

Дизель на легковом автомобиле

Григорий ЦВЕЛЕВ
директор фирмы «Моторсервис»,
Александр ХРУЛЕВ
кандидат технических наук,
директор фирмы «АБ-Инжиниринг»

Придуманый в конце прошлого века Рудольфом Дизелем двигатель, получивший имя изобретателя, еще недавно считался у нас атрибутом ну разве что большегрузных автомобилей типа МАЗов и КамАЗов. Отечественные разработки дизелей для легковых автомобилей, к сожалению, так и не увидели свет. Но время неумолимо идет вперед — сегодня на дорогах России уже десятки тысяч дизельных легковых автомобилей и микроавтобусов. А для их грамотной эксплуатации, обслуживания и ремонта необходимо знать устройство дизельного двигателя.

По конструкции дизель мало отличается от обычного бензинового мотора — те же коленчатый вал, шатуны, клапаны... Правда, детали усилены, чтобы воспринимать более высокие нагрузки, возникающие при сгорании топлива — ведь степень сжатия у дизеля в два с лишним раза выше (около 19 - 24).

Принципиальное отличие дизеля заключается в способах формирования топливно-воздушной смеси, ее воспламенения и сгорания. У бензинового двигателя, как известно, смесь образуется во впускной системе, а в цилиндре воспламеняется искрой свечи зажигания. У дизеля, напротив, в цилиндры поступает чистый воздух. В конце сжатия, когда он нагревается до температуры самовоспламенения топлива (700 - 800°C), оно впрыскивается в камеры сгорания форсунками под большим давлением (10 - 30 МПа). Для создания такого давления применяются специальные топливные насосы высокого давления (ТНВД), приводимые от коленчатого вала двигателя. Свечи у дизеля тоже есть, но они являются свечами накаливания и разогревают воздух в камере сгорания, чтобы облегчить запуск.

Подобная организация рабочего процесса позволяет использовать более дешевое топливо и работать на очень бедных смесях, что определяет высокую экономичность дизельного двигателя. Управление осуществляется не дроссельной заслонкой (ее может просто не быть), а только изменением подачи топлива.

Дизель из-за особенностей своего рабочего процесса имеет высокий крутящий момент в широком диапазоне частот вращения, что делает его гибким в управлении, особенно при работе в тяжелых дорожных условиях. Да и в экологическом плане дизель лучше — при работе на бедных смесях выбросы вредных веществ, особенно оксида углерода, заметно меньше, чем у бензиновых моторов.

Разумеется, дизель имеет и недостатки. Главные — повышенные шум и вибрация. Они обусловлены высокой степенью сжатия и быстрым нарастанием давления в цилиндре при самовоспламенении смеси. Дизель трудно запустить в холодное время года. Мощность дизельного двигателя ниже, чем бензинового того же рабочего объема, в основном, из-за пониженной максимальной частоты вращения (обычно она не превышает 4500-4800 об/мин.), а масса дизеля больше. Впрочем, применение многоклапанных головок, развитие систем топливоподачи, в том числе электронного управления впрыском топлива, постепенно сглаживают эти недостатки.

Существует несколько типов дизельных двигателей, различие между которыми заключено в конструкции камеры сгорания. В дизелях с неразделенной камерой (рис. 1а) — их также называют дизелями с непосредственным впрыском (*Direct Injection*), топливо впрыскивается в надпоршневое пространство, а камера сгорания выполнена в поршне. До недавнего времени подобные решения применялись, в основном, на низкооборотных двигателях большого рабочего объе-



ма. Это было связано с трудностями организации процесса сгорания, а также с повышенным шумом, особенно на непростом двигателе.

В последние годы благодаря применению ТНВД с электронным управлением и оптимизации процесса сгорания удалось добиться устойчивой работы дизеля с неразделенной камерой на частотах вращения до 4500 об/мин, улучшить на 15-20% его экономичность, существенно снизив шум и вибрацию. И теперь такие двигатели для легковых автомобилей широко применяют фирмы *AUDI*, *Ford*, *Toyota* и даже известной своей осторожностью *Mercedes*. В России наиболее распространены следующие автомобили с такими дизелями: *Ford Transit* (2,5 л), *AUDI 1,9 TDI* (1,9 л) и *Audi 100* (2,5 л).

