

Тюнинг: от идеи до практики

АЛЕКСАНДР ХРУЛЕВ, кандидат технических наук, директор фирмы «АБ-Инжиниринг»

Когда в 1999 году мы начали публикацию серии статей, посвященных форсированию двигателей (№№ 7-9/1999), специализированные мастерские (сейчас их называют тюнинговые ателье), способные выполнить такую работу, можно было пересчитать по пальцам. За какие-то три года спрос на эти работы настолько возрос, что тюнинг двигателя теперь стал обыденным явлением.

Желая повысить мощность двигателя, любой владелец автомобиля без труда найдет не один десяток адресов (как крупных центров, так и обычных СТО), где можно «оттюнинговать» двигатель. Конечно, такая доступность должна радовать. Но настораживает то, что технически сложные работы по изменению конструкции двигателя (а именно в этом суть настоящего тюнинга) сегодня проводятся повсеместно. Да и более близкое знакомство с работой механиков, смело улучшающих двигателя посредством тюнинга, наводит на размышления.

Мода на... тюнинг?

Что, в самом деле, означает массовость тюнинга двигателя? Доступность услуги — это, понятное дело, хорошо. А вот ее качество? Тут возникает масса вопросов. Давайте разберемся.

Тюнинг двигателя предполагает, в первую очередь, вмешательство в конструкцию двигателя, худо-бедно, но уже отработанную производителем. Изменение конструкции мотора, как известно, иногда приводит и к отрицательным результатам. За примерами далеко ходить не приходится. На рост токсичности выхлопных газов обычно принято закрывать глаза. И хотя отечественные нормы токсичности весьма «мягкие», но даже и они нарушаются «по жизни» без стеснения. В этом же ряду и повышенный расход топлива. А если двигатель «тюнингуется» по максимуму, то вопрос об экономичности звучит наивно и, как правило, даже не обсуждается.

Хуже, когда изменения, повышающие мощность двигателя, негативно сказываются на его ресурсе и надежности. Обычно такая опасность возрастает с ростом степени форсирования, т.к. чем более мощным становится двигатель, тем больший объем изменений вносится в его конструкцию, и приходится использовать большое количество нестандартных комплектующих.

Картина получается безрадостная. Но, к счастью, такую работу делают не «на каждом углу». В тюнинговый «бум» вмешивается экономика. Действительно, специальные детали и узлы для

тюнинга двигателя — вещи весьма и весьма дорогостоящие, их цена во много раз превышает цену стандартных аналогов. К тому же работы по доводке или, как стало модно говорить, «тюнингованию» двигателя тем дороже, чем больше их объем.

В результате имеем следующую ситуацию на рынке «тюнинговых» услуг: наибольшее распространение получил относительно «безопасный» тюнинг — самый дешевый, не требующий серьезного вмешательства в двигатель. Количество специальных комплектующих для такой работы также минимально.

Очевидно, что для проведения этих работ персонал высокой квалификации не нужен. В самом деле, установить новый распределительный вал с измененными фазами газораспределения — не слишком большая премудрость. А потому такую работу для самых распространенных у нас ВАЗовских моторов легко проделают (и не «задорого») в любой мастерской или СТО, в списке услуг которой значится слово «тюнинг». Хотя, справедливости ради, заметим: даже эту, самую простую работу сделать непросто, и механик без соответствующей подготовки может с ней не справиться.

Но не каждый заказчик согласен с таким минимумом. А тогда — и детали дороже, и работа сложнее. Вот и выходит, что дальнейшее движение к «тюнинговому Олимпу», т.е. максимально форсированию двигателя, идет не без «потерь» — количество мастерских, предлагающих сложные работы, плавно уменьшается с ростом сложности переделок. В конце концов, это количество переходит в качество буквально: для желающих «выжать» из своего мотора максимум — выбор невелик.

Причина очевидна. Серьезные работы требуют глубоких знаний процессов, происходящих в дви-

гателе, чувства «металла», когда механик, как говорят, «нутром чует» особенности работы каждого узла или детали. Специалистов такого класса немного, и их работа не имеет ничего общего с массовой «тюнингацией».

В подавляющем большинстве обычных мастерских глубоко в процессы работы двигателя не вникают. Раз мода рождает спрос, то за предложением дело не станет. А что предлагают? Все, что пожелаете. Хотите распредвал? Пожалуйста, прибавим 20% мощности. Доработать головку блока цилиндров? Нет проблем, еще 10%. Карбюратор, чип? Еще 10%, только платите.

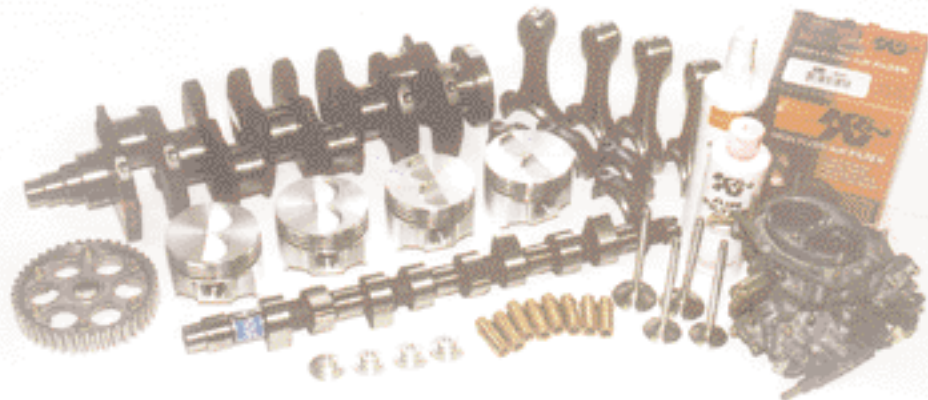
Такая ситуация напоминает происходившее лет 10-15 назад. Вспомните «бум», связанный с экономией топлива. Чего только тогда не предлагали! И подход был тот же: хочешь сэкономить 20% бензина — поставь вот такое устройство, еще 10% — вот это, а такая «примочка» даст еще... Кто-то даже посчитал, что если все эти способы реализовать одновременно, то бензин должен течь не из бака в двигатель, а наоборот.

Но в двигателе все сложнее — в нем с бешеной скоростью вращаются детали, текут потоки газов, и возникают огромные нагрузки. И все взаимосвязано: изменил что-то здесь — получил разницу там. А потому без серьезной подготовки трудно рассчитывать на успех мероприятия, называемого «тюнинг двигателя».

По нашему мнению, заказчику, желающему форсировать двигатель, не следует оставаться в стороне от технических проблем. Необходимо четко определиться в своих требованиях. Иначе велика опасность обратиться «не туда» и получить «не то», что хотелось.

Короче говоря, прежде чем вторгаться в конструкцию двигателя, желательно не один раз

Цена набора деталей для тюнинга достаточно велика. Дорого обойдется и ошибка при неграмотной установке.



подумать, осмыслить технические подробности способов его форсирования. А потому нелишне узнать, о чем говорит теория.

Мощность или момент?

Стремление многих водителей увеличить мощность двигателя своего автомобиля вполне объяснимо. И дело, конечно же, не только в русском характере, который «любит быструю езду».

Более мощный двигатель делает машину более маневренной, а при правильном управлении и более безопасной. Но вот вопрос: что такое мощность? С чем ее «едят», как ее почувствовать?

Может быть, более мощный двигатель — это тот, который лучше «тянет»? В смысле, позволяет автомобилю быстрее разогнаться? Что ж, посмотрим...

Вот самый обычный двигатель — ничего примечательного. А вот — похожий, но только его максимальная мощность вдвое больше. Пробуем разгон с места: с первым — все ясно, а со вторым — проблема: не тянет! То есть отпускаем, как обычно, педаль сцепления, нажимаем на «газ» и... ничего. Прямо «корогаз» какой-то, не разгоняется!

Ничего удивительного в этом нет: форсированный двигатель, в данном случае имеющий вдвое большую максимальную мощность, не работает на низких оборотах, к которым привык водитель.

Его сначала нужно разогнать — увеличить обороты тысяч до четырех, не меньше. Только там, «на верхах», т.е. на высоких оборотах, реализуются все преимущества такого мотора. А теперь попробуйте с такими оборотами покататься по городу, где и светофоры, и пробки!

Парадокс и только: в нашем примере двигатель слабый, а «тянет» лучше! Значит, мощность — это еще не все. Иными словами, значение максимальной мощности еще не говорит о преимуществах, эту величину необходимо как-то реализовать на практике.

Почему же «слабый движок» лучше тянет? Все просто — его крутящий момент оказался выше в большей части диапазона числа оборотов. Более того, значение крутящего момента у него имеет пологую характеристику, т.е. слабо изменяется по частоте вращения. А это сразу чувствует водитель — не надо «газовать», машина послушно отзывается на педаль акселератора.

Получается, что величина крутящего момента более значима в обычных условиях дорожного движения.

Попробуем охарактеризовать влияние крутящего момента двигателя на разгонную динамику автомобиля. Ускорение автомобиля (а) можно оценить, используя известный закон Ньютона. Пренебрегая в первом приближении силами трения, сопротивления и инерции вращающихся масс, запишем:

$$F = m \cdot a \quad (1)$$

где F — сила «тяги», ускоряющая автомобиль; m — его масса.

