
 9 – фильтр перепускного топливопровода;
 10 – манометр;
 12 – сливные топливопроводы

Топливные системы аккумуляторного типа обычно состоят из насоса, нагнетающего топливо в аккумулятор, специального распределителя и форсунки. Принципиальное отличие этих систем от систем непосредственного действия заключается в том, что топливо поступает в камеру сгорания дизеля не непосредственно от насоса высокого давления, а из аккумулятора, в котором поддерживается необходимое давление

Схема аккумуляторной системы питания дизеля:



3.2. Характеристики и общая схема системы типа Common Rail

По сравнению с обычными топливными системами (ТНВД с кулачковым приводом), топливная система Bosch «Common Rail» (CR) для дизелей с непосредственным впрыском топлива обеспечивает значительно более высокую гибкость при адаптации топливной системы к двигателю.

Система «Common Rail» характеризуется следующими особенностями:

- широкая область применения;
- высокое давление впрыска (до 200 МПа);
- переменный угол опережения впрыска;
- возможность формирования процесса двухфазного и многофазного впрыска;
- соответствие давления впрыска скоростному и нагрузочному режимам.

Создание давления и непосредственный процесс впрыска в аккумуляторной топливной системе CR полностью разделены.

Аккумуляторная топливная система CR включает в себя следующие элементы электронного управления:

- ЭБУ;
- датчик частоты вращения коленчатого вала;
- датчик частоты вращения распределительного вала;
- датчик положения педали акселератора;
- датчик давления наддува;
- датчик давления в аккумуляторе;
- датчик температуры охлаждающей жидкости;
- массовый расходомер воздуха.

Используя входные сигналы указанных выше датчиков, ЭБУ регистрирует положение педали акселератора и определяет на данный момент времени рабочую характеристику двигателя и автомобиля или трактора как единого целого.

На основе полученной информации ЭБУ может через разомкнутые и замкнутые контуры осуществлять управляющие действия с трактором (автомобилем) и с двигателем.

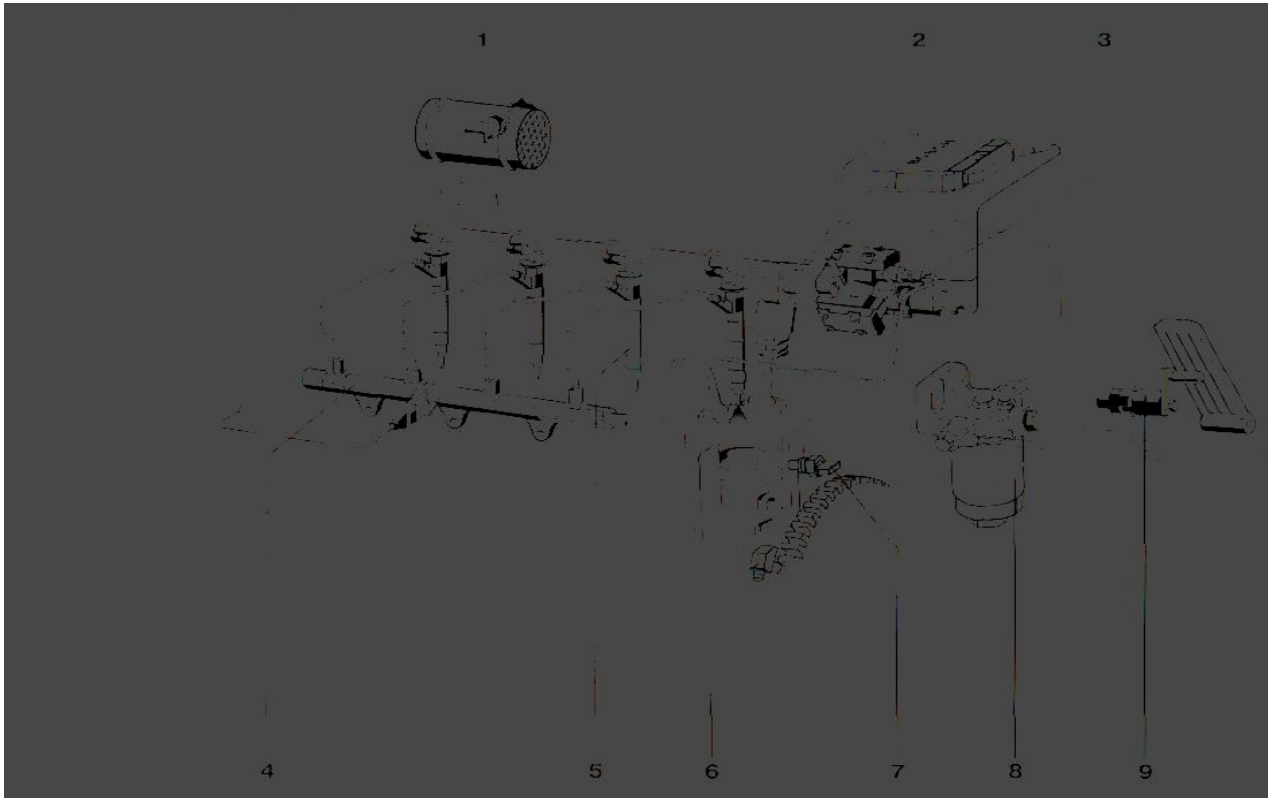
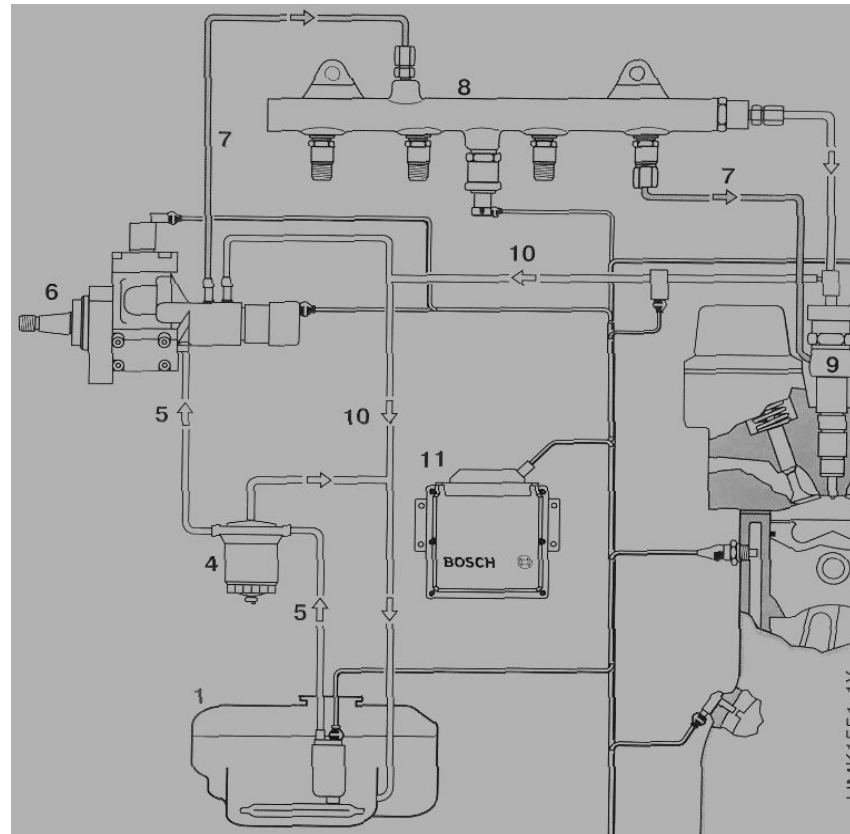


