

Будем форсировать?

Александр ХРУЛЕВ
кандидат технических наук

Автомобильный двигатель на вашей машине... Его не случайно сделали таким, какой он есть. Ведь, по замыслу создателей, двигатель должен точно соответствовать назначению автомобиля, что вполне логично. Как и приведенные в соответствие расход топлива и токсичность выхлопа. Правда, далеко не все водители довольны мощностными показателями своих моторов. «Какая мощность двигателя вас бы устроила?», — спросили мы одного из них. «Достаточная!», — был ответ...



Другое дело — гоночный автомобиль. Здесь все подчинено одной задаче: выжать из двигателя максимум всего, на что он способен, при этом расход топлива и токсичность выхлопных газов во внимание обычно не принимаются. И чем мощнее мотор, тем для гоночного автомобиля лучше. Помните, еще в 80-х годах мощность двигателя автомобиля «Формулы-1» объемом всего 1,5 л превышала 1000 л.с., — а это в 10(!) раз больше, чем у аналогичных по объему двигателей серийных легковых автомобилей тех же лет.

Нужен ли подобный мотор-монстр на обычной машине? Конечно, нет, ведь шоссе — это не гоночная трасса, и вряд ли даже спортивный стиль езды потребует здесь более 25-30% такой невероятной мощности.

Тем не менее, моторы со спортивным «характером» выпускаются. Сравните: мощность двигателя нашего ВАЗ-2106 составляет 80 л.с., а у некоторых модификаций моторов Honda при том же объеме — более 160 л.с.! Значит, в любителях прокатиться «с ветерком» недостатка нет. Плохо это, хорошо — не нам судить. Но то, что для спортивного стиля езды нужен мощный мотор, сомнения не вызывает.

Вопрос в другом — где его взять, этот мощный мотор, если под капотом самый обыкновенный? Конечно, можно купить иномарку с двигателем сил, этак, в двести-триста. Но, к сожалению, даже в весьма подержанном состоянии такая машина недешева, а затраты на ее эксплуатацию через год-другой вполне могут

превысить стоимость самой покупки. Перспектива грустная, ведь как не хочется отказываться от мечты...

Выход все-таки есть. Рядовой двигатель штатного автомобиля можно форсировать, т.е. заметно повысить его мощность. Для этого требуются желание, время и, разумеется, знание технической стороны вопроса.

Немного теории

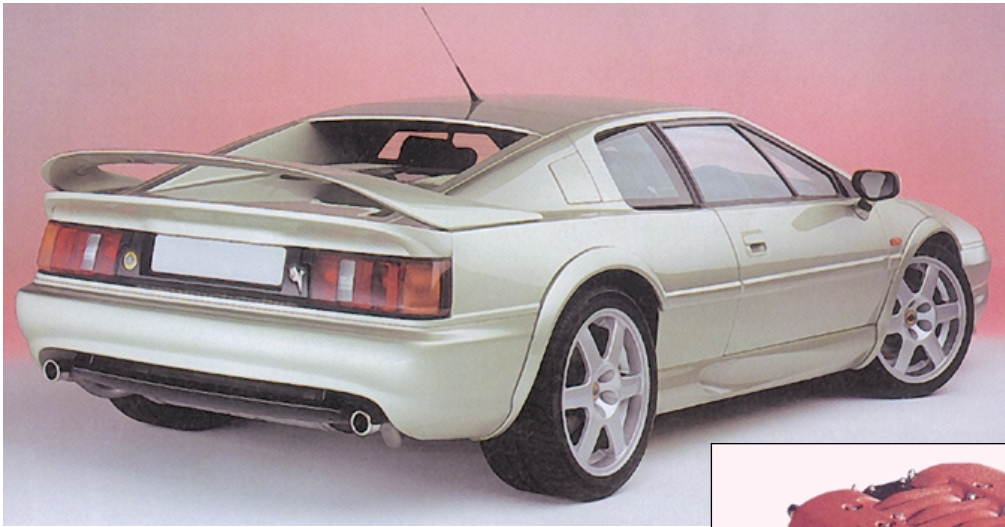
Как в любом серьезном деле (а двигатель и все, что с ним связано, — дело, как известно, очень и очень непростое), начать лучше с теории, которая гласит, что мощность любого двигателя внутреннего сгорания (ДВС) прямо пропорциональна рабочему объему, частоте вращения и так называемому среднеэффективному давлению (что это такое, покажем ниже). Для четырехтактного двигателя мощность N_e (в лошадиных силах) выражается формулой:

$$N_e = 0,0011 i \cdot V_h \cdot P_e \cdot n, \quad (1)$$

где i — число цилиндров; V_h — рабочий объем одного цилиндра, л; P_e — среднеэффективное давление, кг/см²; n — частота вращения, об/мин.

