

Управляющие дизелями



Главные параметры дизельного двигателя напрямую определяются качеством процесса сгорания дизтоплива в его цилиндрах. А сгорать она будет тем лучше, чем лучше ее смешение с воздухом. Это, в свою очередь, зависит от того, как в камере сгорания впрыскивается топливо. Именно система впрыска топлива в наибольшей степени отвечает за качество процесса смесеобразования, от которого зависят удельный расход топлива, крутящий момент, состав отработанных газов и даже уровень шумности двигателя. О том, какие бывают системы впрыска, что может происходить с этими механизмами, как они работают, обслуживаются, диагностируются и ремонтируются, рассказывает директор днепропетровского предприятия «ДіМед» Дмитрий Шамровский.

В семье ТНВД

На смесеобразование и сгорание топлива в цилиндре влияют правильность выбора момента начала впрыскивания, его продолжительность и количество топлива, отмеренное на один рабочий цикл двигателя, давление впрыскивания, направление и количество факелов впрыскивания.

Попутно следует сказать несколько слов и о самом топливе. Дизтопливо, производимое в Украине, даже если оно соответствует всем украинским стандартам, содержит серы намного больше, чем допустимо в Европе. Украинским автоперевозчикам вскоре придется столкнуться с проблемой: автомобили уровня Euro 5 на таком топливе работать просто не смогут. Не выдержат именно системы впрыска.

Требования к ним ныне определяются по трем главным направлениям: все более возрастающими экологическими ограничениями, необходимостью обеспечения экономии топлива и снижения шумности двигателя. Системы впрыска с этими требованиями справляются, обеспечивая хорошее смесеобразование, работу с высоким давлением в камере сгорания (в современных дизелях оно колеблется от 350 до 2050 бар в зависимости от режима работы) и максимально точную и своевременную дозировку топлива.

Изменение частоты вращения коленвала и изменение нагрузки на дизеле производится за счет изменения цикловой подачи топлива без дросселирования воздушного потока. До недавних пор в системах впрыска дизелей для этой цели использовались механические регуляторы, однако все более широкое применение находят электронные системы, полностью вытеснившие "механику" на новых двигателях.

В традиционных системах давление во время процесса впрыскивания непрерывно создается плунжером топливного насоса высокого давления (ТНВД). Главный элемент стандартного рядного ТНВД - плунжерные пары, приводимые в действие кулачковым валом и нагнетающие топливо в камеру сгорания в течение активного хода, т. е. в промежуток времени между закрытием и открытием впускного окна втулки плунжера. Величина этого хода, а следовательно, и цикловая подача, может изменяться с помощью специальной рейки ТНВД, и таким образом осуществляется управление двигателем. Стандартные рядные ТНВД во всем мире применяются и применяются главным образом на средних и тяжелых грузовиках, а также на стационарных и судовых дизелях.

Т.н. рядные ТНВД с дополнительной втулкой отличаются от стандартных возможностью регулирования момента начала впрыска независимо от частоты вращения коленвала. Эта система была создана в связи с необходимостью повышения давления впрыска и оптимизации его начала, существенного облегчения пуска двигателя, уменьшения уровня эмиссии отработанных газов, оптимизации расхода топлива при всех эксплуатационных режимах, более точной дозировки подачи топлива и пр.

Конструкцию, аналогичную рядным ТНВД, имеют индивидуальные механические ТНВД. Их главное отличие заключается в приводе индивидуальных насосов от распредвала двигателя, а не собственного кулачкового механизма, как у рядных. На каждый цилиндр имеется собственный ТНВД, что позволяет использовать очень короткие магистрали высокого давления, получая хорошие гидродинамические параметры системы впрыска. Диапазон максимальных цикловых подач у систем впрыска фирмы Bosch особенно широк и достигает, в зависимости от исполнения, от 13 до 18000 куб.мм на ход. Они устанавливаются на сельскохозяйственных и строительных машинах, дизель-генераторах, на железнодорожных и судовых дизелях и позволяют использовать топливо с большой вязкостью.

Принципиальное отличие распределительных ТНВД от предыдущих заключается в едином нагнетающем элементе, создающим необходимое давление в камере высокого давления.

