

Дизельные аккумуляторные
топливные системы
Common Rail

Robert Bosch GmbH

Необходимость обеспечения низкого расхода топлива, снижения эмиссии вредных веществ с отработавшими газами (ОГ) и бесшумной работы двигателя предъявляет очень высокие требования к двигателю и системе впрыска топлива. Эти требования могут быть выполнены, главным образом, организацией работы системы впрыска топлива, которая должна тонко распыливать топливо форсунками при высоком давлении впрыска. При этом количество впрыскиваемого топлива должно очень точно дозироваться, а форма характеристики впрыска точно выдерживаться, включая предварительный впрыск и вторичный, после основного, впрыск топлива. Этим требованиям удовлетворяет топливная система аккумуляторного типа Common Rail. В отличие от других топливных систем, топливо постоянно поступает в аккумулятор высокого давления и всегда готово к впрыску.

В данном учебном пособии Bosch представлена конструкция и принцип работы систем Common Rail, а также документально рассмотрено развитие системы, начиная с появления на рынке в 1997 году. В этой книге также подробно описываются основные компоненты системы Common Rail. Основным элементом системы являются форсунки, которые могут быть двух типов – форсунки с электромагнитным клапаном и новые, внедрённые в 2004 году, форсунки с встроенными пьезоэлектрическими элементами (piezo-inline injector). В этой книге даётся объяснение принципа работы таких форсунок и преимуществ пьезоэлектрической технологии. Другой темой этого издания является описание электронной системы управления дизеля (Electronic Diesel Control - EDC). Только электроника, встроенная в систему Common Rail, позволяет в полной мере использовать возможности этой топливной системы. Система электронного управления (EDC) способна выполнять перечисленные выше требования к дизелям, также как и требования, обусловленные законодательством по снижению эмиссии вредных веществ с ОГ в будущем.

В настоящее время топливная система Common Rail стала наиболее широко применяемой системой впрыска топлива в современных быстроходных дизелях легковых автомобилей.

4	Обзор топливных систем Common Rail	81	Системы электронного управления крутящим моментом двигателя
4	Области применения	85	Обмен данными с другими системами
5	Конструкция	86	Последовательная шина передачи данных (CAN)
6	Принцип работы	87	Диагностика неисправностей
10	Топливная система Common Rail легковых автомобилей	87	Мониторинг во время движения автомобиля (бортовая диагностика)
15	Система Common Rail коммерческих автомобилей	90	Система бортовой диагностики легковых и коммерческих автомобилей
18	Подача топлива в контуре низкого давления	91	Диагностика на предприятиях автосервиса
18	Обзор		
20	Топливоподкачивающий насос		
24	Топливный фильтр		
26	Компоненты высокого давления топливной системы Common Rail		
26	Обзор		
28	Форсунка		
40	Топливные насосы высокого давления (ТНВД)		
45	Аккумулятор топлива высокого давления		
46	Датчики высокого давления		
48	Клапан регулирования давления		
49	Предохранительный клапан		
50	Распылители форсунок		
52	Распылители соплового типа		
56	Дальнейшее развитие конструкций распылителей		
58	Линии высокого давления		
58	Арматура соединений линий высокого давления		
59	Трубопроводы линий высокого давления		
62	Электронное управление дизелями (EDC)		
62	Обзор систем		
64	Топливная система Common Rail легковых автомобилей		
65	Топливная система Common Rail коммерческих автомобилей		
66	Обработка данных		
68	Управление подачей топлива		
76	Замкнутая система управления с кислородным датчиком для легковых автомобилей с дизелями		

Все форсунки запитываются из общего аккумулятора топлива, откуда и пошло название системы «Common Rail».

Одной из главных особенностей системы Common Rail является то, что давление в системе изменяется в зависимости от режима работы двигателя (рабочей точки), но создание давления не зависит от частоты вращения коленчатого вала и цикловой подачи. Давление регулируется клапаном регулирования давления или дозирующим устройством в ТНВД (рис. 3).

Модульное исполнение компонентов системы Common Rail упрощает использование системы для различных двигателей.

Принцип работы

В топливной системе Common Rail функции создания давления и впрыска топлива разделены. Давление впрыска создаётся независимо от частоты вращения двигателя и количества впрыскиваемого топлива. Каждый из этих компонентов управляется системой электронного управления (EDC).