Разобравшись в формуле, нетрудно сообразить, что увеличением любого из перечисленных параметров (или всех сразу) и будет достигнуто повышение мощности двигателя или, другими словами, его форсирование.

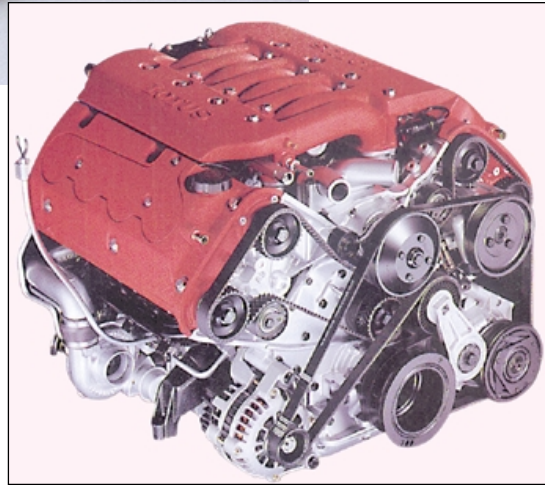
Что касается объема цилиндров, то здесь картина ясна — чем он больше, тем «лучше». Оперировать частотой вращения уже слож-



Для повышения P_e можно увеличить наполнение цилиндров топливовоздушной смесью и улучшить очистку от выхлопных газов. Но тогда потребуются увеличить диаметры каналов и тарелок клапанов, что само по себе — довольно трудоемкое дело.

Можно пойти другим путем — повлиять на сгорание топлива. В частности, более точное дозирование бензина, а также его равномерное распределение по цилиндрам заметно поднимают мощность двигателя. Добиться этого можно, если вместо

карбюратора поставить систему впрыска топлива. Правда, в этом случае важно обеспечить «правильный» алгоритм управления, чтобы система должным образом обогащала топливную смесь тогда, когда от двигателя требуется максимальная мощность. Современные же системы



нее: мощность увеличится при ее повышении, но как поднять частоту, если, к примеру, двигатель больше, чем до 6000 об/мин, не «раскручивается»? А давление P_e ? С чем его «едят»? Как увеличить? А раз вопросы возникли, рассмотрим тему подробнее.

Для начала представим весь рабочий цикл двигателя в следующем графическом виде: по горизонтальной оси будем откладывать текущий объем цилиндра, соответствующий поло-

жению поршня при его движении от верхней мертвой точки к нижней и обратно. Очевидно, текущий объем будет изменяться — от объема камеры сгорания V_{kc} в

верхней мертвой точке до полного объема цилиндра $V_{kc} + V_h$ в нижней. По вертикальной оси отложим давление в цилиндре P при данном положении поршня. В результате получится так называемая индикаторная диаграмма ДВС, показывающая зависимость давления в цилиндре от текущего объема цилиндра. Так вот, площадь под этой кривой есть не что иное, как работа цикла, пропорциональная мощности. Если учесть потери на трение деталей и привод агрегатов, то среднееэффективное давление составит:

$$P_e = 0,1 \frac{L_e}{V_h}, \quad (2)$$

где L_e — полезная работа цикла (вся работа цикла за минусом потерь), Дж.