Схема расположения аккумуляторной топливной системы Common Rail на четырехцилиндровом дизеле:

- 1 – массовый расходомер воздуха;
- 2 – ЭБУ;
- 3 – ТНВД;
- 4 – аккумулятор топлива высокого давления;
- 5 – форсунки;

Аккумуляторная система топливоподдачи дизеля Common Rail включает в себя ступень низкого давления, ступень высокого давления и электронный блок управления.



1 – топливный бак;

2 – фильтр-топливоприемник;

Схема аккумуляторной топливной системы Common Rail:

3 – топливоподкачивающий насос;

4 – фильтр тонкой очистки топлива;

5 – трубопроводы линии низкого давления;

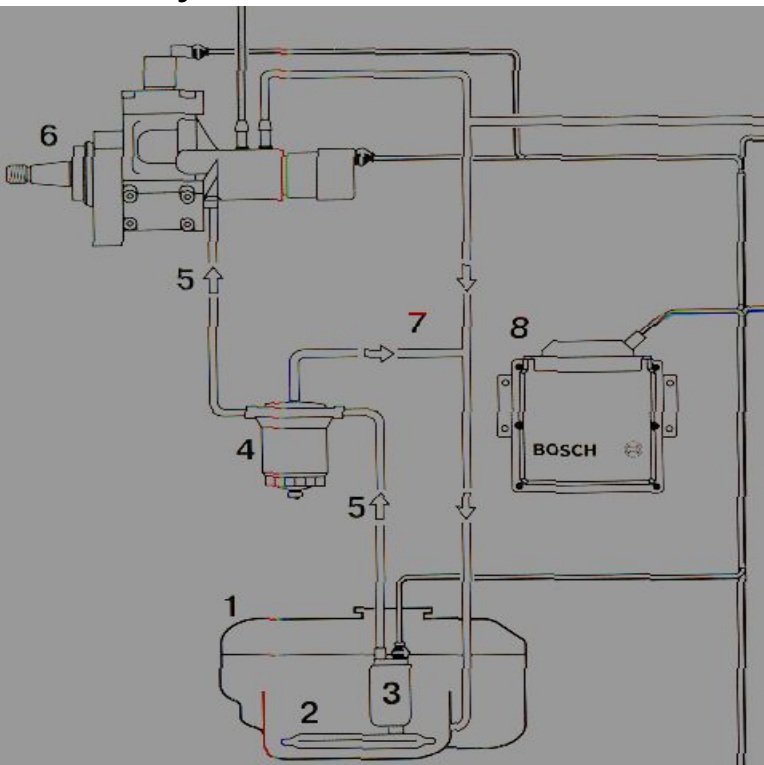
6 – ТНВД;

7 – трубопроводы линии высокого давления;

8 – аккумулятор топлива (Rail);

9 – форсунка;

Ступень низкого давления обеспечивает топливом ступень высокого давления.



Наиболее важными компонентами ступени низкого давления являются:

- топливный бак (1);
- топливоподкачивающий насос (3) с фильтром-топливоприемником (2);
- трубопроводы линии низкого давления и линии возврата топлива (5,7);
- фильтр тонкой очистки топлива (4);
- секция низкого давления в ТНВД (6).

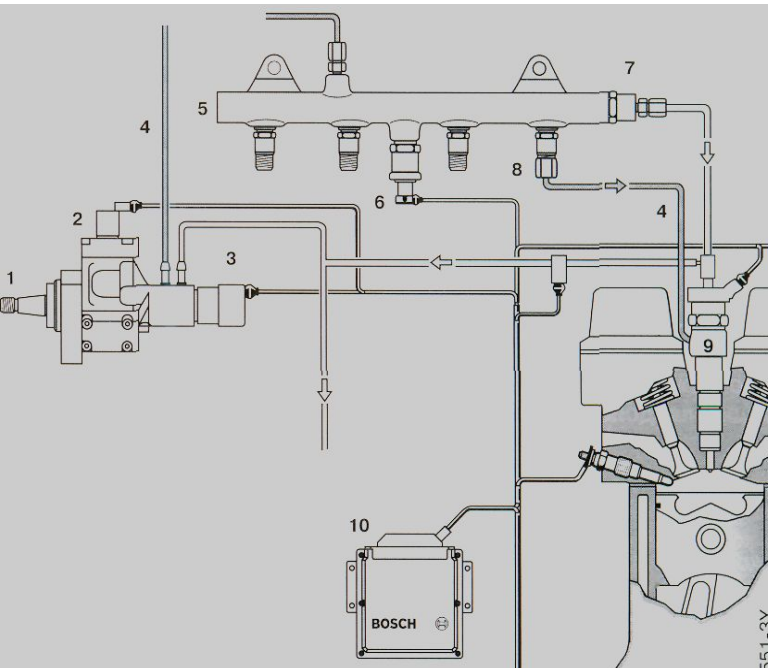
Ступень низкого

Топливоподкачивающий насос в ступени низкого давления топлива служит для обеспечения требуемой подачи топлива к элементам ступени высокого давления.

В работе топливоподкачивающего насоса предусматривается:

- независимость от режима работы двигателя;
- минимальный шум;
- обеспечение необходимого давления;
- ресурс работы, соответствующий полному сроку службы трактора.

Кроме создания высокого давления в ступени высокого давления предусматривается распределение топлива по цилиндрам и дозирование топлива.



Ступень высокого давления

Наиболее важными компонентами ступени высокого давления являются:

- ТНВД (1) с клапаном прекращения подачи (2) и регулятором давления (3);
- аккумулятор топлива (5);
- датчик давления топлива (6) в аккумуляторе;
- предохранительный клапан (7) (регулятор давления);
- ограничитель подачи (8);
- форсунки (9);
- ЭБУ(10).

Топливо из аккумулятора по коротким магистралям высокого давления поступает к форсункам, которые впрыскивают его непосредственно в камеры сгорания цилиндров двигателя. Каждая форсунка состоит в основном из распылителя и быстродействующего электромагнитного клапана, который управляет распылителем через механический привод. Электромагнитные клапаны приводятся в действие сигналами от блока

Блок управления работой дизеля учитывает с помощью датчиков положение педали газа и конкретные параметры эксплуатации трактора.