Этот нагнетающий элемент может состоять из одного аксиального плунжера либо нескольких радиальных. Попутно заметим, что ТНВД с радиальными плунжерами, т.е. роторными насосами, позволяет достигать более высоких значений давления впрыска, чем с аксиальными, и отличается большей механической прочностью.

Вращающийся центральный плунжер-распределитель открывает и закрывает распределительные отверстия, направляя топливо к отдельным форсункам. Продолжительность впрыскивания изменяется перемещением регулирующей втулки либо электромагнитным клапаном. К разновидностям этой системы следует отнести ТНВД с управлением регулирующей кромкой и с электронным управлением.

Распределительные ТНВД уже около 50 лет применяются в системах впрыска на малых быстроходных дизелях, т.е. в основном на легковых автомобилях и микроавтобусах.

Вышеперечисленные системы доминировали до недавних пор, и именно их можно было встретить на большинстве автомобилей, поступающих в Украину из-за рубежа. Однако повышение экологических требований до уровня Euro 3, Euro 4 потребовало качественно иного подхода.

В системе впрыска с помощью устройства, именуемого насос-форсункой, ТНВД и форсунка выполнены в виде единого агрегата, устанавливаемого на каждый цилиндр двигателя. Он приводится в действие от кулачка распредвала непосредственно толкателем либо через коромысло. Насос-форсунка впрыскивает в камеру топливо в момент, определяемый блоком управления, в нужном объеме и под

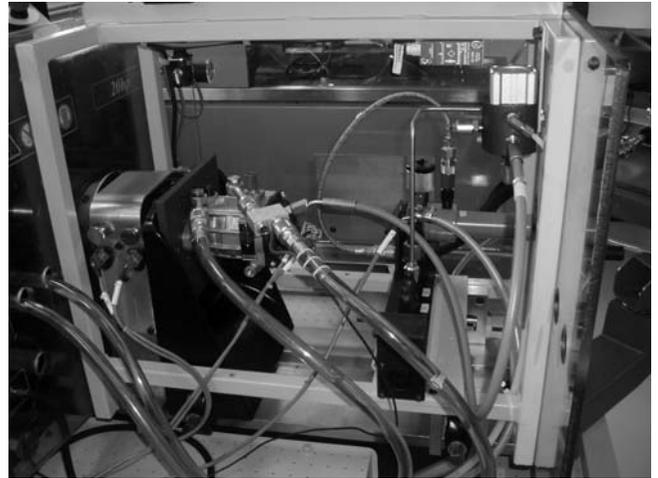


Фото 1. Насос Common Rail фирмы Denso NR-2, установленный на испытательном стенде. Здесь снимаются параметры работы насоса низкого давления, интегрированного в этот насос, температура на выходе, работа управляющих электроклапанов насоса и высокое давление на выходе, а также производительность насоса после того, как он это давление создал. На стенде проверяется его способность создавать на данных оборотах заданное оператором давление, согласно тестовым параметрам, а также количество топлива, которое «производит» этот насос после создания давления (хватит ли его, чтобы обслуживать форсунки). Тестовая жидкость подогревается до рабочей температуры.

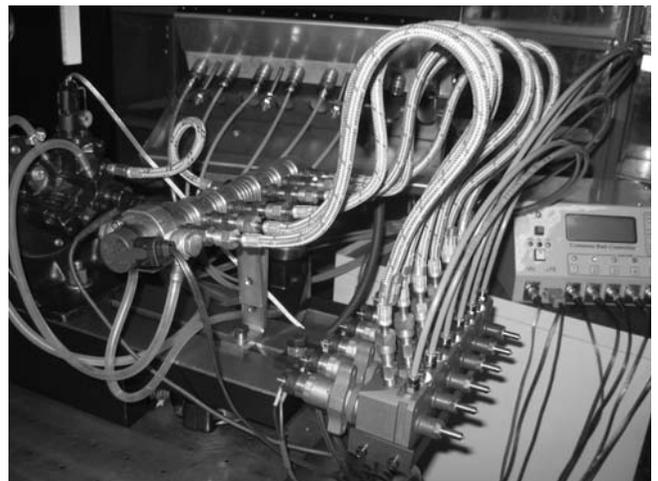


Фото 2. Участок ремонта насосов и форсунок Common Rail. Стенд Pump Tester для испытания традиционных топливных насосов, оснащенный электронным блоком. Оператором выбираются различные режимы проверки, имитируются различные режимы работы двигателя, давления в аккумуляторе давления, на форсунки подаются различные импульсы. Замер идет по количеству топлива, которое впрыскивает распылитель форсунки в камеру сгорания, и количество топлива, отводимого обратно в бак (синие трубопроводы). На каждую форсунку требуется по две измерительные емкости.