В свою очередь, сила F связана с крутящим моментом M_к ведущего колеса следующим соотношением:

$$F = \frac{2 M_k}{D_k}$$

где D_к — диаметр колеса.

Крутящие моменты двигателя M_е и колеса M_к связывает простое соотношение:

$$M_k = \frac{i_t M_e}{2}$$

где i_t — передаточное число трансмиссии. Подставляя значения F и M_к в уравнение (1), находим значение ускорения автомобиля:

$$a = \frac{M_e i_t}{m D_k} \quad (2)$$

Таким образом, чем выше значение крутящего момента двигателя, тем больше ускорение автомобиля. Если учесть, что величина крутящего момента не постоянна, а зависит от многих факторов (к примеру, от частоты вращения), то при разгоне ускорение автомобиля также будет изменяться.

А как же быть с мощностью? Этот параметр, по нашему мнению, более нагляден, когда нужно определить максимальную скорость, до которой способен разогнаться автомобиль. В этом случае мощность двигателя N_е идет на преодоление аэ-

родинамического сопротивления N_а, сил трения качения колес N_к и сопротивления в трансмиссии N_м:

$$N_e = N_a + N_k + N_m \quad (3)$$

Другими словами, чем выше мощность двигателя, тем при прочих равных условиях может быть выше максимальная скорость автомобиля. При этом не следует забывать, что мощность двигателя, в свою очередь, зависит от частоты вращения коленвала и связана с величиной крутящего момента простой зависимостью:

$$N_e = \frac{M_e n}{9550}$$

где n — частота вращения коленвала (об/мин).

Крутящий момент и мощность двигателя передаются на колеса через трансмиссию. Очевидно, что разгонная динамика и максимальная скорость автомобиля зависят от передаточных чисел в КПП и в главной передаче. Эти параметры чрезвычайно важны для реализации всех потенциальных возможностей двигателя. Правильно подобранные передачи в трансмиссии способны значительно повысить эксплуатационные свойства автомобиля, а ошибки в их подборе могут нивелировать результат всех усилий по форсированию двигателя.

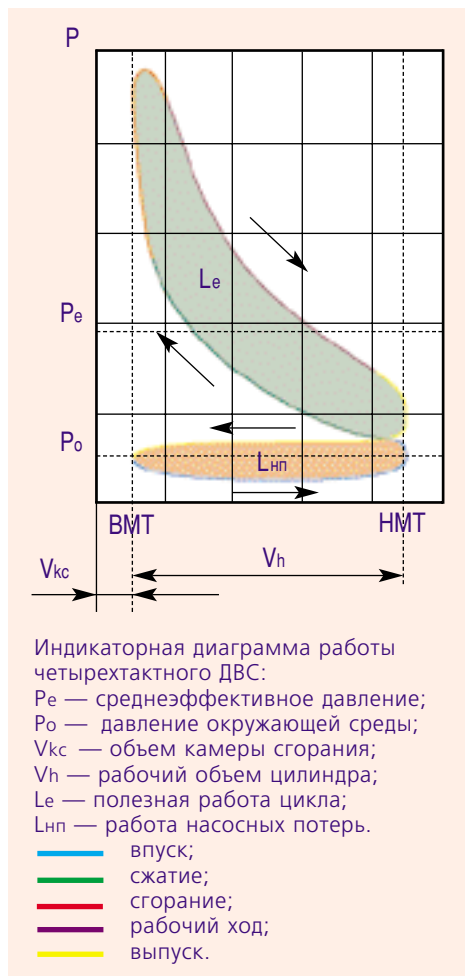
Так или иначе, а любая реконструкция двигателя с целью повышения его мощности — работа комплексная, основанная на четком представлении о том, что все-таки мы хотим получить, как это сделать и можно ли это сделать вообще. Здесь без знания рабочих процессов, протекающих в двигателе, никак не обойтись.

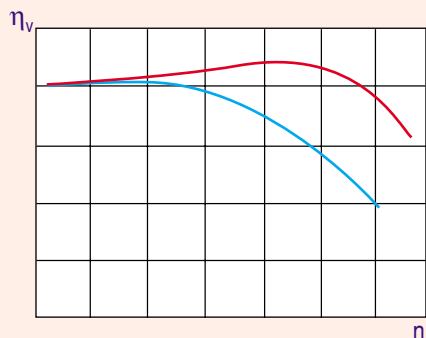
О чем говорит теория?

Чтобы окончательно разобраться с моментом и мощностью двигателя, обратимся непосредственно к теории его работы. При работе двигателя давление в его цилиндрах изменяется от минимума на такте впуска до максимума при сгорании топлива в начале рабочего хода. Характер изменения давления в цилиндре можно изобразить графически, связав его с текущим объемом цилиндра, который меняется от минимума, равного объему камеры сгорания (V_{кс}) в верхней мертвой точке (ВМТ), до максимума — полного объема цилиндра (V_{кс}+V_н) в нижней.

Это известная индикаторная диаграмма — зависимость давления в цилиндре P от его текущего объема V в таких координатах, гласит теория, площадь под кривой представляет собой работу, совершенную в данном цикле.

Верхняя часть индикаторной диаграммы, ограниченная кривыми процессов сжатия и расширения (рабочего хода) в цилиндре, — это так называемая индикаторная работа цикла Li, т.е. работа, вычисленная по индикаторной диаграмме. Нижняя часть — под кривыми впуска и выпуска — работа насосных ходов L_{нх}. Если вычесть из полезной работы Li работу насосных ходов L_{нх}, а также





Зависимость коэффициента наполнения (отношение действительного количества смеси, поступившей в цилиндр, к теоретически возможному) от частоты вращения при полностью открытой дроссельной заслонке: — стандартный двигатель; — форсированный двигатель.

работу L_m , затраченную на преодоление сил трения и механического сопротивления (в том числе, на привод агрегатов), то получим эффективную работу цикла двигателя:

$$L_e = L_i - L_{тр} - L_m \quad (4)$$

Величина работы не наглядна и мало что может рассказать о процессах, протекающих в двигателе. Поэтому в теории часто оперируют удельными параметрами. К примеру, если работу, совершенную за цикл, отнести к объему цилиндра V_h , можно получить удельный параметр, удобный для сравнения разных двигателей. Это — так называемое среднеэффективное давление цикла двигателя:

$$P_e = \frac{L_e}{V_h} \quad (5)$$

Далее легко вычислить значения крутящего момента M_e :

$$M_e = 79,6 \cdot iV_h P_e \quad (6)$$

и мощности двигателя N_e :

$$N_e = \frac{M_e n}{9550} = \frac{iV_h P_e n}{120} \quad (7)$$

где i — число цилиндров.

Итак, некоторые зависимости получены, попробуем их проанализировать.

С точки зрения практики

Первое, что бросается в глаза: крутящий момент явно не зависит от частоты вращения коленвала, а определяется лишь объемом двигателя iV_h и среднеэффективным давлением P_e . Очевидно, имеются два пути повышения M_e : увеличение объема двигателя и повышение его P_e .

С объемом все понятно — чем больше, насколько позволяет конструкция двигателя, тем лучше. С параметром P_e «бороться» сложнее. Но индикаторная диаграмма подсказывает, что параметр P_e — это давление, которое можно повысить, увеличив степень сжатия. Правда, резервов тут немного — возможности этого способа ограничены детонацией.

Можно подойти и с другой стороны. Чем больше топливоздушная смесь мы «загоним» в двигатель, тем, очевидно, больше тепла выделится при сгорании топлива в цилиндре и тем выше будет давление в нем.

Улучшить наполнение цилиндра смесью можно путем увеличения проходных сечений и изменения формы впускных каналов, клапанов и седел, доработки камеры сгорания, а также расширения фазы (продолжительности) впуска. Положительно повлияют и мероприятия, направленные на снижение гидравлического сопротивления впускного тракта: ликвидация «уступов» и острых углов в местах стыка деталей, установка воздушного фильтра с низким сопротивлением.

Кардинальным средством повышения наполнения, а следовательно, и давления в цилиндре следует признать наддув. Однако этот способ сложно реализовать в «тюнинговой» практике, т.к. он связан с большим объемом переделок в двигателе.

Значительное влияние на величину P_e оказывает работа выпускной системы. «Неправильный» выхлоп может «задавить» двигатель, повысив давление в цилиндре на такте выпуска, что, согласно индикаторной диаграмме, приведет к росту работы насосных ходов. Кроме того, большое сопротивление выхлопной системы препятствует наполнению цилиндра смесью, поскольку не все выхлопные газы успеют покинуть цилиндр и займут часть объема свежей смеси. В этой связи не менее важны проходные сечения выпускных каналов, размеры и форма тарелок и седел клапанов, а также продолжительность (фаза) выпуска.

