

РАЗГОВОР О ДИЗЕЛЕ



Почему дизельные двигатели экономичны? За счет чего у них такой большой крутящий момент и низкие максимальные обороты? Попробуем разобраться

Олег Карелов, эксперт по подбору автомобилей AutoTechnic.ru

История моторов с воспламенением от сжатия началась в конце XIX века. Именно тогда Рудольф Дизель загорелся идеей создания эффективного двигателя, коэффициент полезного действия которого смог бы превысить 10–12%, то есть показатель паровых машин. С конструкцией и принципом работы будущего мотора Дизель определился достаточно быстро – это двигатель внутреннего сгорания с воспламенением топлива от высокой температуры сжимаемого газа. Однако в процессе создания рабочего экземпляра возникли трудности: высокое давление и температура в камере сгорания мотора приводили к прогоранию поршней, поломкам газораспределительного механизма, а иногда и к взрывам. В итоге на доработку и придание агрегату достаточной надежности ушло несколько лет. Но в 1897 году цель наконец была достигнута, огромный 5-тонный двигатель развивал 20 л.с. при 173об/мин и обладал КПД в 26%. Даже перспективный двигатель Отто с принудительным зажиганием обеспечивал всего 20%!

Больше – меньше

Итак, отчего же дизельные моторы получились настолько экономичнее? Тому есть две фундаментальные причины.

Первая заключается в более высокой степени сжатия дизелей – от 13 до 25 против 12 у лучших бензиновых представителей. Эти цифры не стоит недооценивать, ведь от них зависит КПД

мотора: чем они выше, тем в большей степени расширяются раскаленные отработавшие газы и, соответственно, тем полнее их тепловая энергия преобразуется в механическую. Если сравнить современные дизельные и бензиновые моторы, то первые способны усвоить 38–50% процентов теплоты, выделившейся при сгорании топлива, а вторые – лишь 25–38%.

Возникает вопрос: что мешает поднять степень сжатия бензиновых агрегатов? Мешает детонация, то есть самопроизвольное воспламенение топливно-воздушной смеси от сильного нагрева при излишне большом сжатии. При этом мало того что сгорание происходит не в тот момент, когда нужно, так оно еще и сопровождается чрезвычайно резким нарастанием давления в цилиндре, что приводит к стукам, перегреву и высокой токсичности выхлопа.

В дизеле же поднятие степени сжатия лишь увеличивает надежность воспламенения впрыскиваемого топлива: чем горячее будет воздух в цилиндре, тем быстрее оно испарится и начнется процесс сгорания. Но кроме степени сжатия есть и второе, не менее важное обстоятельство – низкое сопротивление впускной системы дизеля. Ведь в отличие от бензинового мотора ему не требуется «перекрывать кислород» дроссельной заслонкой, управление мощностью осуществляется простым дозированием впрыскиваемого горючего: нужна большая отдача – подаем больше топлива. А уж насколько

избыточно количество воздуха в цилиндре, дело десятое, главное, чтобы его хватало для окисления.

С бензиновым мотором такой трюк не пройдет. Если воздуха окажется слишком много (то есть концентрация паров бензина в нем будет очень низкой), то от искры смесь просто не вспыхнет. Вот и приходится ставить на впуске заслонку, регулируемую расход воздуха и, опосредованно, количество подаваемого топлива. Поэтому при небольших нагрузках (например, в пробках), бензиновые автомобили тратят силы на всасывание воздуха сквозь чуть приоткрытую дроссельную заслонку, создавая огромное разрежение во впускном коллекторе. «Дыхание» же дизеля всегда свободно!

Влияние этого фактора на общую экономичность оценить легко, достаточно сравнить расход бензиновых и дизельных моторов в различных режимах движения. Окажется, что наибольшее превосходство дизеля (почти двукратное) проявляется в городском цикле, когда на его стороне и высокая степень сжатия, и низкие потери во впускной системе. В загородном же режиме, на скорости, когда нагрузка на мотор больше, дроссельная заслонка открыта сильнее и бензиновому двигателю становится легче «дышать», у дизеля остается только один козырь – степень сжатия. В результате тает и его преимущество в расходе топлива.

Впрочем, в начале XX века все эти тонкости не особо волновали автопроизводителей. Нефть стоила дешево, и от двигателя требовалась простота конструкции и изготовления, а не экономичность. И дизели с их сложными механизмами подачи топлива пришли не ко двору. Правда, благодаря большому ресурсу и неприхотливости к качеству горючего эти моторы все же нашли применение в сельской технике и грузовом транспорте. Пригодились они и военным – баки с соляной кислотой не так пожароопасны, как плещущийся за спиной бензин. Первый же легковой автомобиль на тяжелом топливе – Mercedes-Benz 260D – появился лишь в 1936 году, а к 1970-му общее число выпущенных дизельных легковушек едва превысило 100 тыс.