В дизелях с разделенной камерой подача топлива осуществляется не в цилиндр, а в дополнительную камеру. В наиболее распространенных вихрекамерных дизелях (рис. 1б) такая камера (она называется вихревой) связана с цилиндром специальным каналом так, чтобы при сжатии воздух, попадая в вихревую камеру, интенсивно закручивался. Это способствует хорошему перемешиванию впрыскиваемого топлива и воздуха и самовоспламенению смеси. Именно такая схема первоначально позволила без больших трудностей добиться высокой частоты вращения, необходимой для двигателей легковых автомобилей. Поэтому вихрекамерные дизели пока составляют большинство (около 90%) среди устанавливаемых на легковые автомобили.

Другой тип дизеля — предкамерный, имеет специальную вставную форкамеру (рис. 1в), связанную с цилиндром несколькими небольшими каналами или отверстиями. Их сечение подбирается так, чтобы при ходе поршня вверх (сжатие) и вниз (расширение) между цилиндром и форкамерой возникал большой перепад давления, вызывающий течение газов через отверстия с большой скоростью. Это определяет целый ряд преимуществ предкамерного дизеля. Среди них большой ресурс, низкий шум, более полное сгорание топлива и низкая токсичность выхлопных газов, а также малое изменение крутящего момента по частоте вращения.

Данная схема широко применяется фирмой *Mercedes* для легковых автомобилей. Преимущества этой схемы, помноженные на традиционную надежность, фактически делают дизельные двигатели *Mercedes* лучшими. И это — несмотря на то, что по

экономичности предкамерные дизели обычно несколько уступают вихрекамерным и с непосредственным впрыском, а их конструкция, как правило, сложнее и дороже. Последние модели дизелей *Mercedes* — *OM 604*, *605* и *606* — имеют четырехклапанные головки цилиндров и электронное управление впрыском топлива. Это позволило поднять их мощность на 25%

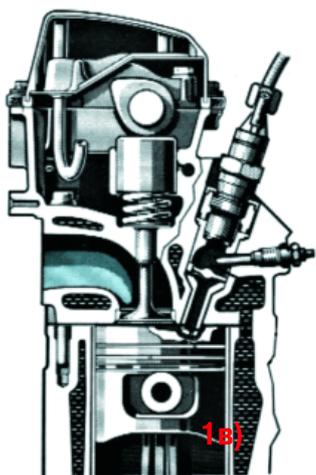


Рис. 1. Камеры сгорания дизельных двигателей



Поршни дизелей:



вихрекамерных;



с непосредственным впрыском;

предкамерных со вставной форкамерой.

и улучшить экономичность на 8 — 10%, приблизив эти параметры к лучшим образцам дизелей других типов.

Характерная деталь в конструкции дизелей — это поршень. Он существенно усилен по сравнению с бензиновым двигателем, его стенки значительно толще, поршневой палец имеет увеличенный диаметр, а поршневые кольца — высоту. Форма днища поршней у дизелей определяется типом камеры сгорания, поэтому по форме легко определить, какому двигателю принадлежит данный поршень. Различия других узлов и деталей не столь существенны и обусловлены требованиями надежности, компоновочными соображениями и традициями фирмы. Правда, следует заметить, что наиболее надежны в эксплуатации те двигатели, у которых привод газораспределительного механизма и ТНВД осуществляется цепью или шестернями (все двигатели *Mercedes*, *BMW M51*, *Peugeot XD2*, *XD3*, *Nissan TD23*, *25,27* и другие). Ремень, как показывает практика, несмотря на определенные достоинства, снижает надежность дизеля, так как при его обрыве двигатель обычно выходит из строя.