Снова обратимся к формуле (4) работы цикла двигателя. Очевидно, работа, затрачиваемая на преодоление механических потерь, — «вещь» вредная, поскольку уменьшает значения P_e , M_e и N_e . Но и тут есть резервы. Можно снизить потери на преодоление сил трения в цилиндропоршневой группе целым рядом мероприятий: снижением массы поршней и шатунов, уменьшением размера юбки поршней и толщины поршневых колец, переносом места фиксации шатуна от осевого смещения в бобышки поршня и др. Кроме того, имеет значение и снижение разбрызгивания масла коленвалом путем специального направления масла, сливаемого из головки блока, установки маслоотражающих экранов и т.д. Правда, эти мероприятия, в основном, эффективны на высоких оборотах, когда потери на преодоление трения особенно велики.

Перечень возможных переделок можно продолжать, однако не стоит надеяться, что отдельно доработанный узел или деталь сразу даст прибавку мощности или крутящего момента процентов этак на ...дцать. Простой пример: увеличиваем объем цилиндров на 20%. Согласно формуле (6), это должно привести к пропорциональному повышению значения крутящего мо-

мента. Но не приведет! В двигателе все взаимосвязано — оставленные без изменения системы впуска, выпуска и управления не обеспечат хорошего наполнения, сгорания топлива и очистки (продувки) цилиндров увеличенного объема. В результате снизится значение P_e , и реальная прибавка крутящего момента окажется раза в полтора-два меньше, да и то лишь на малых и средних оборотах.

Кстати, о системе управления. Так называемый «чип-тюнинг» обеспечивает прибавку мощности всего на 5–7%. В то же время после «глубокого» тюнинга механической части двигателя настройка системы управления может дать намного больший эффект.

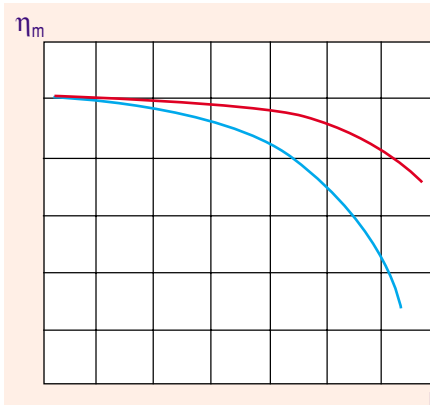
Итак, пути повышения мощности двигателя определены. Кажется, осталось запастись соответствующими деталями и — к двигателю. Однако не будем торопиться — сделать это мы всегда успеем.

Еще немного теории

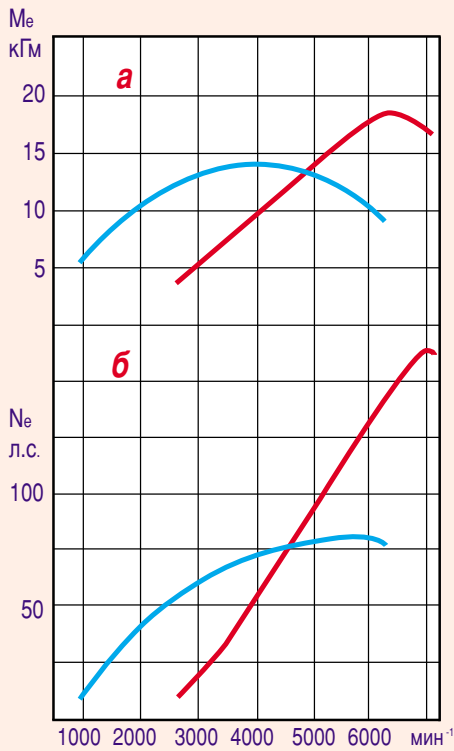
Как мы уже отметили, в двигателе все взаимосвязано. На практике это означает, что изменение в одном узле ведет к перемене всего рабочего процесса: от воздухозаборника до среза выхлопной трубы. Причем на разных режимах любое вмешательство оказывает различное воздействие. Более того, то, что хорошо на одном режиме, может оказаться плохо на другом.

Проведем такой эксперимент: разгон автомобиля от оборотов холостого хода двигателя до максимальных. Реально это выглядит следующим образом: скорость 30 км/час, 4-я передача, «газ в пол». Вначале «тяги» почти нет — автомобиль едва разгоняется. Затем ускорение увеличивается, достигая максимума, и снова уменьшается, пока вблизи максимальных оборотов двигатель не «зависает».

Что это? На практике мы повторили испытания так называемой внешней скоростной характеристики двигателя — зависимости M_e и N_e от частоты вращения коленвала при полностью открытой дроссельной заслонке.



Зависимость механических потерь (механического КПД) от частоты вращения коленвала: — стандартный двигатель; — форсированный двигатель.



Внешние скоростные характеристики двигателей (при полностью открытой дроссельной заслонке):
 а) изменение крутящего момента по частоте вращения;
 б) изменение мощности по частоте вращения:
 — стандартный двигатель;
 — форсированный двигатель.

Заметили, что наибольшая «тяга» — где-то на средних оборотах? Максимум крутящего момента находится здесь же. А вот при уменьшении или увеличении частоты вращения момент падает. Почему?

Причин этого явления несколько. Отметим, что максимумы значений P_e и M_e в области средних оборотов не случайны, поскольку это — наиболее часто используемые в эксплуатации режимы: конструкторы намеренно «настраивают» все системы двигателя именно на средние обороты.

Что такое «настройка»? Попробуем объяснить. Периодичность (1 раз за 2 оборота коленвала) процессов впуска и выпуска в цилиндре вызывает значительные колебания давления и скорости газа в каналах двигателя. Поток газа, движущегося по каналу, обладает частотой собственных колебаний, зависящей от температуры газа и геометрии канала. Так вот, можно подобрать геометрию каналов, в первую очередь, их длину (т.е. настроить системы впуска-выпуска) таким образом, чтобы в период впуска повысить давление перед впускным клапаном, снизив его в цилиндре, а в период выпуска снизить давление на выпуске за выпускным клапаном.

В результате наполнение цилиндров увеличится (это явление называется газодинамическим наддувом), одновременно улучшится и очистка цилиндров от остаточных газов в конце выпуска.

Кроме того, на диапазон средних оборотов одновременно «настраивают» и фазы газораспределения: опережение открытия относительно мертвых точек впускного и выпускного клапанов, их перекрытие (длительность одновременного открытия) и продолжительность впуска и выпуска по углу поворота коленвала. Именно фазы газораспределения в сочетании с правильно подобранной геометрией каналов и дают максимум наполнения цилиндров в выбранном, однако довольно узком, диапазоне частоты вращения.

Естественно, отклонение в сторону меньших оборотов делает продолжительность фаз «избыточной»: возникает заброс выхлопных газов во впускную систему, ухудшается очистка и наполнение цилиндров. При повышении же оборотов фазы оказываются слишком «узкими» и ограничивают как очистку, так и наполнение цилиндров. Результат — значения P_e и M_e падают как при уменьшении, так и при увеличении числа оборотов. Причем в области больших частот вращения величина M_e дополнительно снижается за счет быстрого роста механических потерь.

Мощность двигателя N_e , также как и его момент M_e , имеет максимумы, которые за счет влияния частоты вращения (см. формулу 7) сдвинуты в сторону повышенных оборотов.

Теперь, зная характер изменений значений M_e и N_e от частоты вращения, попробуем изменить «настройки». В первую очередь «расширим» фазы газораспределения. Максимумы значений M_e и N_e переместятся в область более высоких оборотов, при этом заметно увеличится максимальное значение N_e . Именно этот эффект и лежит в основе форсирования двигателя по частоте вращения: так строят, к примеру, все спортивные моторы.

От идеи до практики

Итак, основные закономерности мы выяснили. Попробуем теперь выбрать схему, по которой можно форсировать двигатель.

Очевидно, первое, что надо решить, — насколько необходимо увеличить объем цилиндров. Если поставлена цель — достичь максимального эффекта при форсировании, то объемом пренебрегать нельзя, даже если в нашем распоряжении не так много возможностей: повышение мощности и момента прямо пропорционально объему цилиндров.

Следующее по значимости — это фазы газораспределения. Необходимо сделать выбор: «строим» ли мы «скоростной» двигатель, который будет «раскручиваться» на высоких оборотах, или «моментный», для работы на средних оборотах. Это, без сомнения, зависит от темперамента водителя и стиля езды. На этом этапе предстоит выбор распределительного вала для нашего мотора — именно параметры вала определяют характер изменения момента и мощности по частоте вращения коленвала.

Затем все узлы и детали двигателя «настраиваются» на объем двигателя, но главное, на соответствие выбранному распределительному валу. Другими словами, весь клапанный механизм, каналы впуска и выпуска, цилиндропоршневая группа — все «подстраивается» под характеристики распределительного вала.

Какой бы мотор ни получился в результате — это будет уже новый, другой мотор. И им надо по-другому управлять. То есть по-иному, но точно регулировать состав топливно-воздушной смеси и угол опережения зажигания. Поэтому следующий этап работы — настройка системы управления двигателем. Без этого новый двигатель не только не «выдаст» всех своих возможностей, но может проиграть своему стандартному аналогу. Особенно это касается двигателей с электронными системами впрыска топлива.