Создание давления

Функции создания давления и впрыска топлива разделяются посредством аккумулятора топлива. Топливо под давлением подаётся в полость аккумулятора и, таким образом, оказывается готовым к впрыску. Необходимое давление впрыска создаётся постоянно работающим ТНВД с приводом от двигателя. Давление топлива в аккумуляторе поддерживается независимо от частоты вращения двигателя и количества впрыскиваемого топлива. Благодаря почти равной подаче топлива размеры ТНВД и момент сопротивления привода могут быть значительно меньше, чем в обычных топливных системах. Это выражается в значительно меньшей нагрузке на привод ТНВД. ТНВД в системе Common Rail обычно имеет конструкцию радиально плунжерного типа. В двигателях коммерческих автомобилей иногда устанавливаются рядные многоплунжерные ТНВД.

Регулирование давления в аккумуляторе топлива

Применяемый метод регулирования давления определяется типом топливной системы.

Регулирование на стороне высокого давления ТНВД

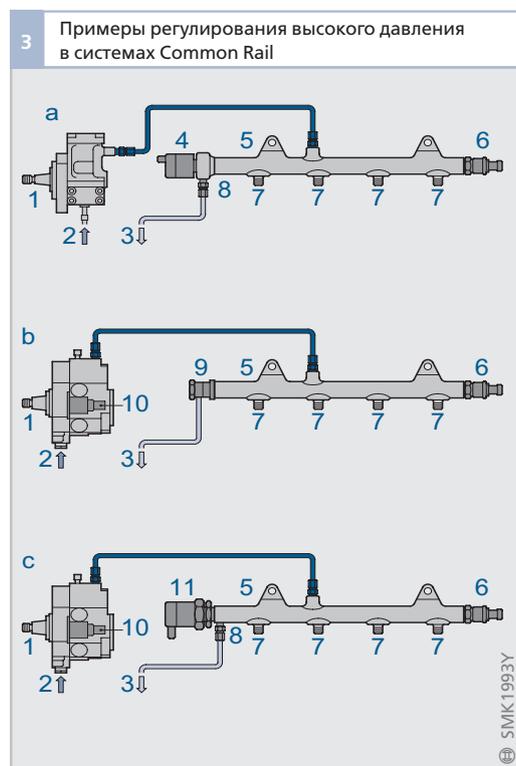
В топливных системах легковых автомобилей требуемое давление в аккумуляторе топлива регулируется на стороне высокого давления клапаном регулирования давления (4 на рис. 3а). Топливо, которое не используется для впрыска, возвращается обратно в ступень низкого давления через этот клапан. Такой вид контура регулирования обеспечивает быструю реакцию давления в аккумуляторе для изменения рабочей точки (рабочего режима) (например, в случае изменения нагрузки).

Регулирование на стороне высокого давления применялось в первых поколениях системах Common Rail. Клапан регулирования давления устанавливается преимущественно на аккумуляторе топлива. В некоторых вариантах систем, клапан устанавливается непосредственно на корпусе ТНВД.

Рис.3

- а Регулирование давления на стороне высокого давления посредством клапана регулирования давления (применяется в легковых автомобилях)
- б Регулирование давления на стороне всасывания дозирующим устройством, закреплённом на фланце ТНВД (для легковых и коммерческих автомобилей)
- в Регулирование давления на стороне всасывания дозирующим устройством и дополнительное управление клапаном регулирования давления (для легковых автомобилей)

- 1 ТНВД
- 2 Впуск топлива
- 3 Возврат топлива
- 4 Клапан регулирования давления
- 5 Аккумулятор топлива
- 6 Датчик давления в аккумуляторе
- 7 Штуцеры подсоединения форсунок
- 8 Штуцер линии возврата топлива
- 9 Предохранительный клапан
- 10 Дозирующее устройство
- 11 Клапан регулирования давления