Очень эффективен для повышения мощности дизелей наддув. В отличие от бензиновых двигателей у дизеля турбонаддув работает во всем диапазоне частот вращения — ведь благодаря высокой степени сжатия давление отработавших газов здесь в 1,5 — 2 раза выше. Особенно высокое форсирование достигается промежуточным охлаждением воздуха, сжатого в компрессоре, перед его поступлением в двигатель. Для этого используют специальные радиаторы-охладители или интеркулеры (*intercooler*). Такие двигатели имеют повышенную температуру газов в камере сгорания, и чтобы добиться надежной работы поршня, его приходится охлаждать маслом, подаваемым снизу через специальные форсунки.

Особое место в конструкции дизелей занимает система подачи топлива. Высокие давления впрыска делают ее достаточно сложной, от нее во многом зависят мощность и экономичность двигателя, а также его экологические характеристики. В эксплуатации с нарушениями в работе системы подачи топлива связано много различных неисправностей. Поэтому системам



Рядный плунжерный насос

питания дизелей приходится уделять большое внимание и в обслуживании, и в ремонте.

Основным узлом топливной системы дизеля является топливный насос высокого давления. Его главные функции — нагнетание топлива в форсунки в строго дозированном количестве и обеспечение необходимого момента начала впрыскивания (он определяется углом опережения впрыска по аналогии с углом опережения зажигания у бензиновых двигателей).

На дизелях легковых автомобилей применяются три типа ТНВД. Рассмотрим их более подробно.

Плунжерные рядные насосы типа *M* или *MW* фирмы *Bosch* применяются сейчас, в основном, только фирмой *Mercedes*. Эти насосы сложны по конструкции, но обладают, пожалуй, максимальными надежностью и долговечностью. Конструктивно плунжерные ТНВД имеют отдельные нагнетательные секции на форсунку каждого цилиндра с приводом от кулачкового вала насоса. Каждая секция состоит из двух прецизионных (т.е. сверхточно выполненных) элементов — плунжера и нагнетательного клапана. Плунжер служит для нагнетания топлива в форсунку и установлен в корпусе насоса с очень малым зазором — менее 1 мкм. Кроме того, плунжер управляет количеством топлива, подаваемого к форсунке. Нагнетательный клапан необходим для быстрого запирания топливопровода, соединяющего насос и форсунку, и поддержания небольшого остаточного давления в топливопроводе между впрысками.

В распределительном насосе типа *VE* фирмы *Bosch* (подобные насосы производятся также японской фирмой *Diesel Kiki* по лицензии *Bosch*) система нагнетания имеет только один плунжер-распределитель, который совершает поступательные движения для нагнетания топлива и вращение для распределения топлива по форсункам. Поступательно-вращательное движение плунжера обеспечивается за счет его контакта с шаговым диском через ролики, при этом плунжер выполняет за один оборот диска столько циклов нагнетания, сколько цилиндров у двигателя.

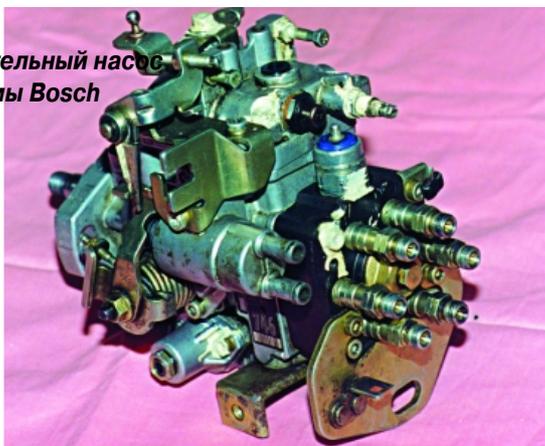
В распределительных насосах типа *DPC* французской фирмы *Lucas Rotodiesel* и *DPA, DPS* английской фирмы *Lucas-CAV* систему нагнетания составляет пара противоположных поршней, выполняющих поступательные движения навстречу друг другу. Нагнетание топлива происходит здесь в результате действия на поршни роликовых толкателей, набегающих на кулачки обоймы подшипника ротора. Распределение топлива по форсункам выполняется за счет разделителя, вращающегося вместе с поршнем и соединяющего или разъединяющего в определенных положениях насос с форсунками.