И, наконец, трансмиссия. Ее, возможно, придется дорабатывать, к примеру, изменять передаточные числа главной передачи или отдельных передач. Ведь двигатель, какой бы хороший он ни получился, работает не сам по себе, а вращает колеса автомобиля.

Реализация на практике всех этих этапов — задача непростая, и ее сложность возрастает прямо пропорционально росту мощности и крутящего момента, которые мы хотели бы получить. Чтобы добиться хороших результатов, необходимы опыт и знания, специальный инструмент и приспособления, станочная база, детали и комплектующие. Кроме того, результаты работы необходимо проконтролировать не субъективно, по ощущениям водителя, а объективно, испытав двигатель на специальном стенде.

Обо всем этом, а также об экономической стороне вопроса, мы постараемся подробно рассказать в наших будущих материалах.

Наша справка:

- Получить необходимую консультацию и форсировать двигатели VAZ, VW и Opel можно в Специализированном моторном центре «АБ-Инжиниринг». Тел.: (095) 158-8153.

www.ab-engine.ru

e-mail: ab@ab-engine.ru

- Провести испытания автомобилей на мощностном стенде со снятием характеристики двигателя можно в Сервисном центре ЗАО «Аояма Моторс» по адресу: г. Москва, ул. Новомосковская, д. 24. Тел./факс: (095) 216-6810/6724/8483/2790/2572 e-mail: aoyama.service@mtu-net.ru

Тюнинг: от идеи до практики

АЛЕКСАНДР ХРУЛЕВ, кандидат технических наук, директор фирмы «АБ-Инжиниринг»

(Продолжение. Начало в № 7/2002)

В предыдущей статье мы рассмотрели теоретические основы форсирования двигателя и наметили пути, по которым будем двигаться на практике. Сегодня мы попробуем сделать первые практические шаги.

Прежде всего сформулируем задачу: требуется улучшить эксплуатационные характеристики автомобиля со стандартным двигателем, а именно, динамику разгона и максимальную скорость. Решение этой задачи предполагает вмешательство в конструкцию двигателя с целью повышения его мощностных характеристик.

Объектом наших опытов был выбран редакционный ВАЗ-21093, выпущенный в 2001 году, с пробегом всего 5 тыс. км. Совсем новый автомобиль, его двигатель объемом 1500 см³ с невысокой степенью форсирования (литровая мощность около 36 кВт/л) — идеальный вариант для отработки и проверки всех способов форсирования.

С чего начать?

Наверное, с покупки необходимых комплектующих? Или с разборки двигателя?

Не угадали. Вначале оценим исходные мощность и крутящий момент стандартного двигателя. Для этого автомобиль отправляется на мощностные испытания.

Существуют два варианта таких испытаний. Первый — снять двигатель с автомобиля, чтобы затем установить его на специальный испытательный стенд. Такими стендами оснащены



многие научно-исследовательские лаборатории и организации, связанные с отработкой процессов в автомобильных двигателях.

На стенде двигатель крепится к раме, а его маховик через специальную муфту присоединяется к валу тормоза (гидравлического или электриче-

ского). Тормоз нагружает работающий двигатель, при этом крутящий момент от вала передается на корпус тормоза и измеряется специальным датчиком. Такие испытательные стенды нередко снабжаются системами программного управления, что позволяет испытывать двигатели не только на установившихся, но и на переходных режимах.

Такие стенды имеют ряд преимуществ. И в первую очередь это точность измерения всех параметров — частоты вращения, крутящего момента, мощности. Технически испытания весьма сложны — двигатель надо демонтировать, а затем снова устанавливать в автомобиль. Для нас такой вариант неудобен — долго, трудоемко, а значит, дорого.

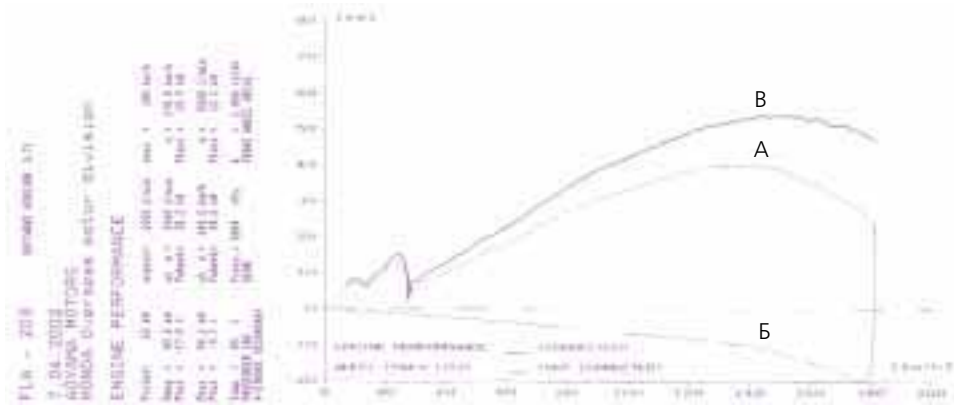


Мощностной стенд FLA203 фирмы Bosch — прекрасный инструмент для испытаний двигателя непосредственно на автомобиле.



Чтобы автомобиль не «слетел» с барабанов, поперечное смещение передних колес ограничивают роликами, а под задние колеса подкладывают колодки.





Протокол испытаний позволяет легко определить:
 А — мощность, измеренную на ведущих колесах; Б — мощность всех потерь;
 В — «чистую» (без потерь) мощность двигателя.

Имеются иные мощностные стенды для испытаний двигателя непосредственно на автомобиле. Один из них установлен в Сервисном Центре ЗАО «Аояма Моторс» — официального дистрибьютора фирмы Honda. Туда мы и отправили наш стандартный ВАЗ-21093.

Как будем мерить?

Мощностной стенд фирмы Bosch модели FLA203 работает по следующему принципу: двигатель нагружается через трансмиссию автомобиля и его ведущие колеса, приводящие в движение тормозные барабаны.

Методика испытаний достаточно проста. Автомобиль устанавливают ведущими колесами на тормозные барабаны стенда, закрепляя здесь же специальные ролики, предохраняющие его от бокового съезжания. Задние колеса фиксируют колodkaми, препятствующими «выпрыгиванию» автомобиля с барабанов. Далее закрепляют датчики частоты вращения (на высоковольтный провод свечи 1-го цилиндра надевается клемма соответствующего кабеля) и температуры всасываемого воздуха. Теперь можно приступать непосредственно к испытаниям.

Стенд FLA203 — прекрасный инструмент для любых мощностных испытаний, поскольку позволяет проводить испытания на всех режимах — от работы двигателя на холостом ходу до движения с максимальной скоростью в режиме максимальной мощности. Для этого стенд имеет программное управление, причем вся необходимая информация отображается на дисплее в режиме реального времени, а в конце испытаний полученные данные могут быть распечатаны.

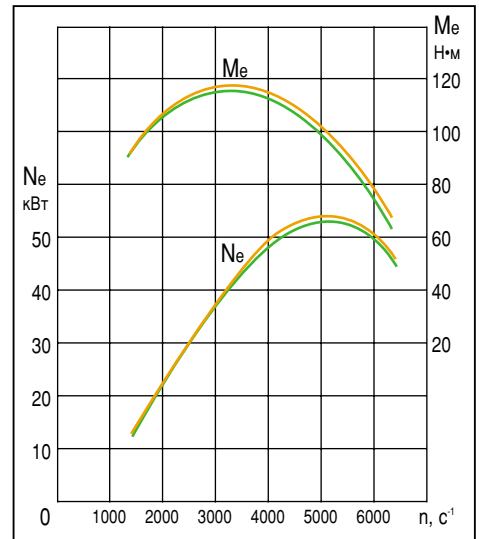
Важным преимуществом стенда является оперативность проведения испытаний — на один замер, т.е. определение параметров двигателя во всем рабочем диапазоне частоты вращения, уходит не более 10 минут. Делается это так. После программирования режима работы стенда (устанавливают максимальную скорость движения автомобиля, соответствующие ей максимальные обороты и предполагаемый диапазон изменения

мощности) запускают двигатель и разгоняют автомобиль на 1-й передаче. Далее дается полный «газ», и автомобиль плавно разгоняется на 4-й передаче. В это время непрерывно регистрируется и выводится на дисплей значение мощности на ведущих колесах.



Правильно установить распределительный вал без специального «разрезного» зубчатого шкива невозможно.

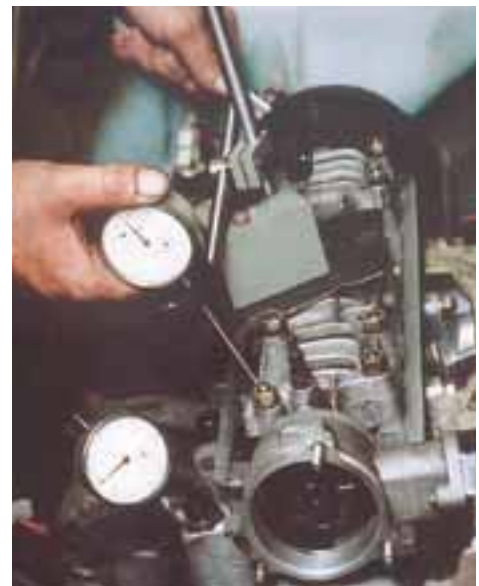
Заметим, что эта величина еще не есть собственно мощность двигателя, которая больше измеряемой на величину мощности потерянной на преодоление сил трения качения колес и сопротивления трансмиссии. Поэтому для получения значений искомой мощности двигателя выполняется специальная процедура: при достижении максимальной скорости резко, не сбрасывая «газа», выжимают сцепление, и сразу бросают «газ», одновременно переводя рычаг переключения передач в нейтральное положение. Система управления стенда начинает «обратный отсчет»: тормозит автомобиль, а точнее, его трансмиссию и ведущие колеса, измеряя величину мощности всех потерь. И, наконец, после остановки колес компьютер прибавляет эту величину к той, что получена на разгоне.