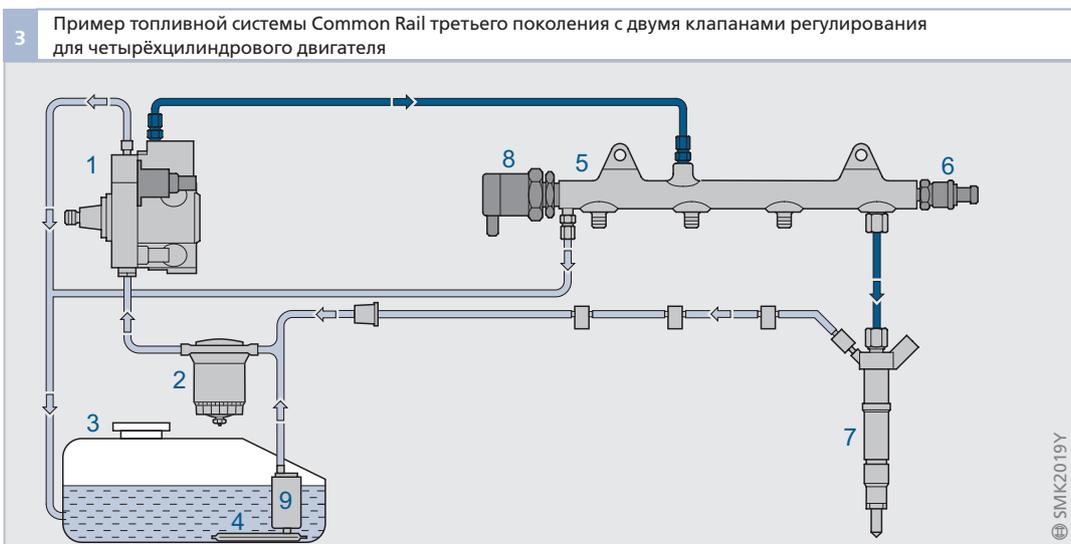
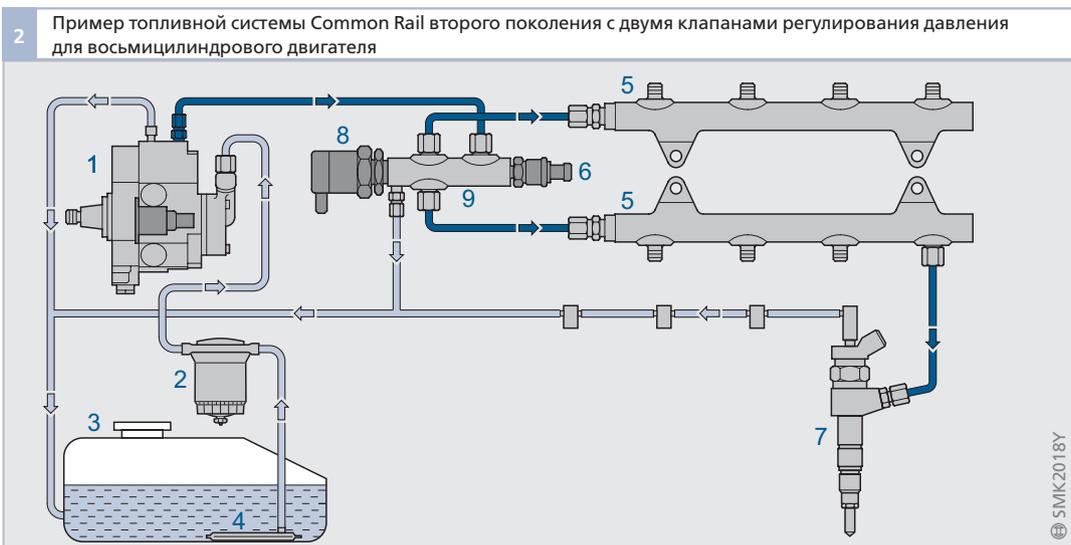
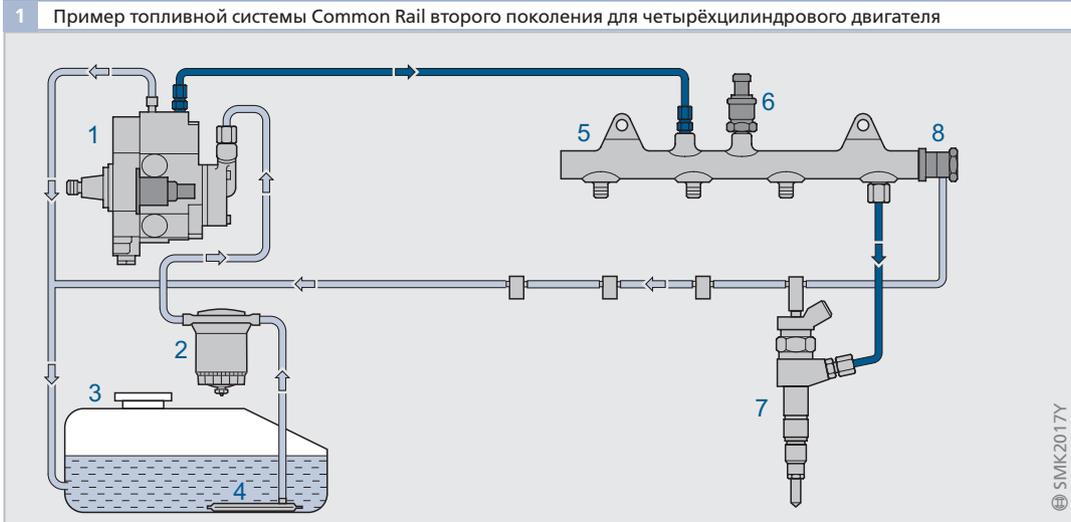