требуемым давлением, на всех режимах работы двигателя. Из-за отсутствия магистралей высокого давления насос-форсунка может обеспечить гораздо большее давление впрыска (до 2050 бар), чем



Фото 3. Набор адаптеров для тестирования грузовых Common Rail форсунок.



Фото 4. Стенд InjecTester Common Rail спроектирован для проверки классических, двухпружинных и Common Rail форсунок всех 4 мировых производителей - Bosch, Denso, Delphi и Siemens.

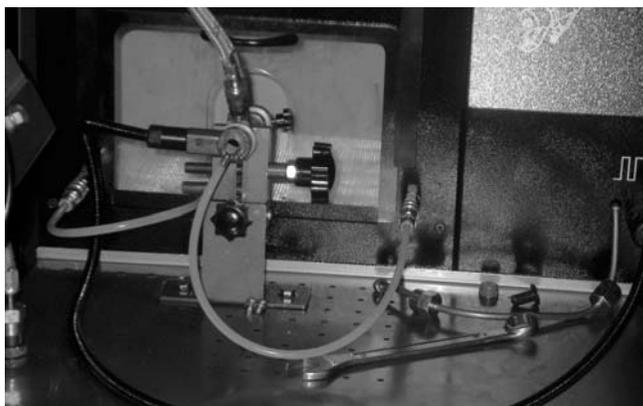


Фото 5. Common Rail форсунка крупным планом на стенде InjecTester Common Rail. На этом стенде может быть проверено качество распыла топлива, в графической форме отображено падение гидроплотности форсунки и при различных условиях давления и импульса измерено количество топлива, впрыскиваемого форсункой и отведенного в бак.

рядные или распределительные ТНВД. Впрочем, для облегчения монтажа применяются т.н. индивидуальные ТНВД с электромагнитным клапаном, действующие по тому же принципу, но здесь насос и форсунка являются не единым агрегатом, а соединены короткими магистралями высокого давления. Каждый индивидуальный ТНВД приводится в действие непосредственно от собственного кулачка на распредвале двигателя.

Процесс впрыска в обоих случаях регулируется электромагнитным клапаном. Сфера применения - грузовики и тяжелые транспортные двигатели.

И конечно же, разговор о системах впрыска на сов-



Фото 6. Common Rail Controller для тестирования Common Rail насосов и форсунок на стендах для классических ТНВД. Цифровое табло показывает выбранный оператором режим: давление в аккумуляторе топлива, длительность срабатывания каждой форсунки в миллисекундах, количество циклов срабатывания, и количество подключенных к стенду форсунок.

ременных дизелях невозможен без упоминания о Common Rail - аккумуляторной системе впрыска, в которой функции создания высокого давления и впрыска разделены. Давление впрыскивания создается и регулируется автономным ТНВД в топливном аккумуляторе (независимо от частоты вращения коленвала и величины цикловой подачи) с помощью роторных или аксиальных плунжеров, с приводом от двигателя. Система Common Rail позволяет варьировать параметры впрыска в гораздо большей степени, чем все остальные системы. В этой системе впрыскивание топлива осуществляется открытием и закрытием электромагнитного клапана, установленного на форсунке, а момент впрыскивания, количество впрысков и цикловая подача определяются электронным блоком управления. Давление в аккумуляторе также варьируется с помощью электроники от 300 до 1800 бар (в зависимости от режима работы двигателя). Таким образом достигаются оптимальные характеристики двигателя на любых режимах работы. Характерной особенностью современных систем Common Rail является то, что впрыскивание топлива в цилиндры двигателя разделено на предварительный впрыск, пилотный впрыск, основной впрыск, один или несколько послевпрысков. Также один раз в несколько сотен рабочих циклов во время такта продувки происходит внеочередной впрыск, при котором несгоревшее дизтопливо попадает в выхлопной коллектор и чистит сажевый фильтр.