Внешняя скоростная характеристика стандартного двигателя ВАЗ-21083, полученная на стенде, вполне согласуется с заводскими данными:
 — со штатным воздушным фильтром
 — с воздушным фильтром K&N.

В результате получается «чистая», без влияния трансмиссии, характеристика мощности двигателя в зависимости от скорости автомобиля. Хотя, возможно, и не столь точная, как у исследовательских мощностных стендов: потери в трансмиссии непостоянны и зависят от многих факторов (температура масла, шин и др.), что вносит дополнительные погрешности, особенно на высоких скоростях. С другой стороны, двигатель испытывается в реальных условиях во время функционирования систем впуска, выпуска и управления, т.е. в момент их комплексного влияния на мощностные показатели. Поэтому ответ на вопрос о том, на каком стенде получаются более точные результаты, не столь однозначен, как может показаться на первый взгляд.

Точное положение распредвала относительно коленвала может быть найдено только с помощью индикаторов часового типа.



«Стандарт» — он и в Африке...

Результат испытаний нашего автомобиля — это протокол с графиком зависимости мощности двигателя от скорости автомобиля. Согласно протоколу максимальная мощность составляет 54,2 кВт при 5030 об/мин, что соответствует скорости движения автомобиля на 4-й передаче 149 км/час. По формуле

$$N_1 = 1,36 N_2$$

где N_1 — мощность в л.с., N_2 — мощность в кВт, находим, что наш совершенно стандартный мотор выдает 73 л.с. при 5030 об/мин — цифра весьма близкая к паспортной (72 л.с. при 5600 об/мин).

Остается построить характеристику двигателя. Для этого необходимо связать скорость v автомобиля с частотой вращения n коленвала по формуле

$$n = \frac{5030 v}{149}$$

а также рассчитать крутящий момент M_e , зная мощность N_e на данных оборотах:

$$M_e = \frac{9550 N_e}{n}$$

после чего нанести полученные значения на график.

Получилась вполне стандартная для двигателя ВАЗ-21083 внешняя скоростная характеристика, причем максимальный крутящий момент (около 115 Н·м) достигается при 3300 об/мин — очень хорошее повторение заводских паспортных данных (110 Н·м при 3400 об/мин). Таким образом, при обкатке моторов на стенде Bosch FLA203 замеры мощности вполне достоверны, несмотря на потери в трансмиссии и на трение качения шин. Это наш ответ скептикам, поскольку в «тюнинговой» среде все еще бытует мнение, что подобные стенды занижают мощность двигателя.

«Джентльменский набор»

После мощностных испытаний исходного мотора наступает первый этап решения поставленной задачи. При этом мы не предполагаем сколь-нибудь серьезного «вторжения» в конструкцию двигателя, а остановимся пока на «поверхностных» работах, в том числе регулировочных.

При таких работах требуется специальный распределительный вал с измененными фазами газораспределения и подъемом клапанов. Наиболее доступны для этих целей распредвалы уфимской фирмы «МастерМотор». Они выпускаются несколькими вариантами для каждого типа отечественных двигателей (ВАЗ-«классика», 21083, 2110-16V, 1111, а также ЗМЗ-402, 406 и УЗАМ 331).

Для нашего двигателя ВАЗ-21083 имеется пять вариантов валов (их цена 3-3,5 тыс. руб.). Часть из них — «низовые», призванные в первую очередь увеличивать крутящий момент на низких



Настройка карбюратора и зажигания после установки нового распредвала занимает немало времени.

и средних оборотах, а вовсе не максимальную мощность. С другой стороны — самый «верховой» вал (по нумерации фирмы «МастерМотор» № 54) требует снятия и переделки головки блока. Поэтому, как разумный компромисс, мы выбрали вал № 52 — он тоже «верховой», но может быть без проблем установлен на место штатного.

К распредвалу обязательно нужен специальный шкив — с возможностью поворота зубчатого венца относительно ступицы, чтобы точно отрегулировать взаимное расположение коленчатого и распределительного валов. Обычный и наиболее распространенный вариант такого узла — разрезной шкив, выполненный из двух стандартных (стоимость около 900 руб.). Более сложные шкивы, к примеру, с алюминиевой ступицей, дороже (1200 руб. и более).

Если поставлена задача улучшить характеристики двигателя на высоких частотах вращения, стандартный карбюратор будет «тормозом» — его диффузоры и смесительные камеры (26-28 мм) не «пустят» необходимого количества воздуха. Поэтому желательно установить другой карбюратор с увеличенными проходными сечениями (свыше 3 тыс. руб.), тем более, если в перспективе мы планируем дальнейшее повышение мощности и крутящего момента. Вариантов здесь много: самые «навороченные» карбюраторы Solex имеют размеры смесительных камер до 34/34 мм, но такую технику лучше использовать при «глубоком» тюнинге, сопровождаемом увеличением объема двигателя.

И, наконец, воздушный фильтр. Штатный фильтроэлемент, даже после сравнительно небольших пробегов, обладает заметным сопротивлением, что при больших частотах вращения и нагрузках ограничивает расход воздуха. Чтобы исключить эти потери, применяют так называемые

фильтры нулевого сопротивления. Такие фильтры для разных двигателей, включая ВАЗ-21083, производит, к примеру, американская фирма K&N (около 2,5 тыс. руб.).

Итак, наш «джентльменский набор» потянул по минимуму почти на 10 тыс. руб., не считая установочных работ. Однако хочешь ездить быстро — плати за скорость.

Тюнинг? Это просто...

Замена распределительного вала на двигателе ВАЗ-21083 не представляет каких-либо трудностей и занимает несколько часов. Правда, с «тюнинговым» валом несколько сложнее — требуется специальная установка его положения.

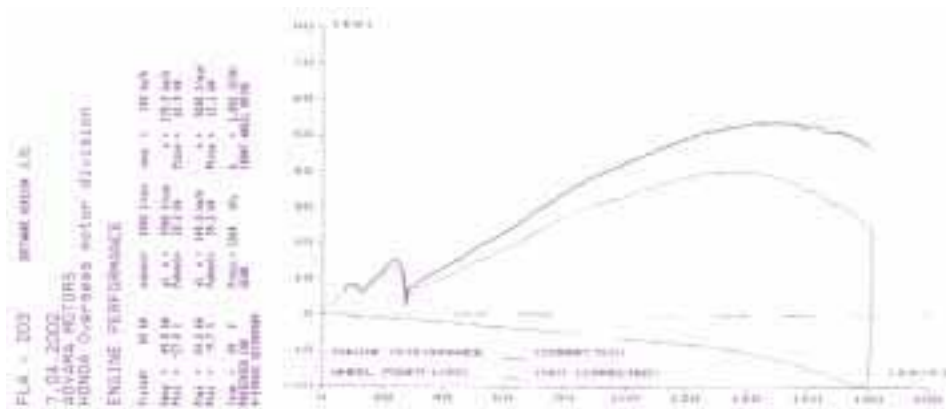
Для этого удобнее всего использовать два индикатора часового типа: один — для точного определения ВМТ по днищу поршня через свечное отверстие, второй — для определения высоты подъема клапанов 4-го цилиндра при их перекрытии. Как только правильное положение вала «поймано», затягиваются болты крепления венца

Фильтр K&N выглядит весьма респектабельно, но дает эффект лишь на больших оборотах, да и то в основном для двигателей с увеличенным до 1,6-1,7 л рабочим объемом.



к ступице шкива (ремень ГРМ, естественно, должен быть уже натянут).

После окончательной сборки всей «навески» начинается этап настройки системы управления. Зажигание устанавливается традиционным способом, а вот с настройкой карбюратора придется повозиться. Газоанализатор здесь не очень удачный помощник — он позволит настроить карбюратор лишь предварительно. Для более точной настройки нужен или стенд, или специальный прибор — «лямбда-метр». Последний представляет собой индикатор в цепи обычного λ -зонда, отражающий качество топливовоздушной смеси на разных режимах работы двигателя. Правда,



Протокол испытаний двигателя VAZ-21083 с валом № 52 фирмы «МастерМотор» — максимальная мощность возросла до 60,7 кВт (на 9 л.с.).

здесь есть одна трудность: для установки λ -зонда в выхлопную систему в приемной трубе необходимо просверлить отверстие и приварить гайку с соответствующей резьбой. По окончании настройки отверстие надо заглушить.