К ним относятся:

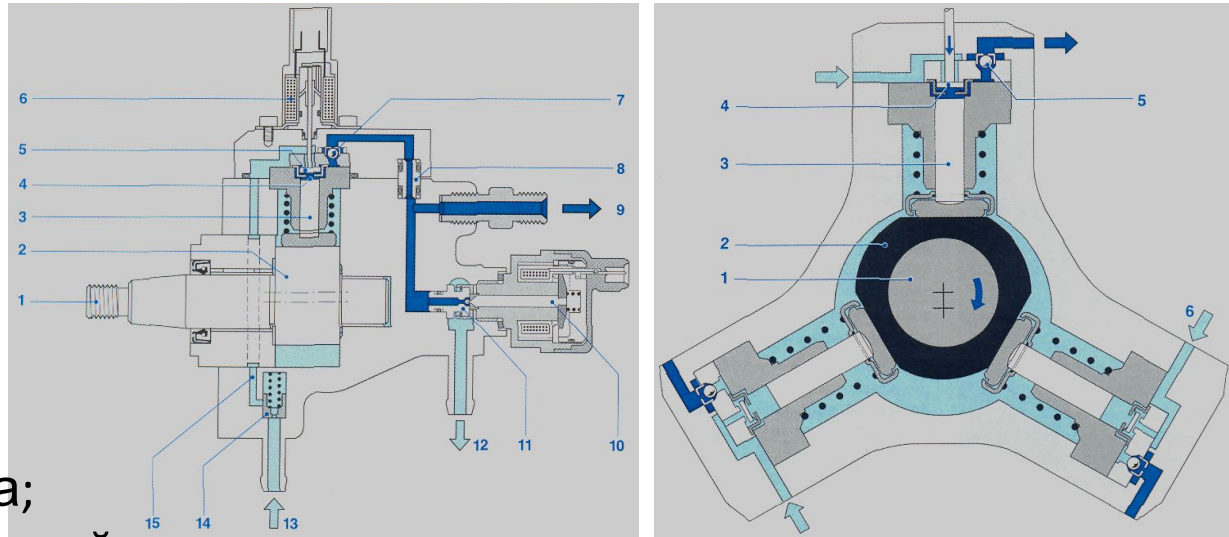
- угол поворота коленчатого вала;
- частота вращения распределительного вала;
- давление в топливном аккумуляторе;
- давление воздуха во впускном трубопроводе;
- температура воздуха на впуске, топлива и охлаждающей жидкости;
- расход воздуха;
- скорость движения трактора т.д.

Дополнительные управляющие и регулирующие функции системы электронного регулирования предназначены для уменьшения уровня эмиссии ОГ и расхода топлива:

- регулирование рециркуляции ОГ;
- регулирование давления наддува.

3.3. Основные узлы системы Common Rail.

Топливный насос высокого давления.



- 1 – вал привода;
2 – эксцентриковый кулачок;
3 – плунжер с гильзой;
4 – камера над плунжером;
5 – впускной клапан;
6 – электромагнитный клапан отключения плунжерной секции;
7 – выпускной клапан;
8 – уплотнение;
9 – штуцер магистрали, ведущей к аккумулятору высокого давления;
10 – клапан регулирования давления;
11 – шариковый клапан;
12 – магистраль обратного слива топлива;

Регулятор давления.

Регулятор давления поддерживает рабочее давление в аккумуляторе в зависимости от нагрузки двигателя:

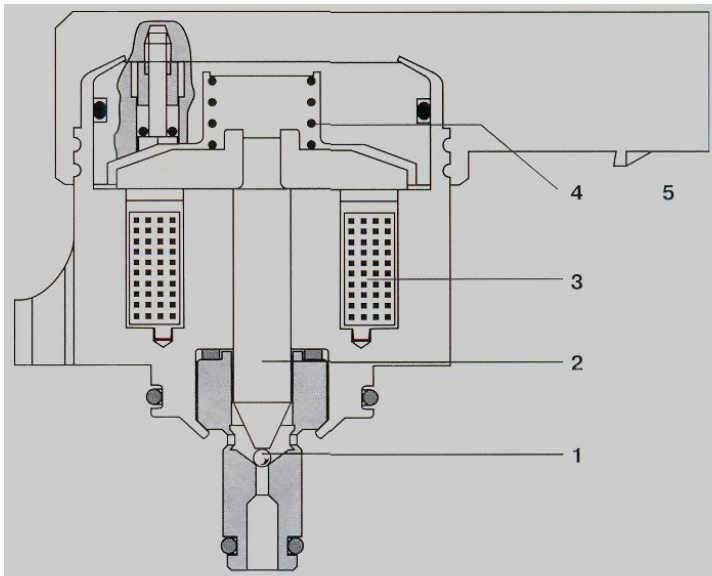
- при избыточном давлении в аккумуляторе клапан регулятора открывается, и часть топлива возвращается из аккумулятора в топливный бак по линии возврата топлива.

- если давление в аккумуляторе слишком низкое, то клапан регулятора закрывается и перекрывает ступень высокого давления от линии низкого давления.

Регулятор давления включен в два управляющих контура:

- управляющий контур низкого быстродействия для установки переменного среднего давления в аккумуляторе;

- механический управляющий контур высокого быстродействия для компенсации высоко-частотных колебаний давления.