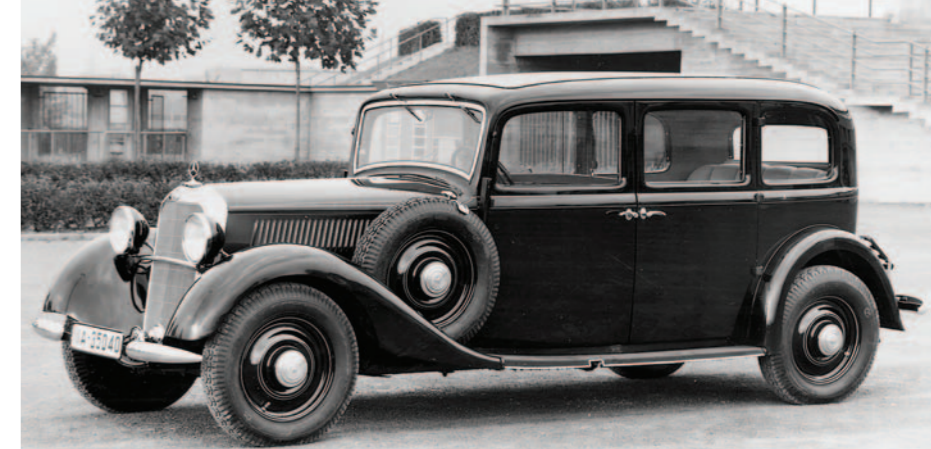
В поисках выхода

Так бы и пылился дизель на задворках отрасли, если бы не подскочившие в 70-х годах цены на нефть. И тогда на пути массовой дизелизации осталась только одна преграда – низкая мощность таких моторов. А от этого, как известно, существуют два средства: расширение диапазона допустимых оборотов коленвала и увеличение крутящего момента.

Но первый вариант оказывается неэффективным, высокие обороты лишь углубляют и без того насущную для дизеля проблему нехватки времени на смесеобразование. Ведь чтобы топливо активно испарялось, оно должно впрыскиваться при температуре воздуха в цилиндре не менее 500 °С, то есть почти в конце такта сжатия. При 5000 об/мин это означает, что на испарение распыленных частиц топлива и дальнейшую химическую подготовку к воспламенению отводится не более одной тысячной секунды!

Не терпит суеты и процесс сгорания. За резким первоначальным всплеском следует растянутый период догорания, продолжающийся уже на такте расширения. А торопить мотор в таких условиях – это в буквальном смысле слова выбрасывать горячее в трубу.

Поэтому сделать дизель мощнее можно лишь за счет увеличения крутящего момента. А для этого нужно развить



Mercedes-Benz 260D – пионер легковых дизелей

как можно большее давление в цилиндрах, то есть сжечь больше топлива. Но опять незадача, приготовленная наспех горячая смесь дизеля отличается значительной неравномерностью распределения топлива по объему. Поэтому во время сгорания в смеси может возникнуть локальная нехватка воздуха, из-за чего часть топлива не сгорает, а разлагается под воздействием высокой температуры.

Вам приходилось видеть, как дизельные автомобили дымят под нагрузкой? Та сажа, что они выбрасывают, и есть продукт крекинга, то есть разложения несгоревшего топлива. Но это лишь визуальный эффект, а есть еще и сугубо практический в виде снижения мощности, увеличения расхода топлива и вредных выбросов.

Как с этим бороться? Можно так плотно заполнять цилиндры воздухом, чтобы его гарантированно хватало для сгорания даже в зонах максимальной концентрации топлива. Однако процесс распыления горючего оказался столь несовершенен, что возросшие требования к объему воздуха не смог удовлетворить и наддув с интеркулером, в результате чего турбодизели проигрывали в крутящем моменте даже атмосферным бензиновым моторам!

Так что задача увеличения мощности дизеля естественно свелась к процессу оптимизации смесеобразования, в котором решающее значение имеет давление впрыска. Разумеется, поначалу топливные насосы не могли им похвастаться, приходилось прибегать к различным ухищрениям, улучшающим распыление горючего. Например, воспользоваться завихрением сжимаемого воздуха, как было сделано в вихрекамерных дизелях. Или поделить камеру сгорания на две части и использовать для смесеобразования энергию газа, перетекающего из одной половины камеры в другую вследствие предварительного сгорания части топлива.

Все эти решения позволяли немного снизить требования к давлению впрыска, но отличались увеличенными тепловыми и гидравлическими потерями вследствие сложной и большой поверхности камеры сгорания. Это, конечно, вело и к ухудшению топливной экономичности моторов. И лишь в начале 90-х годов появились системы, позволившие поднять давление до 1500 бар, что положило конец массовому производству вихрекамерных и предкамерных дизелей, заменив их более экономичными моторами с непосредственным впрыском.

С этого момента и началась увлекательная погоня дизеля за бензиновым конкурентом. Системы питания Common Rail, рекордно высокие давления впрыска, сверхбыстрые пьезоэлектрические форсунки, распыляющие топливо до пяти раз за такт. Благодаря всем этим изобретениям ныне дизельные двигатели уже конкурируют с турбированными бензиновыми моторами. Печатающийся прогресс! ■

МОЩНОСТЬ? МОМЕНТ!

Часто можно слышать, как в оправдание небольшой мощности дизеля приводят впечатляющие цифры его крутящего момента. Цифры эти, конечно, свидетельствуют о совершенстве мотора, но отнюдь не означают, что крутящий момент на колесах бензинового автомобиля окажется меньше! Ведь дизельные двигатели низкооборотные, из-за чего приходится применять более растянутые передаточные отношения в узлах трансмиссии, что и ведет к снижению конечного крутящего момента. Сравним, например, Mercedes E280 и E280CDI. Мотор первого выдает 300Нм, второго – 440Нм, при этом автоматические коробки у них одинаковые, а редукторы разные, с передаточными отношениями 3,27 и 2,47 соответственно. В итоге на первой передаче на колеса бензиновой модели передается 4300 Нм, а дизельной – 4760. То есть вместо изначальной разницы в 1,5 раза остается превосходство всего в 1,1 раза.