Весь процесс контролируется компьютером, поэтому из существующих на сегодня лишь система впрыска Common Rail, наряду с насос-форсунками, может реально претендовать на удовлетворение растущих экологических требований к дизельным двигателям.

В мире имеется четыре фирмы, лидирующие в производстве систем Common Rail. Сегодня в Европе широко представлены системы Common Rail Bosch, но мало кому известен факт, что впервые в мире в 1996 году на грузовой автомобиль Hino (То-

yota) была установлена система Common Rail Denso. Продукция этой всемирно известной фирмы набирает в настоящий момент все большую популярность. Менее широко представлены не менее известные системы фирм Delphi и Siemens VDO. Следует, однако, учитывать, что никакой взаимозаменяемости деталей между изделиями этих производителей уже нет, они не кроссируются, и для ремонта можно использовать запчасти только того производителя, чья система установлена на автомобиле. Более того, технические параметры у этих изделий тоже разные, как и конструкции, взаимосвязанные с устройством других узлов - например, головки блока или аккумулятора давления топлива.

Применение системы Common Rail охватывает легковые автомобили, легкие и тяжелые грузовики, а также тепловозные и судовые двигатели.

Симптомов мало, неисправностей много

Как и в традиционных ТНВД, основной причиной выхода из строя систем Common Rail, кроме естественного износа, является использование некачественного дизтоплива. Но традиционные ТНВД с явными дефектами могут прослужить какое-то время, теряя мощность, с дымом и увеличенным расходом топлива, пока их владелец собирает моральные и финансовые ресурсы для неизбежного ремонта. Неисправности систем Common Rail приводят к тому, что автомобиль просто не заводится, причем причин тому может быть очень много - от дефектов насоса низкого давления и топливоподающей сис-

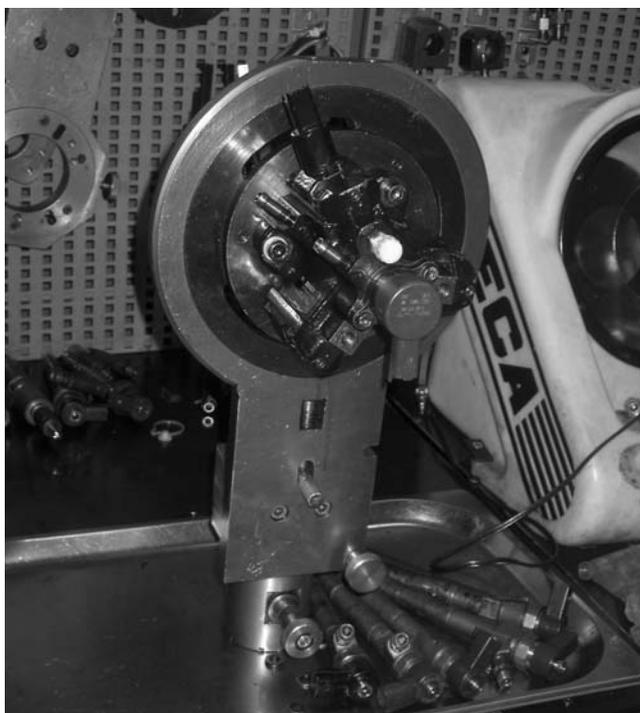


Фото 10. Универсальный стапель для разборки Common Rail насосов. Позволяет выставлять насос в любое удобное для работы положение, а четыре сменных адаптера дают возможность работать со всеми популярными насосами - Bosch CP1.S, CP1.K, CP1.H, CP3.2, CP3.3, CP3.4; Denso HP-2, HP-3, HP-4; Delphi; Siemens.



Фото 7. Панель управления стенда InjecTester Common Rail

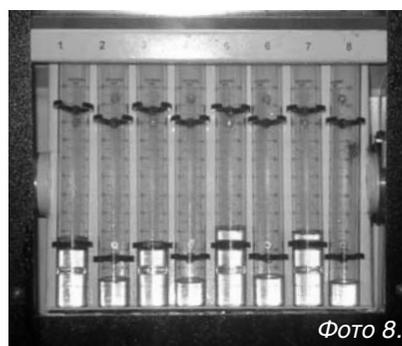


Фото 8.