И, наконец, воздушный фильтр K&N устанавливают вместо штатного корпуса с фильтроэлементом с помощью специальных пластин и крепежа (входят в комплект фильтра).

Сделав несколько пробных поездок и убедившись, что машина вполне отвечает нашим ожиданиям, мы посчитали этот этап законченным (около 2,5 тыс. руб. за все работы). Оставались замеры на стенде.

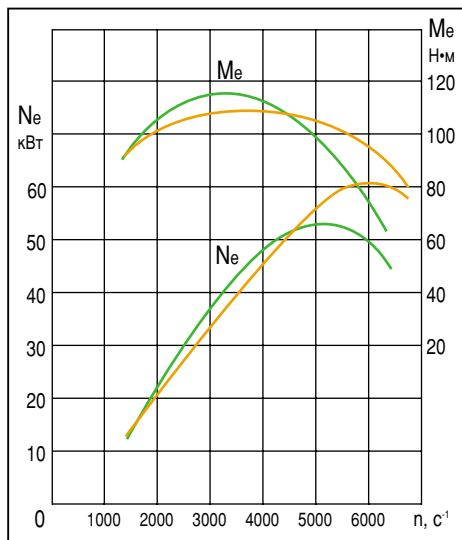
Что получилось?

Повторное испытание на мощностном стенде показало: мощность двигателя заметно возросла — с 73 до 82 л. с.

Прибавка в 9 л.с. — это совсем немало. Правда, ощущается она только начиная с 4000 об/мин — на более низких оборотах обновленный двигатель (а именно так можно оценить наше вмешательство) проигрывает исходному стандартному.

Отметим, что проигрывает только на первом этапе тюнинга, пока реализован самый простейший вариант. В дальнейшем все характеристики можно будет «поправить» — для этого имеется немало возможностей. Но уже сейчас ясно — повышение максимальной мощности не дается даром. Как следует из полученных характеристик, максимальный крутящий момент упал почти на 10%, хотя при этом его характеристика здорово выровнялась, и в очень широком диапазоне оборотов (2000-5500 об/мин) момент стал практически постоянным.

Словом, мы получили совсем неплохой мотор для любителей спортивного стиля езды. Это — тоже результат. Теперь наш мотор легко раскручивается до 7000-7200 об/мин, и если правильно использовать его возможности, то машина становится заметно «веселее» на разгоне. Чего, собственно говоря, мы и добивались. Однако все возможности «простейшего» тюнинга на сегодняшний день уже исчерпаны — дальнейшее повышение



Внешняя скоростная характеристика двигателя с валом №52: кривая мощности сдвинулась в сторону высоких оборотов, а крутящий момент выровнялся, хотя и стал несколько меньше.
 — стандартный двигатель
 — форсированный двигатель

мощностных характеристик возможно только при более глубоком «вторжении» в конструкцию двигателя. Об этом — в наших следующих публикациях.



Наша справка.

Получить необходимую консультацию и форсировать двигатели VAZ, VW и Opel можно в Специализированном моторном центре «АБ-Инжиниринг».

Тел. (095) 158-8153.

E-mail: ab@ab-engine.ru www.ab-engine.ru

Провести испытания автомобилей на мощностном стенде со снятием характеристик двигателя можно в Сервисном центре

ЗАО «Аояма Моторс» по адресу:

г. Москва, ул. Новомосковская, д. 24.

Тел./факс: (095) 216-6810/6724/8483/2790/2572.

E-mail: aoyama.service@mtu-net.ru

Bosch — Деталь ценою в жизнь

Название, вынесенное в заголовок, — чистейший литературный штамп. Но что делать, если именно таковой может оказаться цена во время незаменимых тормозных колодок. Или, к примеру, если они изготовлены без соблюдения необходимых требований к материалам и технологиям в одной из стран, ну хотя бы традиционного рисосеяния.

По этой причине каждый уважающий себя автолюбитель приобретает тормозные колодки известных производителей. О такой продукции мы писали и не собираемся в будущем прекращать эту тему.

Сегодня наша заметка посвящена продукции с известнейшим в мире именем — Bosch. Этот концерн известен, в первую очередь, производством высоконадежной электроники и электротехнических изделий. В то же время ассортимент продукции Bosch включает большую номенклатуру комплектующих к тормозным системам автомобилей разных марок. Само собой, торговая марка концерна — это гарантия того, что все подобные изделия тщательно проработаны и исключительно надежны.

Именно потому, когда на редакционном «Пассате» потребовалась замена тормозных колодок, было решено установить эти изделия фирмы Bosch.



Сама установка много времени не заняла. Колодки Bosch идеально «вписались» в тормозные суппорты передних и задних колес (на этой модели автомобиля все тормоза дисковые). Конечно, в комплекте колодок Bosch находились и новые болты суппортов, покрытые фиксирующим составом.

С тех пор автомобиль пробежал более десяти тысяч километров. В ряде случаев произошло резкое торможение на скорости 170 км/час (при движении по загородным трассам). Никаких нареканий, да никто и не думал иначе, к эффективности работы тормозных механизмов за это время не было.

Визуально же, колодки практически не износились и должны прослужить еще очень долго.



Тюнинг: от идеи до практики

АЛЕКСАНДР ХРУЛЕВ, кандидат технических наук, директор фирмы «АБ-Инжиниринг»

Продолжение. Начало в № 7/2002

Напомним, что с помощью минимального набора комплектующих (распределительный вал, разрезной шкив, карбюратор с увеличенным сечением и воздушный фильтр «нулевого» сопротивления) нам удалось повысить максимальную мощность стандартного двигателя ВАЗ-21083 на 9 л.с. Много это или мало? Возможно ли дальнейшее увеличение? И на сколько? Мы посчитали, что останавливаться на достигнутом пока рано.

Уверены, что полученная нами прибавка мощности в 9 л.с. при замене указанных деталей и узлов — отнюдь не предел. Незадействованные резервы еще остались. Можно «снять» с двигателя большую мощность, «поиграв», к примеру, с зажиганием, которое мы не трогали. Ведь изменились фазы газораспределения, поэтому регулировать угол опережения зажигания по оборотам и нагрузке надо по-другому.

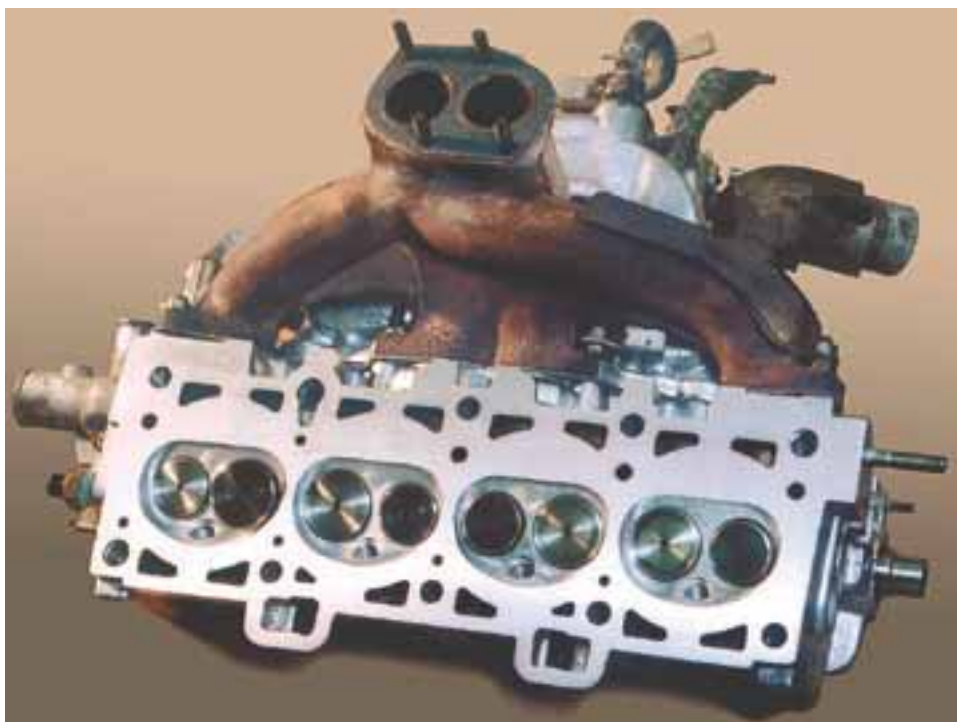
Можно более точно настроить карбюратор, что тоже принесет свои маленькие «плюсы». И, наконец, не следует забывать об объективных факторах. Одинаковые серийные моторы в силу конструктивных нюансов (к примеру, заводских допусков на размеры) реагируют на доработку по-разному.

Однако в погоне за высокой мощностью не стоит забывать об экономической стороне вопроса. За любой работой стоят потраченное время и деньги, а не только «любовь к процессу». Именно поэтому, реализуя на практике наш вариант доводки двигателя, мы рассчитывали получить средний результат, а вовсе не рекорд. Иначе игра просто не стоит свеч.

Если мощности не хватает...

Анализируя полученные результаты, мы пришли к выводу, что резервы простого, т.е. без глубокого вмешательства в конструкцию двигателя, тюнинга можно считать почти исчерпанными. Значит, самое время задействовать более сложные варианты тюнинга.