Рис. 1

- 1 ТНВД (СРЗ) с шестерёнчатым топливopодкачивающим насосом и дозирующим устройством
- 2 Фильтр тонкой очистки топлива с сепаратором воды и подогревателем (опция)
- 3 Топливный бак
- 4 Предварительный фильтр топлива
- 5 Аккумулятор топлива
- 6 Датчик давления в аккумуляторе
- 7 Электрогидравлическая форсунка
- 8 Предохранительный клапан

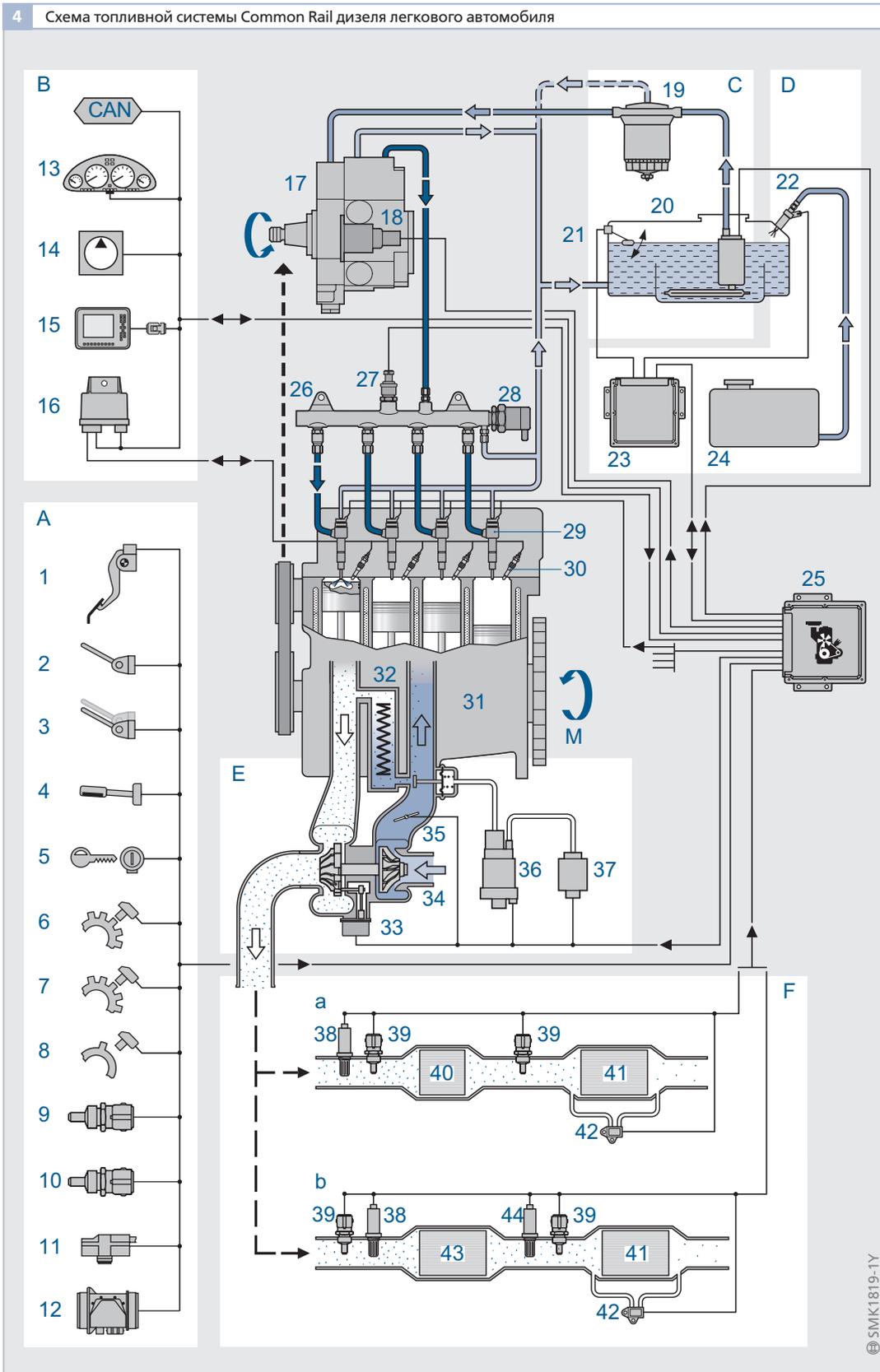
Рис. 2

- 1 ТНВД (СРЗ) с шестерёнчатым топливopодкачивающим насосом и дозирующим устройством
- 2 Фильтр тонкой очистки топлива с сепаратором воды и подогревателем (опция)
- 3 Топливный бак
- 4 Предварительный фильтр топлива
- 5 Аккумулятор топлива
- 6 Датчик давления
- 7 Электрогидравлическая форсунка
- 8 Предохранительный клапан
- 9 Функциональный модуль (распределитель)

Рис. 3

- 1 ТНВД (СР1Н) с дозирующим устройством
- 2 Фильтр тонкой очистки топлива с сепаратором воды и подогревателем (опция)
- 3 Топливный бак
- 4 Предварительный фильтр топлива
- 5 Аккумулятор топлива
- 6 Датчик давления
- 7 Пьезоэлектрическая форсунка
- 8 Клапан регулирования давления
- 9 Электрический топливopодкачивающий насос

4 Схема топливной системы Common Rail дизеля легкового автомобиля



Форсунка с пьезоэлектрическим приводом

Конструкция и требования

Конструкция форсунки с пьезоэлектрическим приводом состоит из двух главных модулей, показанных на рис. 6:

- Модуль пьезоэлектрического привода (3);
- Гидравлический преобразователь (4);
- Управляющий сервоклапан (5);
- Модуль распылителя форсунки (6).

Конструкция форсунки учитывает требования высокой жёсткости системы привода, гидравлического преобразователя и управляющего клапана. Другой особенностью конструкции является исключение механических сил, действующих на иглу распыли-