Фото 8. Мерные емкости стенда, на который установлен Common Rail Controller. Нечетные мерные емкости стенда показывают количество топлива, впрыснутого каждой форсункой, четные - «обратку». Механик определяет допустимость разброса и принимает решение о необходимости ремонта или бракует форсунку.

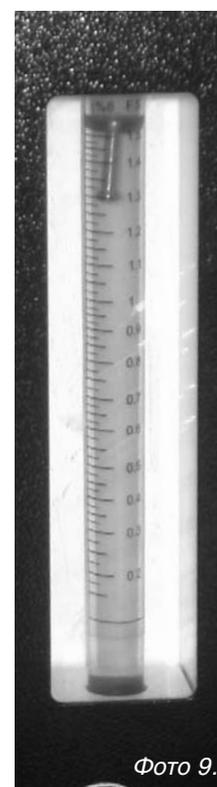


Фото 9.

Фото 9. Измеритель обратного потока, или flowmeter. Позволяет при помощи Common Rail Controller измерить разницу производительности насоса Common Rail при нулевой и максимальной нагрузке.



Фото 11. Первичная диагностика форсунок Common Rail при помощи модулятора сигналов и обычного форсуночного стенда. Проверяется качество распыла и гидроплотность форсунки, что позволяет не тратить время на установку заведомо неисправной форсунки на специальные стенды.

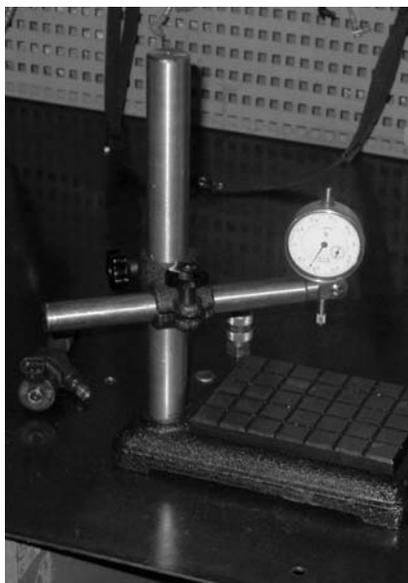


Фото 12, 13, 14. Станция для разборки Common Rail форсунок. Дефектовка деталей производится визуально, в случае необходимости - с помощью микрометра или под микроскопом, позволяющим сканировать изображение на монитор компьютера.

темы, насоса высокого давления, CR форсунок, управляющего клапана до выхода из строя блока управления двигателем.

Однако гораздо более неприятная неисправность Common Rail - это неспособность системы обеспечить максимальное давление в аккумуляторе давления топлива при нагрузке, когда автомобиль движется с большим ускорением - например, на обгоне. В таких случаях давление должно достигать пиковых величин, которые изношенный насос или потерявшие гидронеплотность форсунки не могут обеспечить, система управления двигателем фиксирует несоответствие фактического и требуемого давлений и "умная" электроника глушит автомобиль. Если в этот момент при обгоне вам навстречу мчится "КАМАЗ", впечатления могут запомниться надолго...

Рецепты для проблемного впрыска

Условия испытания ТНВД жестко регламентированы стандартами ISO, - так же, как и характеристики



Фото 15. Классический ТНВД. После мойки он устанавливается на стенд и проверяется на соответствие тестовым параметрам. К сожалению, почти никто не проводит плановых проверок, а на СТО приезжают, когда уже ничего ничему, так сказать, не соответствует. Затем - разборка и дефектовка, заказ-наряд согласовывается с заказчиком, предлагается ассортимент оригинальных и альтернативных запчастей.



Фото 16, 17. Форсунки Common Rail, извлеченные из двигателя автомобиля Мерседес с помощью 15-тонного гидросъемника. Обычными средствами извлечь их было невозможно. Также видны следы сваривания стали форсунок с алюминием головки блока.