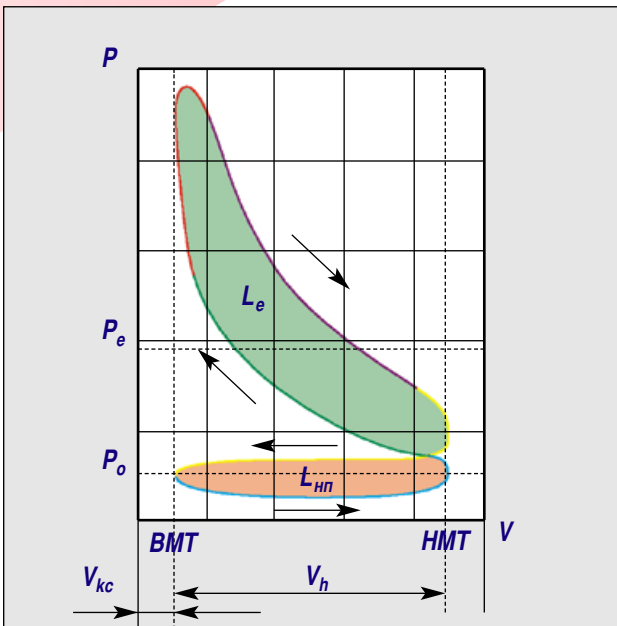
Что влияет на V_h ? Этих факторов несколько. Например, степень сжатия. Чем она выше, тем лучше для нашей цели, ведь давление в цилиндре при сгорании растет. Но реально степень сжатия сильно повысить нельзя — возникнет детонация, от которой не спасет даже дорогой высокооктановый бензин.

управления двигателем, как правило, в первую очередь нацелены на уменьшение расхода топлива и токсичности выхлопных газов. Поэтому для получения от двигателя максимальной мощности требуется определенное изменение (тюнинг) системы управления — иначе нужного результата не добиться.

Существует еще один способ — изменить фазы газораспределения. К примеру, поставить другой распределительный вал, обеспечивающий большую продолжительность тактов впуска и выпуска. Кстати, этот путь не столько увеличивает давление P_e , сколько позволяет поднять максимальную частоту вращения (почему, мы объясним ниже), а значит, и максимальную мощность.

На величину давления P_e влияют и некоторые другие «мелочи». Например, тонкие поршневые кольца позволяют уменьшить потери на трение. Если на малых частотах вращения большого эффекта это не даст, то на больших прибавка к мощности будет ощутимой. Применяют также специальную «настройку» впускного и выпускного каналов. Длину впускного канала можно подобрать так, что возникнет динамический наддув за счет интенсивных колебаний воздуха в канале, увеличивающий наполнение цилиндра. А «настройка» выпускного канала улучшит очистку цилиндра от выхлопных газов, оставшихся в цилиндре в конце такта выпуска.

Но самым кардинальным способом повышения P_e является использование наддува. Прав-



Индикаторная диаграмма четырехтактного ДВС: P_e — среднееэффективное давление; P_0 — давление окружающей среды; V_{kc} , V_h — объем камеры сгорания и рабочий объем цилиндра; L_e — полезная работа цикла; L_{np} — работа насосных потерь.

- впуск;
- сжатие;
- сгорание;
- рабочий ход;
- выпуск.

да, просто установить на двигатель, например, турбокомпрессор, нельзя — обязательно возникнет детонация. Да и многие детали, включая поршни, кольца и клапаны, могут не выдержать повышения нагрузок и температур. Поэтому применение наддува всегда сопряжено со значительными изменениями в конструкции двигателя.

Как видим, путей повышения максимальной мощности двигателя много. Но все они достаточно сложны, чтобы можно было так запросто ими воспользоваться. А потом, так ли важно стремиться к повышению максимальной мощности? Ведь она реализуется только на максимальной (или близкой к ней) частоте вращения. Часто ли такие режимы встречаются, даже если использовать спортивный стиль езды? Пожалуй, только при движении с максимальной скоростью. Но в городе это нереально. За городом при нынешнем состоянии дорог мало где и когда удастся без реальной угрозы для безопасности достигнуть хотя бы 150 км/час, да и ограничения скорости существуют повсюду.

Какой двигатель лучше

Оказывается, при эксплуатации автомобиля в самых обычных условиях наших улиц и дорог более важна и наглядна вовсе не мощность как таковая (какая разница, сколько в данный момент «выдает» мотор — 80 или 180 л.с.), а динамика разгона автомобиля. Что это такое, становится понятным, если сравнить, например, ощущения водителя в автомобиле, который разгоняется до 100 км/ч за 20-25 сек., и в том, который делает это за 8-10 секунд. В первом случае всегда возникает мысль, что с двигателем не все в порядке. Во втором — водителя вдавливает в спинку сиденья, а автомобиль в управлении воспринимается очень динамичным и маневренным. Именно эти качества важнее всего.