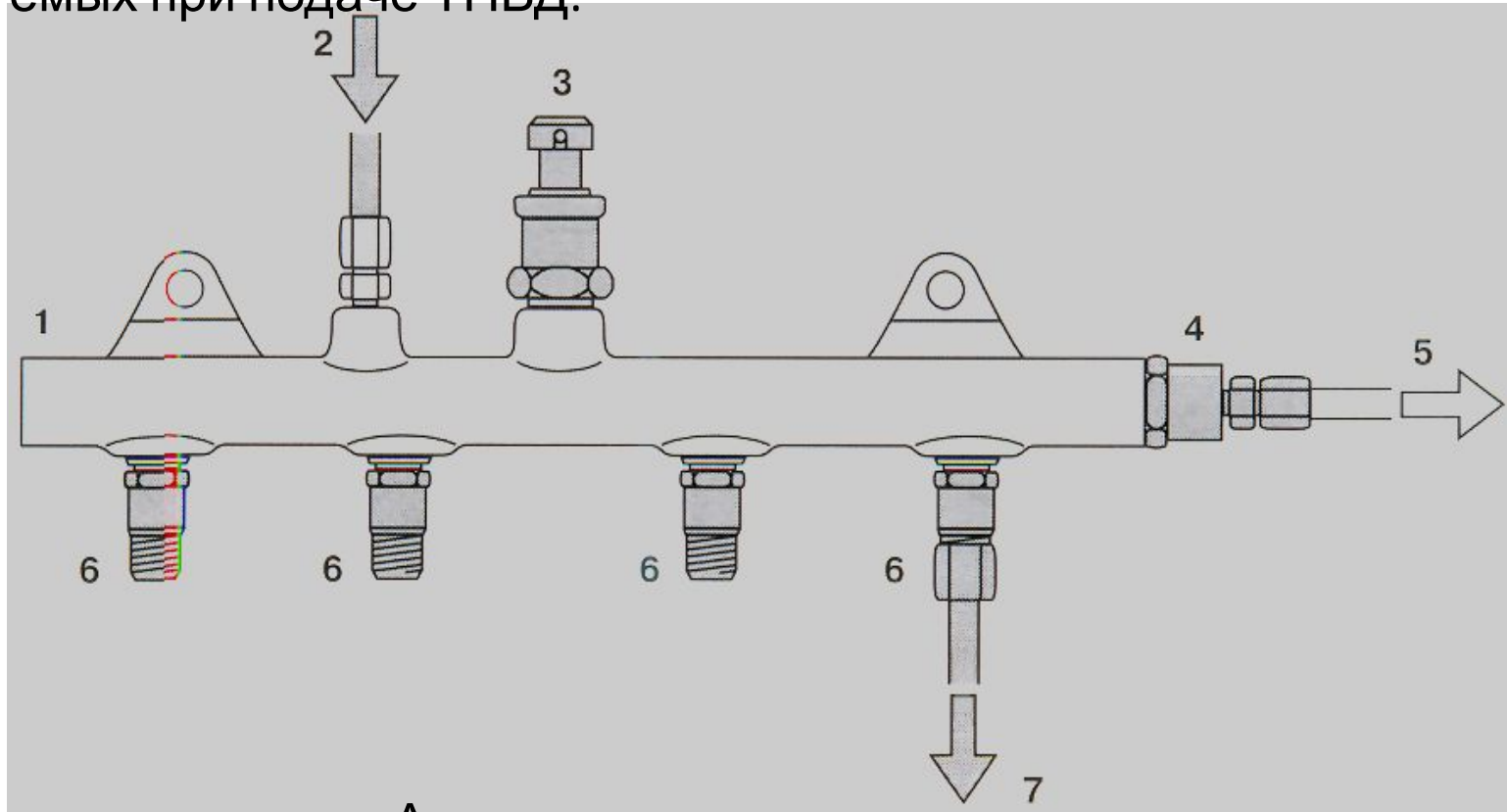


Регулятор давления:

- 1 – шариковый клапан;
- 2 – якорь;
- 3 – электромагнит;
- 4 – пружина;
- 5 – электрические выводы.

Аккумулятор высокого давления.

Аккумулятор служит для хранения топлива под высоким давлением и одновременно обеспечивает демпфирование колебаний давления, генерируемых при подаче ТНВД.



1 – аккумулятор;

2 – впуск топлива от ТНВД, давления;

3 – датчик давления в аккумуляторе;

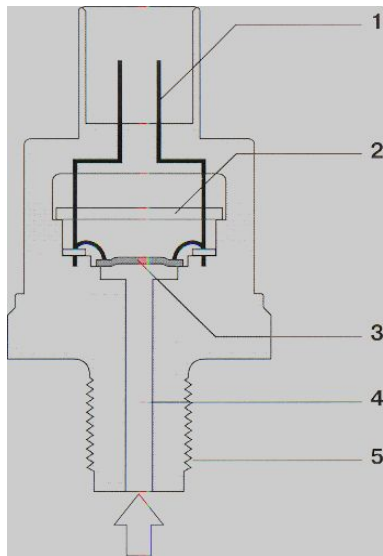
4 – клапан-регулятор давления;

5 – возврат топлива в топливный бак;

6 – ограничитель подачи;

Аккумулятор высокого

Датчик давления топлива в аккумуляторе.

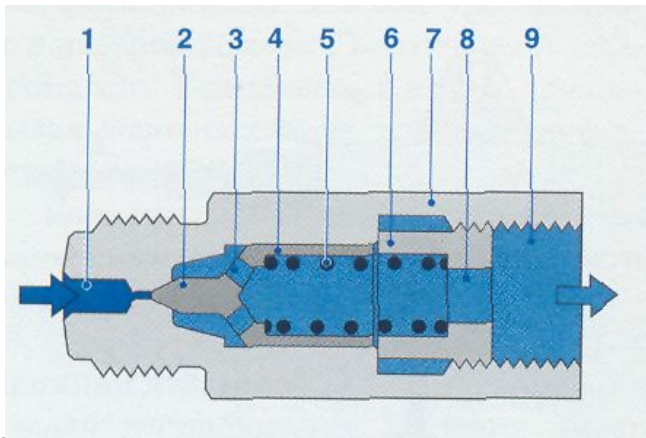


Датчик давления топлива в аккумуляторе:

- 1 – электрические выводы;
- 2 – контур со схемой обработки сигнала;
- 3 – диафрагма с чувствительным элементом датчика;
- 4 – сторона высокого давления;
- 5 – резьба

Клапан-регулятор давления.

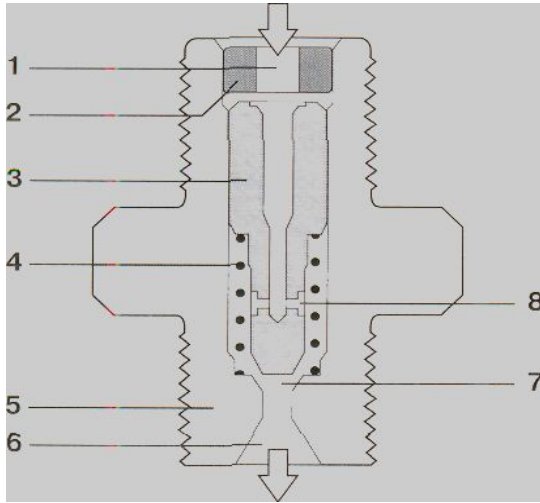
Клапан-регулятор



- 1 – сторона высокого давления;
- 2 – клапан;
- 3 – отверстия для прохода топлива;
- 4 – плунжер;
- 5 – пружина;
- 6 – упор;
- 7 – выпускной канал;
- 8 – пружина;
- 9 – упор

Клапан-регулятор давления выполняет функции предохранительного клапана. В случае сильного превышения рабочего давления клапан ограничивает давление в аккумуляторе путем открытия сливного канала. Максимальное давление, кратковременно допускаемое клапаном, равно 150...200 МПа в зависимости от модели двигателя.

Ограничитель подачи топлива.



- 1 – сторона соединения с аккумулятором;
- 2 – уплотнительная шайба;
- 3 – плунжер;
- 4 – пружина;
- 5 – корпус;
- 6 – сторона соединения с форсункой;
- 7 – седло клапана;
- 8 – дроссельное отверстие

Система электронного управления дизелей (EDC).