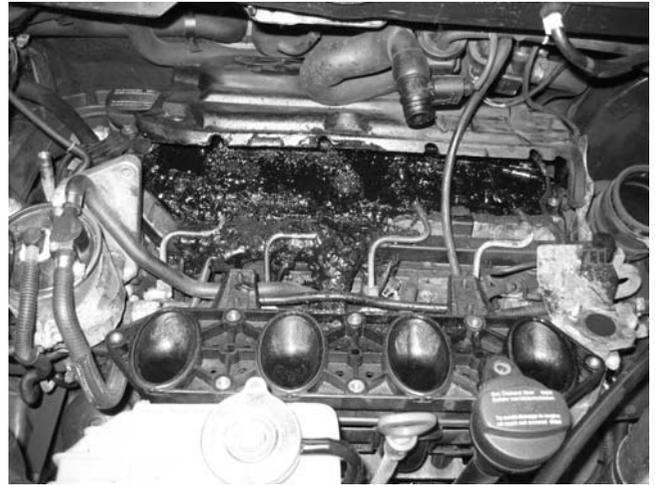


Фото 18, 19. Из-за нарушения сроков периодичности технического обслуживания топливной системы TDI автомобилей Mercedes (после 300-400 тыс. км), двигатель покрывается битумом, а форсунка «закипает» так, что, как правило, снять ее в целостности и без поломки клапанной крышки невозможно. В лучшем случае можно спасти лишь головку блока. Приходится также менять электрические разъемы, трубки высокого давления.

испытательного стенда. Особенно высокие требования предъявляются к жесткости и равномерности привода, мощности и стабильности оборотов испытательных стендов.

Наиболее важным шагом при тестировании ТНВД является определение величины цикловой подачи топлива. Насос устанавливается на стенд и соединяется с его приводом. Измерение величины подачи происходит с помощью испытательной жидкости, обладающей физическими свойствами дизтоплива, но практически не горючей. При испытаниях ее температура измеряется и регулируется. К каждой секции ТНВД подсоединяется специальная тестовая форсунка. Цикловая подача определяется с помощью мензурок или электронной безмензурочной системы измерения.

При регулировании на стенде рядных ТНВД устанавливается начало подачи первой плунжерной секции и угловая равномерность нагнетания между секциями, величина цикловой подачи по секциям, настройка регулятора и турбокорректора ТНВД, а также согласование параметров ТНВД и регулятора.

Если речь идет о старых классических насосах с механическим регулятором и форсунками, то их зачастую привозят прямо в мастерскую, и после регулировок проблема заключается лишь в том, чтобы топливную аппаратуру правильно установить на двигатель.

Что касается систем впрыска, управляемых электроникой, - рядных, одноплунжерных и роторных ТНВД с ECD регуляторами, систем с насос-форсунками, систем Common Rail, то их ремонт невозможен без приборов электронной диагностики, специальных тестеров, а также современных стендов, оснащенных соответствующими адаптерами, контроллерами, модуляторами сигналов, тестовыми форсунками и т. д.

Например, для ремонта систем Common Rail на специализированном дизельном сервисе необходимо иметь весь автомобиль. Для правильного определения неисправности вначале производится электронная диагностика и считывание кодов ошибок, затем гидравлические тесты на двигателе без



Фото 20. Попытка демонтажа форсунки без соответствующих инструментов. К форсунке приварили гайку, по ней били молотком и при этом сломали клапанную крышку. В итоге в негодность пришла головка блока цилиндров, но форсунку так и не сняли.



Фото 21. Еще один пример неудачной попытки снять форсунку.

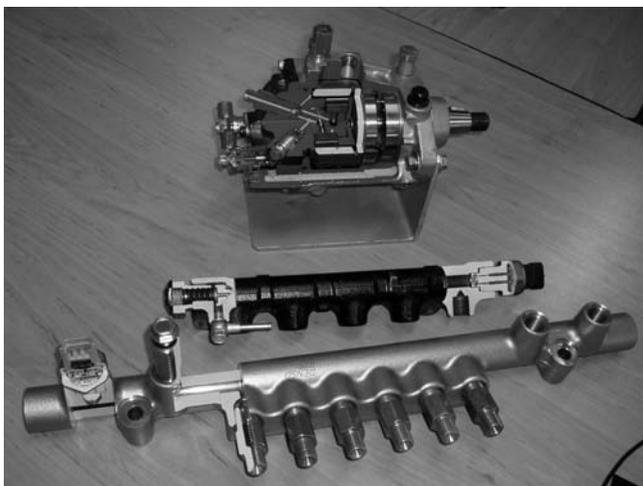


Фото 22. Насос Common Rail Denso системы HP-2 в разрезе. Можно видеть датчики давления, предохранительные клапаны самих аккумуляторов давления топлива. Насос используется для легковых автомобилей и внедорожников.