Существуют, строго говоря, два варианта топ-тюнинга двигателя: увеличение его объема и модификация головки блока цилиндров. Первый вариант автоматически влечет за собой второй, поскольку установка старой ГБЦ на обновленный блок цилиндров нецелесообразна по причине ее несоответствия блоку. Поэтому вариант доработки ГБЦ в нашем случае имеет первостепенное значение.



Приступая к работе с ГБЦ, необходимо руководствоваться правилом «от простого к сложному», применяя его как к технической, так и экономической (от дешевого к дорогому) стороне нашего проекта. То есть, дорабатывая головку блока, необходимо начинать с более простых (а значит, относительно дешевых) операций.

Не просто и не дешево

Рассмотрим более подробно снятую с мотора и разобранную головку блока двигателя ВАЗ-21083. При этом не забудем обратить внимание на некоторые «мелочи». Например, клапаны в камере сгорания занимают «утопленное» положение — их тарелки расположены в своеобразных «колодцах».

Такая конструкция, возможно, хороша для обеспечения лучшей экономичности. Но для дости-

жения высокой мощности, когда обороты и нагрузка максимальны, подобная конфигурация камер дает дополнительные потери — ухудшение наполнения и очистки цилиндра.

Смотрим дальше. Сечения каналов впуска и выпуска стандартной ГБЦ имеют отклонения от идеальной окружности диаметром 27 мм. По отпечаткам на прокладках коллекторов видно, что эти каналы не точно совпадают с каналами в коллекторах. Результат тот же, что и в предыдущем случае.

И, наконец, боковые стенки камеры сгорания довольно близко расположены к седлам — при открытии клапанов стенки камеры на части окружности тарелок клапанов мешают течению потока смеси или газов.

Все эти недостатки серийной головки блока можно устранить. Сформулируем основные задачи такой доводки:

Без хорошего инструмента головку блока цилиндров не доработать.





Обработка каналов — дело долгое и кропотливое.

1) выровнять каналы и убрать «ступеньки» по стыку головки блока с коллекторами;

2) изменить форму каналов в головке — вблизи седла со стороны коллекторов добиться плавного расширения с последующим плавным сужением канала на седле;

3) изменить форму камеры сгорания, убрав «колодцы» и отодвинув боковые стенки.

Лишь некоторые операции из перечисленных могут быть механизированы, т. е. выполнены не вручную, а на станочном оборудовании. Так, для изменения формы камеры сгорания целесообразно использовать вертикально-фрезерный станок, а для придания седлу нужной формы — соответствующий станок для обработки седел. Все остальные операции проводятся исключительно вручную и оказываются весьма и весьма трудоемки даже в случае минимальных доработок деталей.

Начинаем работу с удаления направляющих втулок клапанов, мешающих доработке каналов в головке блока. После этого каналы обрабатываются специальными шаровыми фрезами. Для «выпуска» с целью снижения трудозатрат используется «шар» диаметром 27 мм, в то время как для «впуска» желательнее увеличить сечение каналов хотя бы до 29 мм.

Следующая операция — доработка камеры сгорания, включающая ее углубление на 3-4 мм и расширение по контуру прокладки головки блока. Далее необходимо обработать каналы вблизи седел шарошкой, чтобы придать им расширяюще-сужающуюся форму.

Теперь можно приступить к совмещению каналов ГБЦ и коллекторов. Для этого коллекторы шлифуются, чтобы зафиксировать их положение относительно головки. Затем с помощью гибкой насадки соответствующий «шар» заводится в канал ГБЦ (через седло) и делается «заход» в канал коллектора. Когда такие «заходы» будут выполнены во всех каналах, коллекторы снимаются с головки блока, а их каналы обрабатываются дальше: впускной — «шарами», выпускной — шарошкой.

Далее новые направляющие втулки устанавливаются на свои места. Перед установкой можно слегка «заострить» нижние края втулок, чтобы уменьшить потери на завихрения при их обтекании потоком.

Тарелки клапанов также дорабатываются — если тарелку сделать тоньше, сопротивление потоку будет меньше, а наполнение цилиндра и его очистка улучшатся. Правда, чрезмерно утоньшать тарелки, особенно выпускных клапа-



Помимо фрезеровки камера сгорания доводится вручную.

нов, не следует, поскольку стандартный ВАЗовский выпускной клапан изготовлен из материала, склонного к растрескиванию и прогару с уменьшением толщины.

«Проливка» камеры — важная составляющая технологического процесса доводки двигателя.



Седла клапанов обрабатываются традиционным способом — те же три угла на фаске, только рабочая фаска делается уже (около 1 мм) в соответствие с размером фаски на доработанных тарелках клапанов.

Остается скорректировать объем камеры сгорания. С этой целью все клапаны устанавливаются на свои места, все камеры сгорания «проливаются» маслом, а их объемы при необходимости доводятся до одинаковой величины. После этого рассчитывается

объем камеры $V_{кц}$, соответствующий заданной степени сжатия ϵ :

$$V_{кц} = \frac{V_h}{\epsilon - 1} - 0,7854D_1^2\delta - V_{пор} - (\pm 0,7854D^2h),$$

где V_h — рабочий объем цилиндра; D — диаметр цилиндра; D_1 , δ — диаметр окантовки и толщина прокладки головки; $V_{пор}$ — объем выборки в поршне (определяется «проливкой»); h — «недоход» (со знаком «+») или выступание (со знаком «-») поршня над привалочной плоскостью блока.

Поскольку между искомым $V_{кц}$ и измеренным проливкой $V_{кц1}$ объемами камеры есть разница ΔV , рассчитываемая по формуле

$$\Delta V = V_{кц1} - V_{кц},$$

то плоскость головки блока фрезеруется на величину k :

$$k = \frac{\Delta V}{0,55D^2}$$

Далее методом «проливки» определяется фактический объем камер после доработки, дабы не ошибиться в соответствии реальной степени сжатия форсированного двигателя ее расчетному значению.

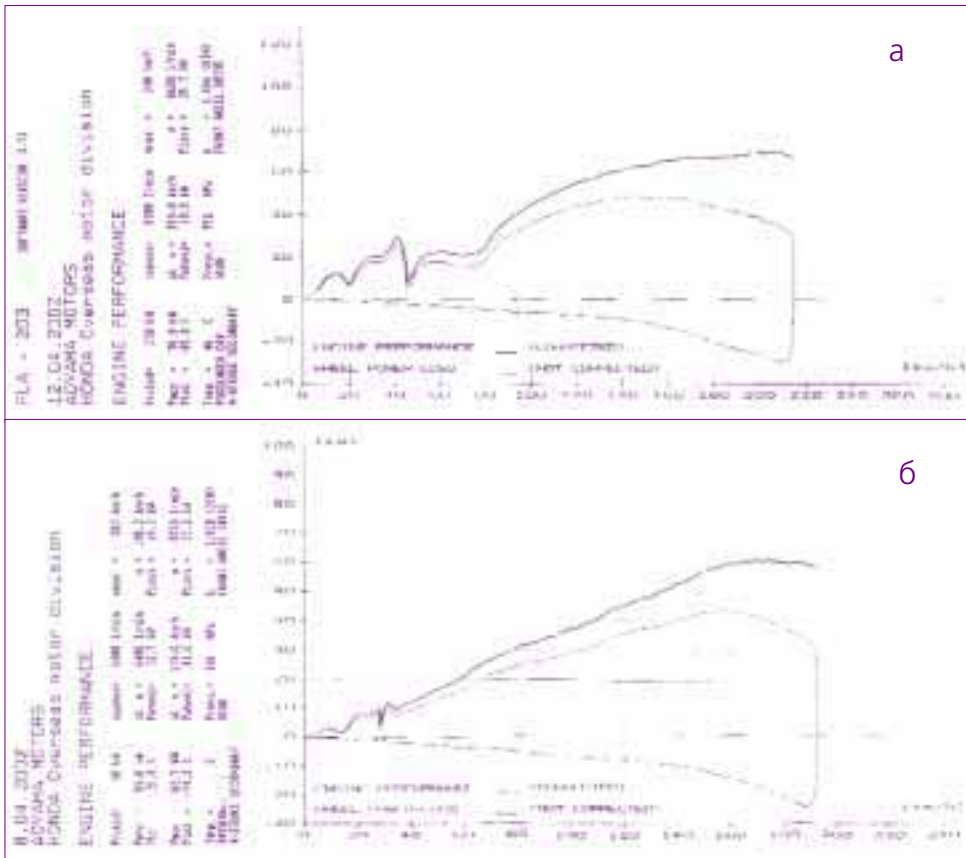
Таково краткое описание технологии доводки ГБЦ. И хотя мы старались избежать мелких технических подробностей, читатель вполне может согласиться с тем, что этот процесс сложнее описанного в предыдущей статье. И дороже — цена выполненного комплекса работ вместе с комплектующими практически удвоилась и достигла 18 000 руб.

Каков результат?