Система электронного управления дизелей (EDC) с топливной системой Common Rail включает в себя три главных системных блока:

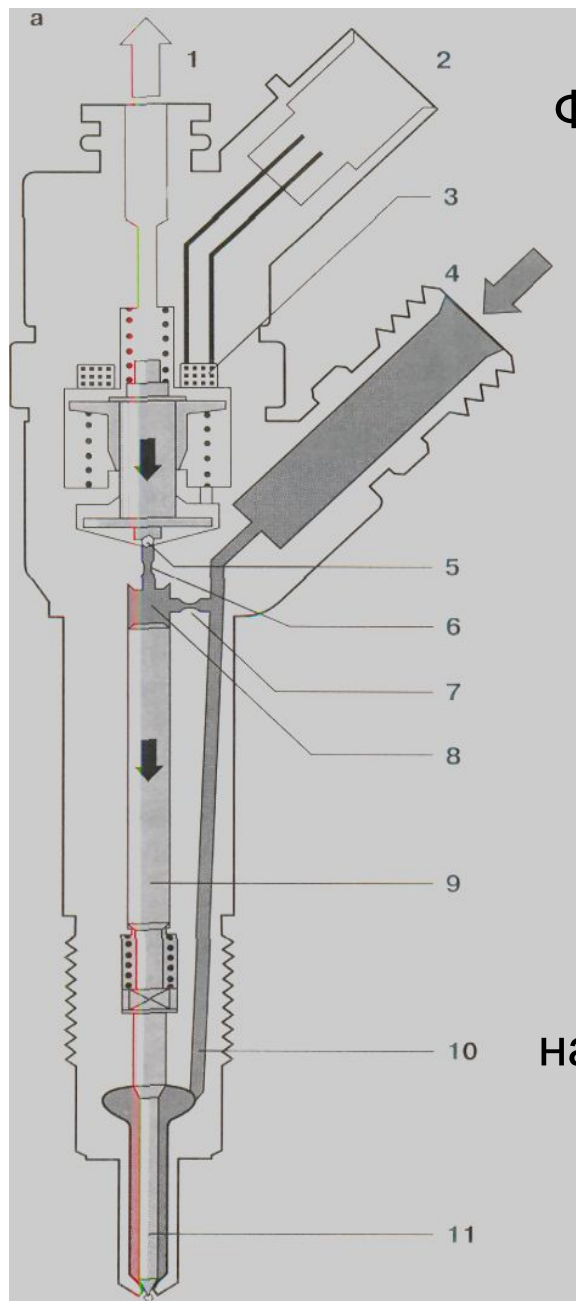
1. Датчики и генераторы импульсов для регистрации эксплуатационных условий и генерирования желаемых значений параметров. Они преобразуют различные физические параметры в электрические сигналы.

2. Электронный блок управления (ЭБУ) обрабатывает информацию, полученную от датчиков и генераторов в соответствии с данным алгоритмом управления для генерирования выходных электрических сигналов.

3. Исполнительные устройства, преобразуют электрические выходные сигналы ЭБУ в механические величины.

3.4. Принцип действия форсунки с электрогидравлическим управлением.

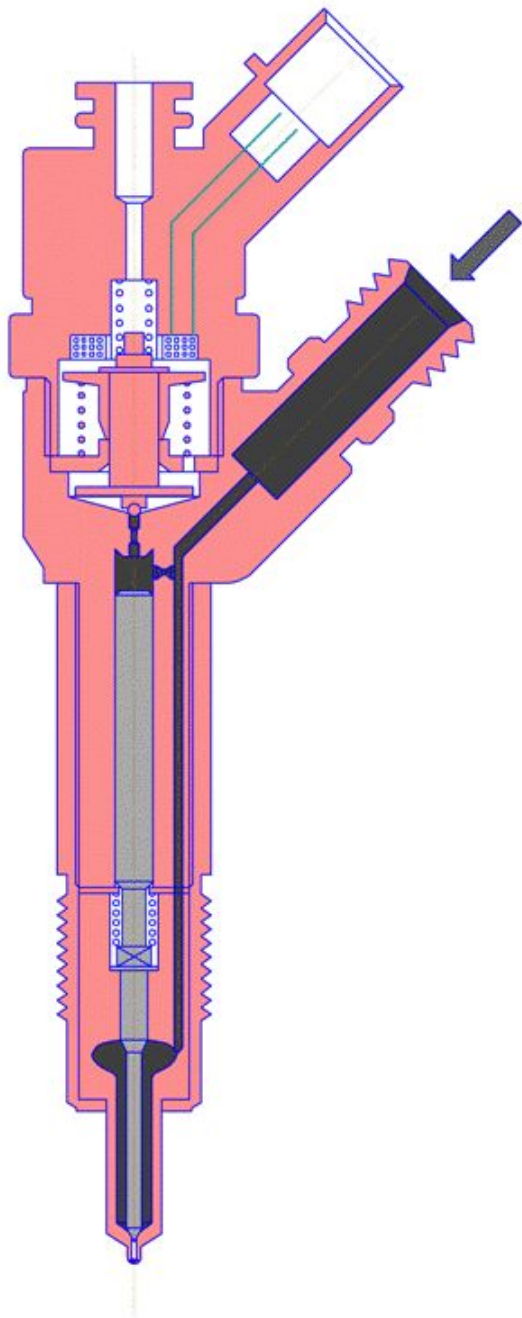
Форсунка с электрогидравлическим управлением:



- 1 – возврат топлива;
- 2 – электрические выводы;
- 3 – электромагнитный клапан;
- 4 – вход топлива из аккумулятора;
- 5 – шариковый клапан;
- 6 – жиклер камеры гидроуправления;
- 7 – «питающий» жиклер;
- 8 – камера гидроуправления;
- 9 – управляющий плунжер;
- 10 – канал к распылителю;
- 11 – игла форсунки

Устройство форсунки может быть подразделено на несколько блоков:

- распылитель с сопловыми отверстиями;
- гидравлическая сервосистема;
- электромагнитный клапан.