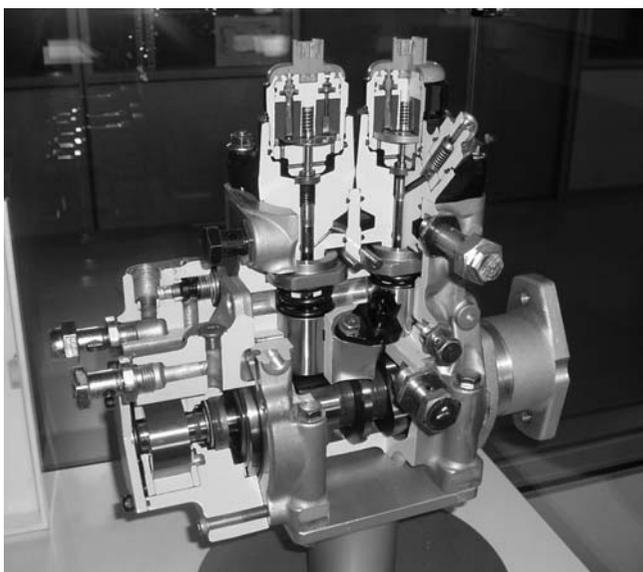


Фото 23. Разрез насоса для грузовиков Common Rail Denso системы HP-0.



Фото 24. Форсунки Bosch для двигателей грузовиков некоторых моделей Iveco, MAN, и Renault Premium.



Фото 25. Форсунки Common Rail Bosch для легковых автомобилей и микроавтобусов.



Фото 26. Форсунки Common Rail фирмы Delphi, устанавливаемые на автомобили Ford Transit, Ford Connect.



Фото 27. Насос-форсунки (большая - Volvo FH-12, вторая устанавливается на Audi, Fiat, Skoda).

демонтажа насоса и форсунок, потом насос и форсунки демонтируются и проверяются при помощи специальных стендов, а в случае необходимости - ремонтируются или заменяются. За этим следует чистка гнезд форсунок, монтаж насоса и форсунок, ввод в систему управления двигателем индивидуальных кодов форсунок, обнуление кодов ошибок и коррекционных параметров насоса. После этого необходимо произвести тест-драйв и заново произвести электронную диагностику. Это необходимо для выявления возможных неисправностей, не связанных с самими форсунками и насосом



Фото 28. Common Rail насос DENSO HP-3.

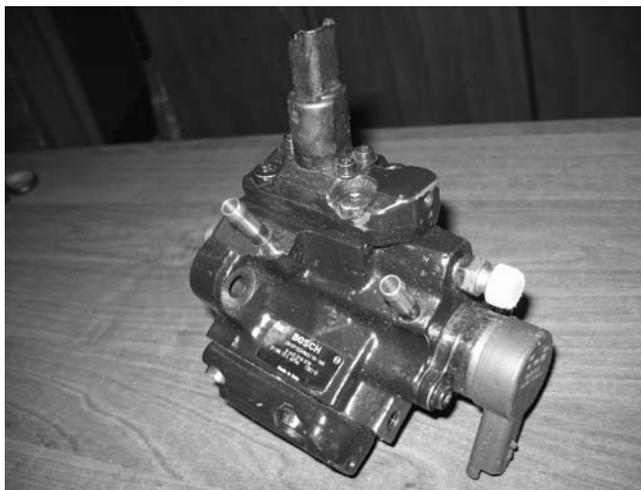


Фото 29. Common Rail насос фирмы Bosch системы CP-1 стандарт.



Фото 30. Common Rail насос фирмы Siemens.

- например, неправильной работы датчиков положения коленвала и распредвала, клапанов управления турбиной и рециркуляцией выхлопных газов и т. д., что может сказаться на работе двигателя. Поэтому двигатель с качественно отремонтированными или новыми Common Rail насосом и форсунками может вообще не запуститься или работать с неполной мощностью, если их устанавливали специалисты сервиса, не имеющие достаточной квалификации, оборудования и приборов.

Подготовил **Виктор Ганский**



Фото 31, 32, 33. Разрушенный из-за попадания воды и грязи Common Rail насос Mercedes Sprinter CDI. На фото 32 и 33 - его детали: корпус и вал.