Чтобы ТНВД создавал необходимое давление впрыскивания, топливо должно поступать к плунжерной паре под небольшим давлением. Для этого используют насосы предварительной подкачки (низкого давления). В рядных ТНВД такой насос вынесен наружу и приводится от кулачкового вала двигателя, в то время как в распределительных насосах он установлен внутри корпуса самого ТНВД.

Конечным элементом топливной системы дизеля является форсунка. Она обычно заворачивается в головку блока цилиндров, но в некоторых дизелях прижимается специальным зажимом. Поскольку со стороны распылителя на форсунку воздействуют горячие газы, между ней и головкой устанавливают противопопригарную шайбу, уплотняющую соединение и способствующую отводу тепла от форсунки.

Распылитель является основной деталью форсунки. В дизелях легковых автомобилей обычно применяют многоструйные или штифтовые распылители. Первый тип применяется в

Распределительный насос типа VE фирмы Bosch

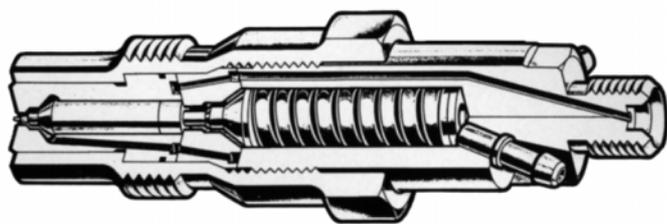


Распределительный насос типа DPC фирмы Lucas



Распределительный насос BOSCH с электронным управлением





Форсунка вихрекамерного дизеля — узел прецизионный и очень ответственный.

дизелях с непосредственным впрыском, второй — в дизелях с разделенной камерой сгорания.

Давление впрыска определяется усилием пружины распылителя. Под действием давления топлива в топливопроводе игла распылителя поднимается, и происходит впрыск. В момент, когда плунжер ТНВД прекращает нагнетание, давление резко падает, и игла распылителя садится на седло, отсекая подачу.

Еще одна специфическая принадлежность дизеля — система предпускового подогрева. У большинства дизелей в камеры сгорания вставлены электрические нагревательные элементы — свечи накаливания. При включении зажигания свечи за несколько секунд разогреваются до 800 — 900°C, о чем водителю сигнализирует специальная контрольная лампа. Как только лампа погаснет, двигатель готов к запуску. Электропитание со свечей снимается автоматически после запуска. В холодное время года это происходит не сразу, а через 15-20 с, чтобы обеспечить устойчивость работы непрогретого двигателя.

На некоторых дизелях (например *Ford Transit*) в виде пускового устройства применен электрофакельный подогрев. Он включает свечу накаливания, объединенную со специальной форсункой. Топливо к пусковому устройству подается из отдельного поплавкового механизма. После запуска, как только снимается напряжение со свечи, прекращается и подача топлива к форсунке.

Современные системы предпускового подогрева в сочетании с усовершенствованной конструкцией двигателей обеспечивают устойчивый пуск исправного дизеля при температуре до -25°C, а иногда и до -30°C.

В процессе эксплуатации в дизелях возникает целый ряд неисправностей, характерных только для этого типа двигателей. Не вдаваясь в подробности (это темы наших будущих материалов), отметим, что значительными ресурсом и надежностью обладают дизели *Mercedes*, причем всех категорий. В то же время в наших российских условиях (а они являются, как известно, неплохим полигоном для испытаний) заметно уступают многим фирмам дизели *VW*, хотя при этом они имеют отличную ремонтпригодность. В любом случае оценка качеств того или иного автомобиля с дизельным двигателем всегда носит оттенок субъективности. То же можно сказать о сравнении бензинового двигателя с дизельным — каждый имеет собственные преимущества и недостатки.

АЕС

**Справка «АБС-авто»:
консультацию по обслуживанию
или ремонту дизелей
и их топливной аппаратуры
можно получить на фирме
«Моторсервис».
Тел.: (095) 485-47-09, 481-69-00.**