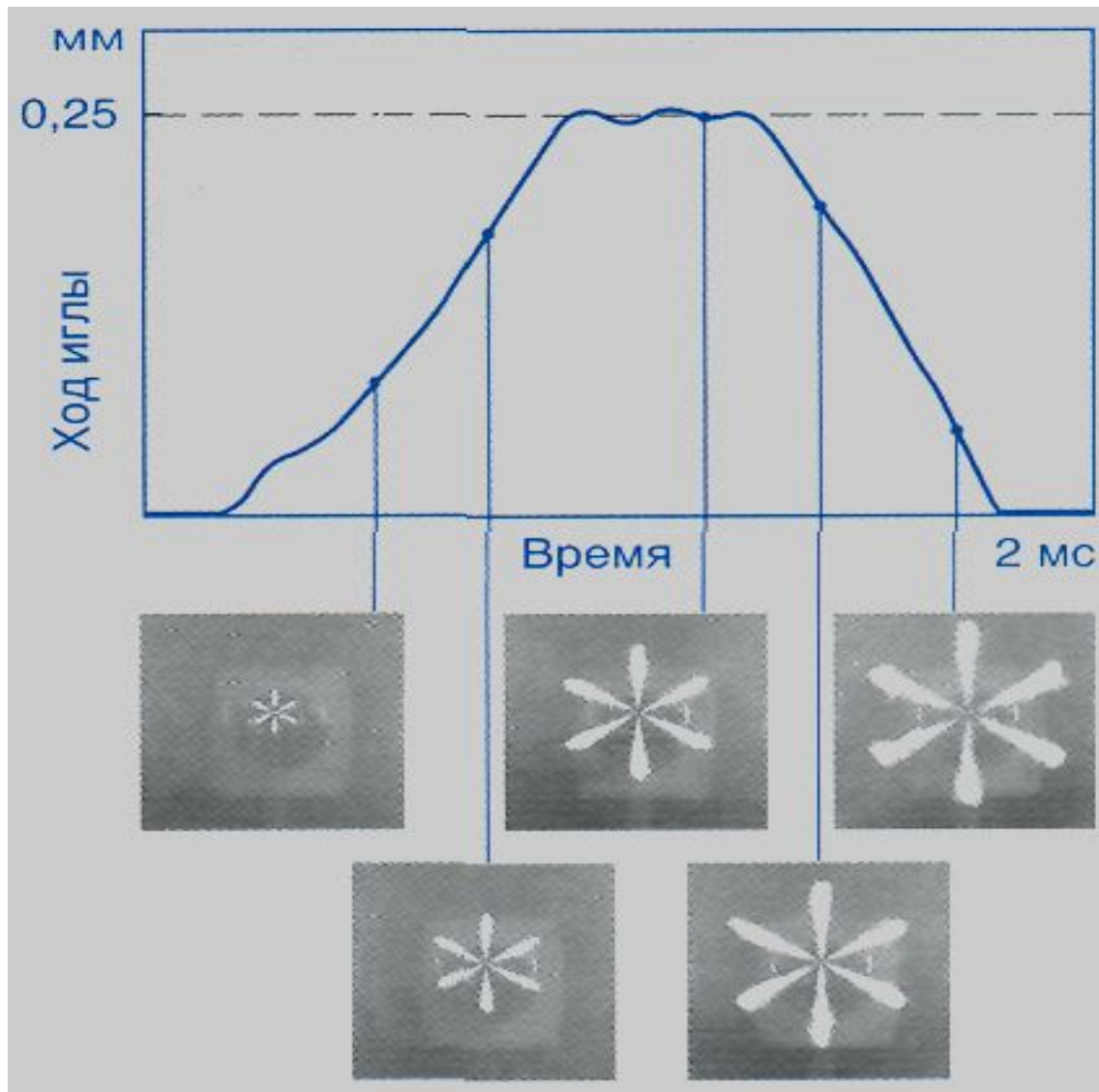


Работа форсунки может быть разделена на четыре рабочих стадии при работающем двигателе и создании высокого давления ТНВД:

- форсунка закрыта с приложенным высоким давлением;
- форсунка открывается (начало впрыска);
- форсунка полностью открыта;
- форсунка закрывается (конец впрыска).

При остановленном двигателе и отсутствии давления в аккумуляторе форсунка закрыта под действием пружины.

Формы факелов топлива.



Высокоскоростная съемка процесса впрыскивания топлива в цилиндр
дизеля

3.5. Особенности системы топливоподачи с

индивидуальными

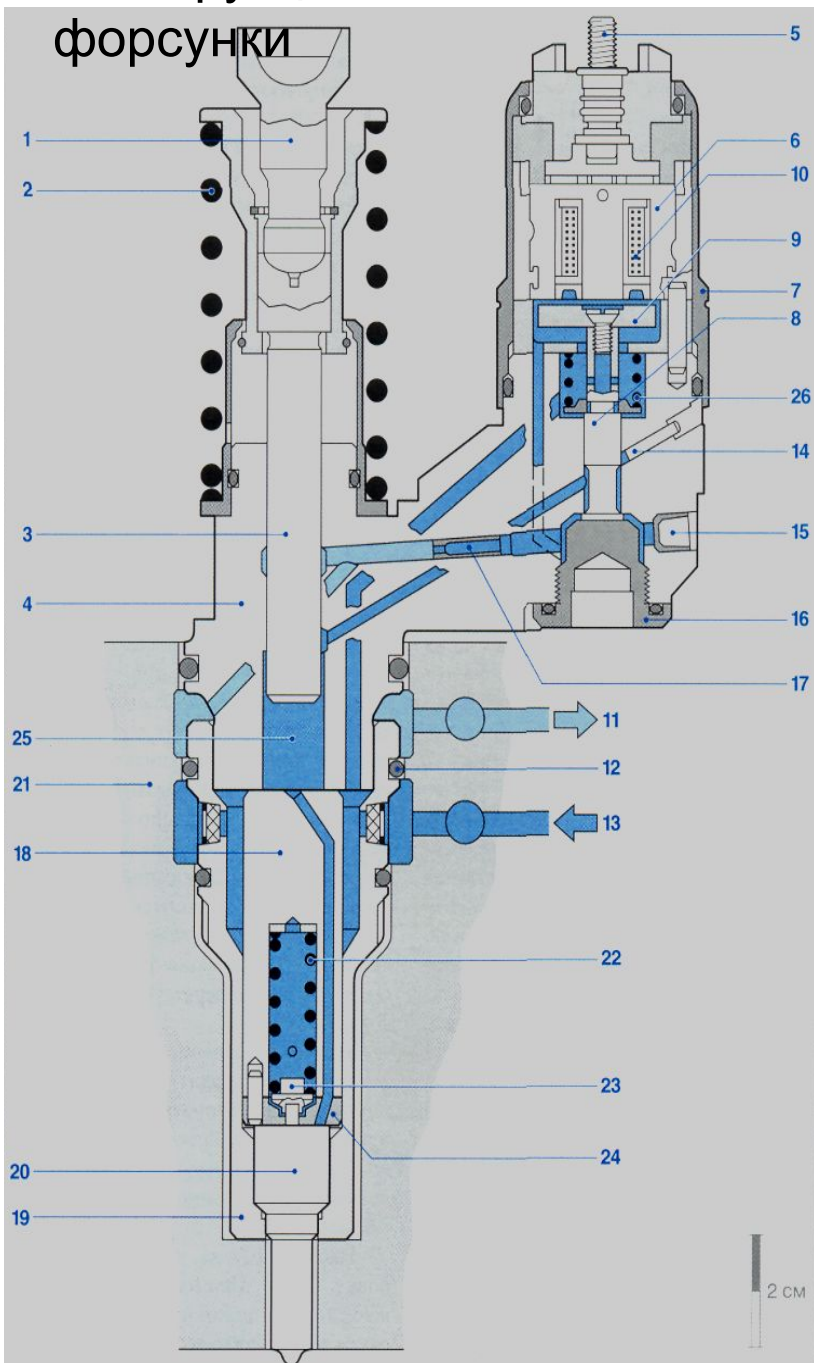
Топливные системы ~~насос-форсунками~~ и индивидуальными топливными насосами включают в себя одноплунжерные ТНВД с электронным управлением и используются в дизелях с непосредственным впрыском топлива. Их преимуществами являются:

- широкая область применения – в дизелях легковых и коммерческих автомобилей, а также в дизелях тяжелых грузовиков и тракторов;
- высокие, до 205 МПа, давления впрыска;
- регулирование угла опережения впрыска;
- возможность применения предварительного впрыска топлива.