Динамику разгона автомобиля определяет крутящий момент двигателя — чем он выше, тем быстрее разгон. Крутящий момент (M_e) связан с мощностью простой зависимостью

$$M_e = 716 \frac{N_e}{n} \quad (3)$$

Подставив сюда выражение для мощности, получим:

$$M_e = 0,796 \cdot i \cdot V_n \cdot P_e \quad (4)$$

Из чего следует, что крутящий момент напрямую от частоты вращения не зависит. Но косвенная зависимость все равно существует: вследствие изменения P_e по частоте вращения крутящий момент меняется, и в области средних частот вращения обычно имеет максимум.

Зависимость крутящего момента и мощности от частоты вращения при полностью открытой дроссельной заслонке называют внешней скоростной характеристикой двигателя. Она многое может рассказать о характере мотора.

Например, сравним два двигателя: один — обычный, типа нашего «ВАЗовского», другой — форсированный, при том же рабочем объеме имеющий вдвое большую максимальную мощность. Различия легко увидеть на скоростной характеристике: несмотря на значительно большую максимальную мощность, второй двигатель на малых и средних частотах вращения проигрывает и в мощности, и в крутящем моменте первому, слабосильному. Значит, чтобы реализовать преимущество в мощности, такой форсированный мотор придется эксплуатировать только на высоких оборотах.

Нетрудно представить, как это будет выглядеть на практике: чтобы быстро тронуться с места, придется предварительно надавить на «газ» и вывести двигатель на повышенные частоты вращения. Для городской езды такой режим эксплуатации неудобен, да и сцепление долго не протянет.

Почему так получается? Причин много, но выделим главную — наполнение цилиндров смесью меняется при изменении частоты вращения. У обычного мотора фазы газораспределения, в том числе и продолжительность впуска, выбирают такими, чтобы на средних, наиболее часто используемых, частотах вращения наполнение цилиндров было максимальным. Тогда при уменьшении частоты вращения фазы окажутся слишком «широкими», а при ее увеличении — слишком «узкими», из-за чего в обоих случаях крутящий момент будет уменьшаться (более подробно см. «АБС-авто», 1998, № 12). Тем не менее, подобный компромисс дает приемлемые для обычного автомобиля динамику и максимальную скорость.

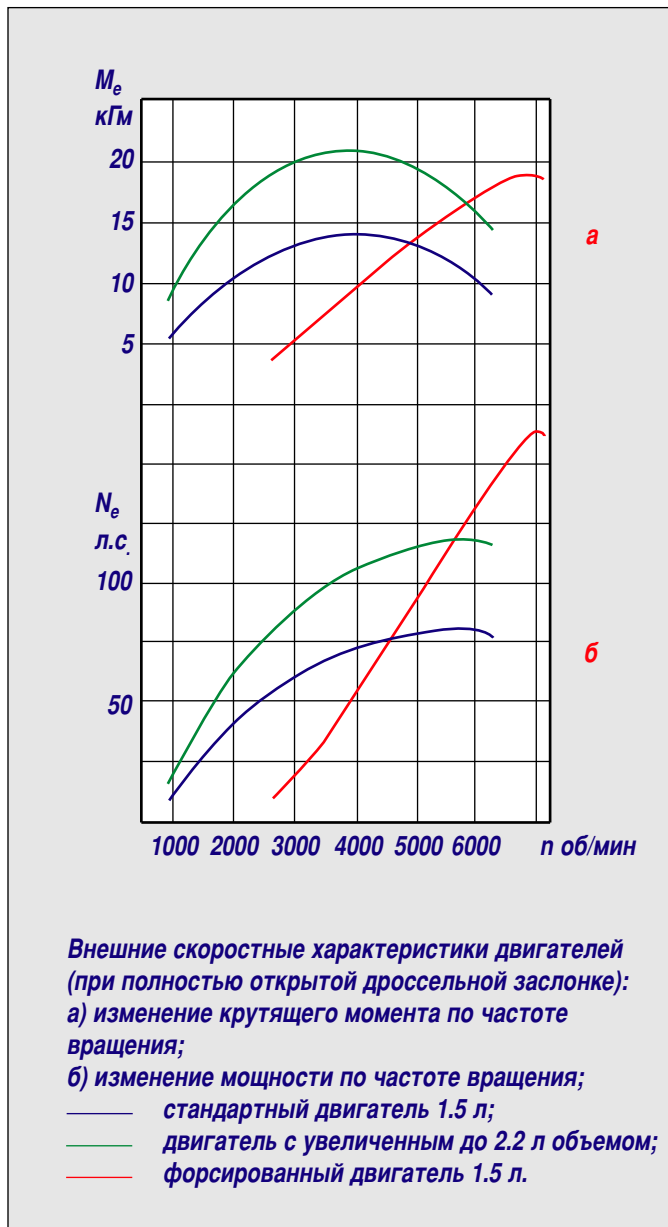
Другое дело — спортивный форсированный мотор. Его фазы газораспределения слишком «широкие», иначе на больших частотах вращения не получить максимума крутящего момента и мощности, да и не раскрутить без этого двигатель, к примеру, до 7000-8000 об/мин. Но тогда большие потери на низких частотах вращения неизбежны. Они возникают, в основном, за счет заброса выхлопных газов во впускной коллектор. Рабочий диапазон частоты вращения у такого мотора оказывается слиш-