теля. Такие силы имеют место как результат действия толкателя, который используется в форсунках с электромагнитными клапанами. В общем, эта конструкция эффективно уменьшает движущиеся массы и трение, повышая стабильность форсунки, по сравнению с обычными системами.

Кроме того, система впрыска топлива допускает применение очень коротких интервалов между последовательными впрысками топлива («hydraulic zero»). Число и конфигурация операций дозирования топлива может представлять до пяти отдельных впрысков в цикле впрыска топлива, для того чтобы адаптировать требования к режиму работы двигателя.

Непосредственная реакция иглы распылителя на действие привода достигается согласованием управляющего клапана (сервоклапана) 5 с иглой распылителя форсунки. Период задержки между подачей электрического пускового сигнала и гидравлическим срабатыванием иглы распылителя составляет приблизительно 150 мс. Это приводит к противоречию между требованием высокого быстродействия иглы распылителя и исключительно малой воспроизводимостью количества впрыскиваемого топлива при быстродействии.

Как результат этого принципа, форсунка имеет мало точек непосредственных утечек из полостей высокого давления в контур низкого давления. В результате имеет место повышение гидравлической эффективности всей системы.

Принцип действия

Работа сервоклапана в форсунке CR

Игла распылителя в форсунке с пьезоэлектрическим приводом косвенно управляется сервоклапаном. Затем требуемое количество впрыскиваемого топлива регулируется периодом действия пускового сигнала клапана. При отсутствии пускового сигнала привод находится в исходном положении, и сервоклапан закрыт (рис. 7а), то есть ступень высокого давления отделена от ступени низкого давления.