К недостаткам систем с насосами-форсунками следует отнести:

- сложность и трудоемкость конструкции;
- сложность привода насоса-форсунки, расположенного на цилиндрической крышке;
- трудность обеспечения надлежащей жесткости деталей привода;
- трудность размещения насоса-форсунки в цилиндрической крышке;
- неудобство проведения текущих осмотров, так как требуется одновременно разбирать не только форсунку, но и насос;
- трудности эксплуатации (при каждом демонтаже насоса-форсунки приходится предварительно снимать рычаги ее привода и клапанов цилиндра).

Конструкция насос-форсунки

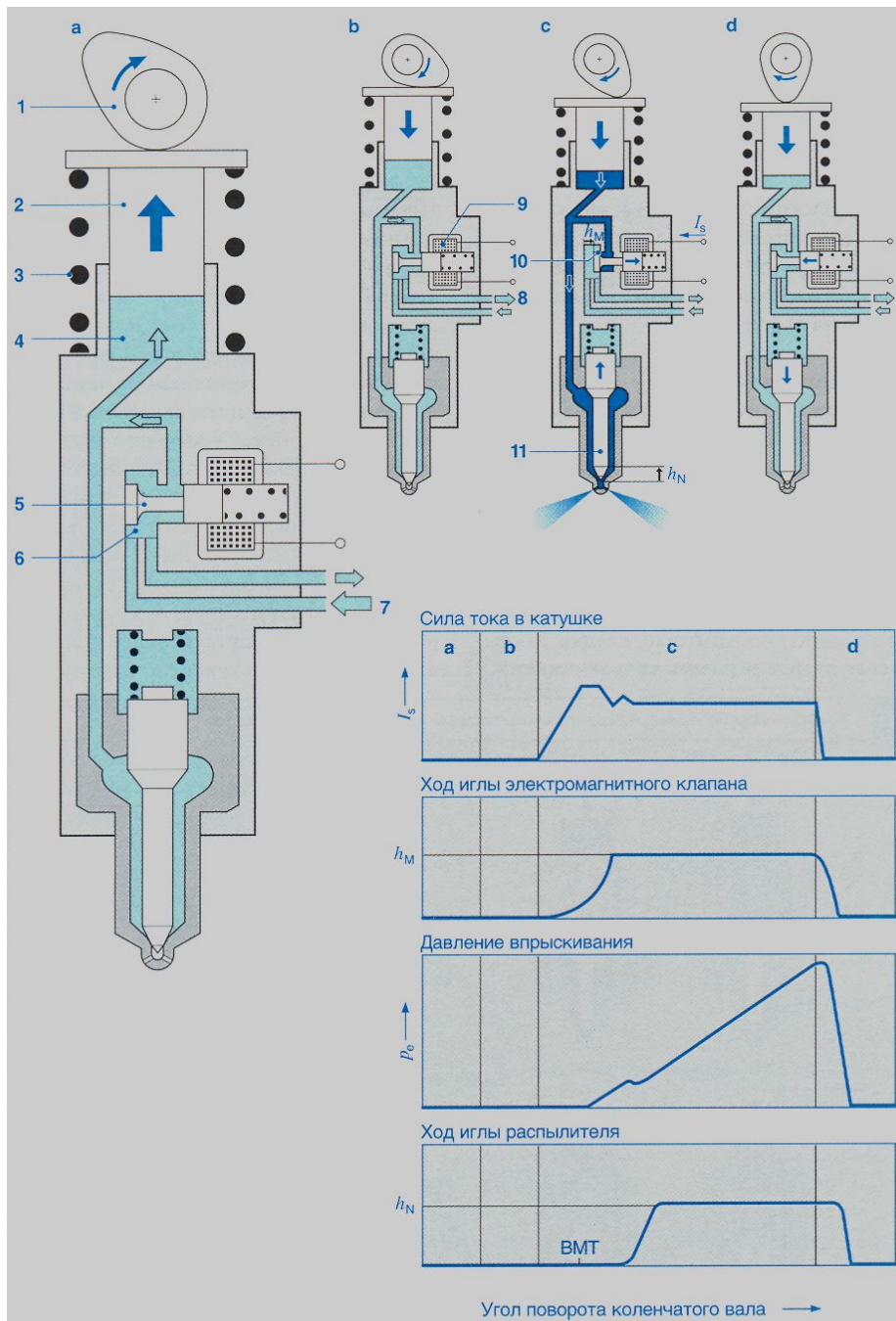


элементы:

1) Система создания высокого давления. Основными конструктивными элементами для создания высокого давления являются гильза насос-форсунки, выполненная в корпусе 4, с плунжером 3 и возвратной пружиной 2.

2) Электромагнитный клапан высокого давления. Этот клапан регулирует момент начала и продолжительность впрыскивания. Он состоит из следующих основных деталей – катушки 10, иглы 8 клапана, якоря 9, сердечника и пружины 26 электромагнитного клапана.

3) Распылитель 20 дозирует топливо и распыляет его по всему объему камеры сгорания, чем в конечном итоге определяется протекание процесса впрыскивания. Распылитель соединен с корпусом насос-форсунки



Рабочий процесс как насос-форсунок, так и системы механических индивидуальных ТНВД с электромагнитным клапаном можно подразделить на четыре основных этапа:

1) Ход наполнения

(a).
2) Предварительный ход плунжера от НМТ до перекрытия впускного отверстия (b).

3) Ход нагнетания и процесс впрыскивания (c).

4) Остаточный ход плунжера от начала открытия форсунки до ВМТ (d).