ком узким, и реализовать его можно только за счет увеличения числа передач. Для гоночной трассы это нормально, а для города — неприемлемо.

Как форсировать двигатель?

В принципе можно было бы, по примеру той же Honda, изменять фазы газораспределения в зависимости от частоты вращения. Но практически это нереально — слишком сложен механизм регулирования фаз. Поэтому для двигателя обычного автомобиля нужны другие способы форсирования.

Посмотрим еще раз на формулу (4) крутящего момента: в ней присутствует рабочий объем двигателя. А если попытаться увеличить именно его? Городское шоссе — не спортивная трасса, на нем нет классификации автомобилей по рабочему объему. Поставим тогда рядом с указанными выше моторами третий, самый обычный, но с увеличенным раза в полтора объемом. Видите, что получилось? Максимальная мощность возросла, но осталась в целом заметно меньше, чем у спортивного мотора. Зато крутящий момент намного



повысился почти во всем рабочем диапазоне частот вращения. А значит, и динамика разгона автомобиля стала лучше.


Но это не все. Двигатель с увеличенным рабочим объемом оказывается очень «эластичным». При спокойной езде одной пятой передачи вполне достаточно для движения на всех скоростях, начиная буквально с 40 км/час. При этом двигатель использует свои возможности не полностью, частота вращения коленвала у него в среднем меньше, чем у стандартного мотора, не говоря уже о спортивном. А значит, его ресурс будет гораздо больше.

Конечно, технически повысить в полтора раза рабочий объем, сохранив блок цилиндров неизменным, не получится. Более реально повышение объема на 10-20%, для чего достаточно расточить «родные» цилиндры

под поршни большего диаметра и установить коленчатый вал с увеличенным радиусом кривошипа. Если же к перечисленным работам добавить доводку впускных каналов, седел клапанов и камер сгорания, несколько увеличить степень сжатия, позаниматься с системой управления, выполнить ряд других работ, то поднять крутящий момент и максимальную мощность можно уже на 35-40%. А установив другой распределительный вал с чуть более широкими фазами, удастся сохранить динамику на малых и средних частотах вращения, и значительно, уже на 40-50%, увеличить крутящий момент и мощность на больших частотах.

Напротив, распределительный вал с более «острыми» кулачками еще более повысит крутящий момент на низких частотах. Тогда, «топ-

нув» по педали газа, легко заставить колеса буксовать и на сухом асфальте, причем не только на первой передаче. Весь вопрос лишь в том, что конкретно мы хотим получить от двигателя.

Конечно, все эти переделки не пройдут даром, особенно пострадает экономичность двигателя. Но ведь мощность требует жертв, не так ли? О том, как практически сделать двигатель мощнее, читайте в наших следующих публикациях. 

Справка «АБС-авто»: форсировать двигатель любого автомобиля можно на «АБС-сервисе», тел.: 945-74-40.