Распылитель форсунки удерживается в закрытом положении давлением в аккумуляторе топлива, созданном в управляющей камере 3. Когда пьезоэлектрический привод получает пусковой импульс, сервокла-

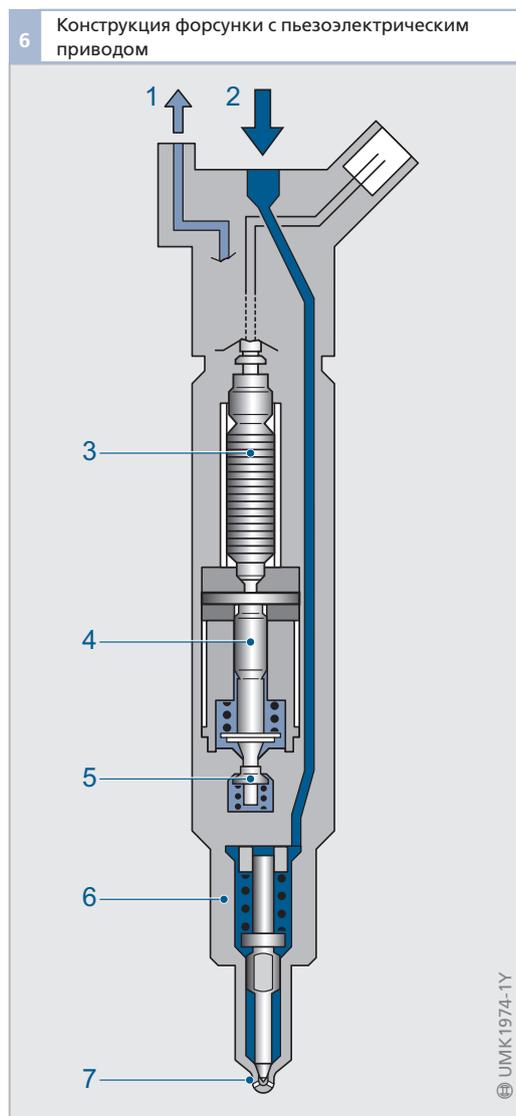


Рис. 6

- 1 Возврат топлива
- 2 Подвод топлива высокого давления
- 3 Модуль пьезоэлектрического привода
- 4 Гидравлический преобразователь (транслятор)
- 5 Сервоклапан (управляющий клапан)
- 6 Модуль распылителя с иглой распылителя
- 7 Сопловые отверстия

Радиально-плунжерный ТНВД (СРЗ)

Модификации

Регулирование подачи топлива в ТНВД СРЗ осуществляется на стороне всасывания посредством дозирующего устройства ЗМЕ. Такая система регулирования впервые была применена в ТНВД СРЗ и позднее использована в насосах СР1Н.

Принцип конструкции ТНВД СРЗ (рис. 5) подобен ТНВД типов СР1 и СР1Н. Основное отличие заключается в следующих деталях:

- Корпус моноблок. Такая конструкция уменьшает число мест в контуре высокого давления, где возможны утечки, и допускает более высокую производительность;
- Толкатели с опорой. Поперечные силы, возникающие в результате действия поперечного момента эксцентрика привода, воспринимаются не плунжерами, а специальной опорной втулкой на стенке корпуса насоса. ТНВД этого типа отличается большей стабильностью работы под нагрузкой и способностью противостоять высокому давлению. Потенциально он может выдерживать давление до 1800 бар.

Варианты

Семейство ТНВД типа СРЗ используется в топливных системах как легковых, так и коммерческих автомобилей. Число различных вариантов зависит от требуемой производительности ТНВД. Размерность и, следовательно, величина подачи увеличиваются от модели СР3.2 к СР3.4. ТНВД СР3.4 со смазкой маслом используется только в тяжёлых грузовых автомобилях. В лёгких грузовиках и коммерческих автомобилях других типов (пикапы) могут также использоваться ТНВД, первоначально спроектированные для легковых автомобилей.

Особенностью топливных систем тяжёлых грузовиков, а также грузовиков средней грузоподъёмности, является топливный фильтр, расположенный на стороне давления. Он устанавливается между шестерёнчатый топливopодкачивающим насосом и ТНВД и благодаря большей ёмкости для отсеиваемых частиц, допускает длительный интервал замены фильтрующего элемента. В любом случае ТНВД требует внешнего соединения на впуске топлива, даже если шестерёнчатый топливopодкачивающий насос закреплён на фланце ТНВД.

5 ТНВД типа СРЗ с дозирующим устройством и шестерёнчатым топливopодкачивающим насосом