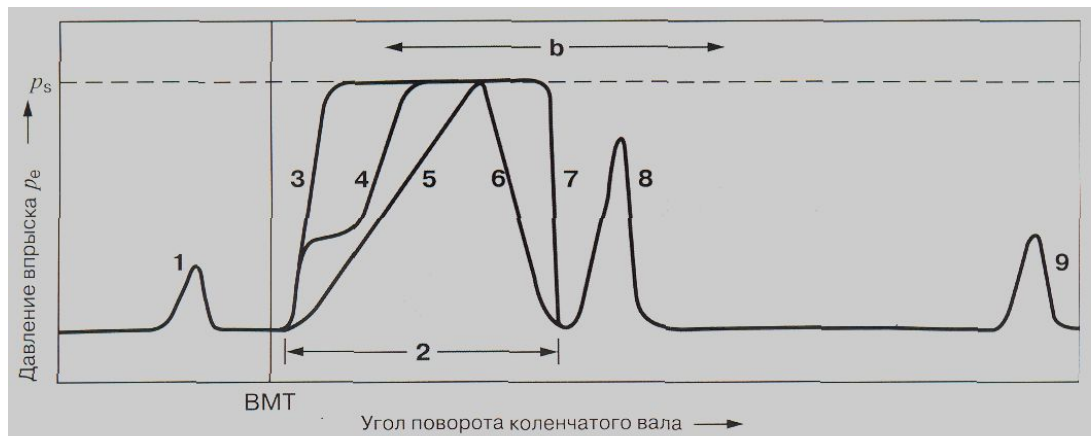
3.6. Многофазный впрыск топлива.

Эмиссия вредных веществ в ОГ ДВС является фактором исключительной важности, что предъявляет к системам впрыска топлива в дизелях следующие требования:

- угол опережения впрыска топлива должен устанавливаться исключительно точно. Даже небольшие отклонения в его величине приводят к значительному увеличению расхода топлива, выброса вредных веществ и шума сгорания;

- давление впрыска должно соответствовать режиму работы двигателя, то есть мощности и частоте вращения. Кроме того, по возможности, эта адаптация не должна зависеть от других факторов;

- неконтролируемый повторный впрыск или течь топлива (капание) приводят к увеличению эмиссии вредных веществ – впрыск топлива должен надежно и четко заканчиваться.



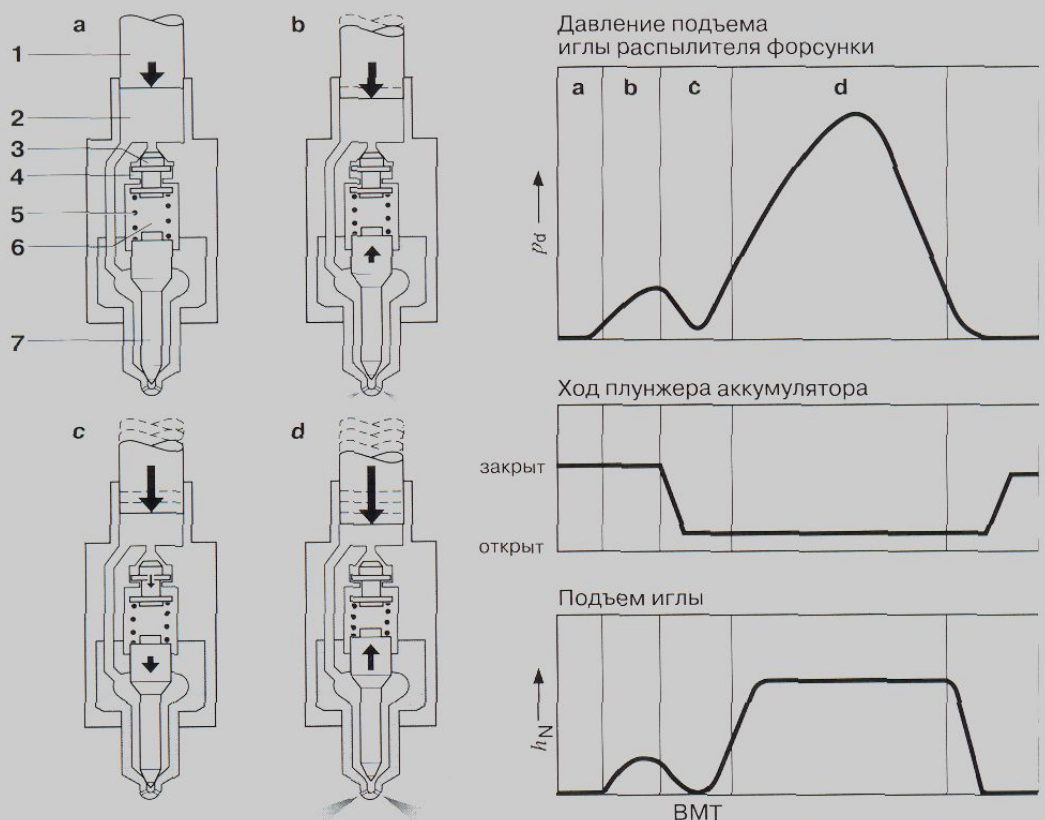
Характеристики впрыска топлива

В зависимости от назначения двигателя требуется формирование следующих характеристик впрыска:

- предварительный впрыск (1) для снижения шума сгорания и эмиссии NO_x ;
- форма характеристики давления впрыска (3), подъем которой происходит в период основного впрыска, обеспечивает снижение эмиссии NO_x ;
- кривая характеристики давления (4) с выступом в период основного впрыска обеспечивает снижение эмиссии NO_x и сажи;
- характеристика основного впрыска (3, 7) обеспечивает снижение эмиссии сажи во время рециркуляции ОГ;
- вторичный впрыск (8), следующий сразу за основным, служит для снижения эмиссии сажи;
- основной вторичный впрыск (9), осуществляемый с периодом задержки, действует как агент снижения эмиссии NO в каталитическом

Двухфазный впрыск топлива с механико-гидравлическим управлением реализуется в насос-форсунках дизелей. Он служит для снижения шума сгорания и эмиссии вредных веществ.

Цикл работы насос-форсунки при двухфазном впрыске может быть подразделен на четыре рабочие стадии:



- 1) Исходное положение (a);
- 2) Начало предварительного впрыска (b);
- 3) Конец предварительного впрыска (c);
- 4) Начало основного впрыска топлива (d).

Таким образом, можно заключить:

1) Наиболее распространенными схемами аппаратуры топливоподачи дизелей являются система непосредственного действия и аккумуляторная система. В настоящее время также довольно широко используются системы питания дизеля с насос-форсунками или индивидуальными ТНВД.

2) На большинстве современных зарубежных тракторов устанавливаются дизельные двигатели, оборудованные аккумуляторной системой питания типа Common Rail, применение которой позволяет значительно повысить топливную экономичность и понизить эмиссию вредных веществ в отработавших газах.

3) Прослеживается тенденция к использованию многофазных характеристик впрыска, позволяющих снизить шумность работы дизелей и снизить эмиссию NO_x . Это особенно актуально для систем питания с насос-форсунками или индивидуальными ТНВД.