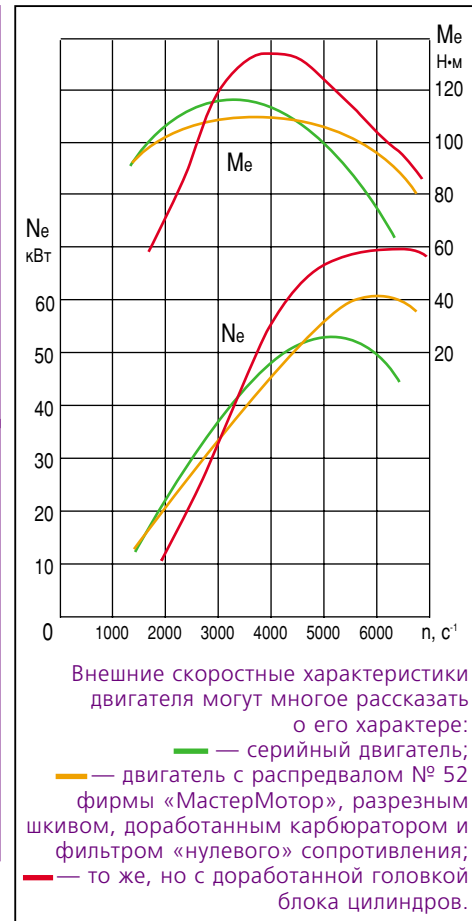
После установки доработанной головки блока цилиндров на двигатель и проведения всех настроек (см. № 8/2002) наш автомобиль ВАЗ-21093 отправился в сервисный центр фирмы «Аояма Моторс» на очередную серию испытаний на мощностном стенде (методику испытаний см. там же). И вот результат — максимальная мощность возросла до 70 кВт (95 л.с.), т.е. увеличилась на 13 л.с. по сравнению с предыдущим вариантом тюнинга (стандартная головка блока, распредвал № 52).

Доработанный впускной клапан — его тарелка стала вдвое тоньше.



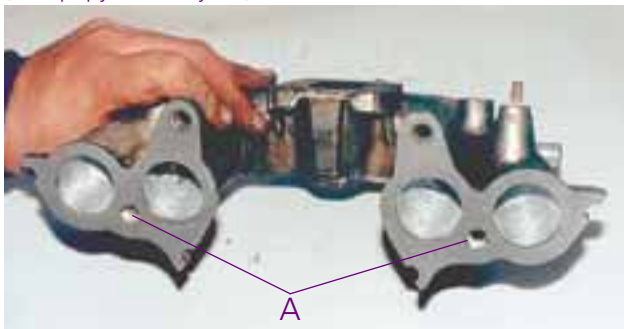


Протокол испытаний демонстрирует максимальную мощность двигателя с доработанной головкой блока (а). Она существенно выше, чем со стандартной головкой (б).



При этом общее повышение мощности в сравнении с серийным двигателем составило $9 + 13 = 22$ л.с. Прямо скажем, не так мало, если учесть,

Впускной коллектор после доработки и совмещения каналов — в отверстия А входят штифты (центрирующие втулки).



Все процедуры по установке головки блока, за исключением настроек, ничем не отличаются от обычной сервисной работы.



что доработанная головка блока не сильно отличается от стандартной.

Отметим особо два момента. После доработки

ГБЦ мощность и крутящий момент выросли во всем диапазоне средних и высоких оборотов двигателя. Это подтверждает правильность наших гипотез о влиянии формы каналов и камеры сгорания на наполнение и очистку цилиндра. Кроме того, максимум мощности с тем же распределительным валом № 52 теперь заметно сдвинулся в область высоких частот вращения — с 5700 до 6900 об/мин, но не в ущерб средним оборотам — крутящий момент достигает максимума (135 Н·м) примерно при 3700 об/мин. Это на 20 Н·м больше, чем у серийного мотора.

Бросается в глаза еще одна особенность нашего мотора — на частотах вращения ниже 2700 об/мин внешняя скоростная характеристика лежит заметно ниже, чем у серийного двигателя. Эта проблема, на наш взгляд, связана не с газовой динамикой, а с топливopодачей — настраивая карбюратор на режимы макси-

мальной мощности, нам не удалось пока добиться его четкой работы при полностью открытом дросселе во всем диапазоне частот вращения.

Правда, такой задачи мы и не ставили. Нам предстоит дальнейшая доводка механической части двигателя, в окончательном варианте которой будут проведены и все окончательные настройки. Об этом — в следующих публикациях. **АБС**

Наша справка.

• Получить необходимую консультацию и форсировать двигатели VA3, VW и Opel можно в Специализированном моторном центре «АБ-Инжиниринг». Тел. (095) 158-8153. www.ab-engine.ru E-mail: ab@ab-engine.ru

• Провести испытания автомобилей на мощностном стенде со снятием характеристик двигателя можно в Сервисном центре ЗАО «Аояма Моторс» по адресу: Москва, ул. Новосовковская, д. 24. Тел./факс: (095) 216-6810/6724/8483/2790/2572. E-mail: aoyama.service@mtu-net.ru

Тюнинг: от идеи до практики

(Окончание. Начало в № 7-9/2002)

В прошлых публикациях мы проанализировали влияние различных способов форсирования на максимальную мощность двигателя. Последний из рассмотренных форсированных вариантов двигателя объемом 1,5 л с доработанной головкой блока вышел на показатель мощности 95 л.с. — по нашему мнению, вполне достойный результат. Однако возможности форсирования стандартного ВАЗовского двигателя и на этот раз еще не были исчерпаны.



Действительно, резервы имеются. Головку блока мы дорабатывали по самому «минимальному» варианту, сохраняя «родные» седла и не меняя диаметров тарелок клапанов. Попробуем их увеличить...

Где живут «лошади»?

Увеличение проходных сечений каналов головки блока цилиндров — это, безусловно, весьма эффективный метод увеличения мощности двигателя. К примеру, вспомним разницу между 8- и 16-клапанным моторами — у последнего, при том же объеме, мощность существенно выше за счет лучшего наполнения и более эффективной очистки цилиндров, обусловленных большей площадью сечений каналов и седел.

Однако то, что в теории просто и ясно, не всегда легко реализуется на практике. Основная опасность, возникающая при увеличении площадей сечения каналов на любой серийной ГБЦ, заключается в снижении толщины стенок каналов и возможности их механического разрушения во время обработки.

Опыт показывает, что для ГБЦ двигателя ВАЗ-21083 критическими значениями величин диаметров каналов являются 32 и 29 мм соответственно для впускного и выпускного трактов. Критическими в том смысле, что превышение этих значений резко повышает шансы испортить всю работу. Исправить же ошибку, как правило, не удастся, поскольку «прорыв» стенки канала происходит в труднодоступном для сварки месте, после чего головку блока остается только сдать в утиль.

Но даже указанные диаметры каналов (32 и 29 мм) заметно превышают стандартные значе-

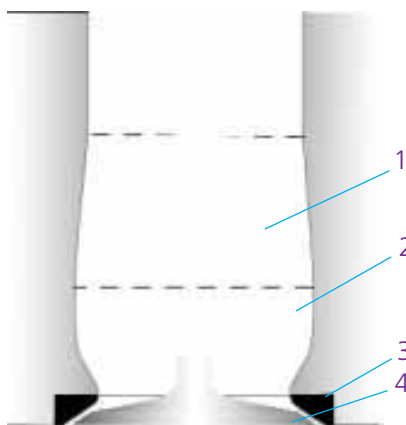
ния. В случае, если увеличить диаметры каналов до этих цифр, появится необходимость замены стандартных седел клапанов на увеличенные. Иначе на пути потоков топливной смеси или выхлопных газов будет возникать «узкое место».

Чтобы определить, какие седла установить взамен штатных, вначале необходимо «разобраться» с клапанами, «вписав» их тарелки в камеру сгорания. Учитывая, что расстояние между осями направляющих втулок впускного и выпускного клапанов остается неизменным, диаметры их тарелок не должны быть больше, чем 40 и 34 мм соответственно для впускного и выпускного клапанов. В противном случае седла сблизятся на недопустимо малое расстояние, что серьезно усложнит технологию их замены.

Зная допустимые диаметры тарелок клапанов, рассчитаем диаметры седел. Для создания необходимой формы седла его наружный диаметр должен превышать диаметр тарелки клапана на величину около 1 мм. При этом толщину стенки седла не следует чрезмерно уменьшать, иначе не будет обеспечена его плотная и надежная посадка в гнезде. Опыт показывает, что минимальная толщина стенки седла должна быть около 2,5-3,0 мм (большие цифры относятся к выпускным седлам).

Из этих данных следует, что для выбранных нами клапанов необходимы седла с внутренними

Разрез канала оптимального профиля:
1 — участок расширения; 2 — участок сужения; 3 — седло; 4 — тарелка клапана.



диаметрами 35-36 мм на впуске и 29-30 мм на выпуске. Сравним эти величины с увеличенными диаметрами каналов — 32 и 29 мм. Налицо явная нестыковка, особенно во впускном тракте. Чтобы получить минимальное гидравлическое сопротивление потоку, требуется не расширение, а, напротив, некоторое сужение канала у седла.

Чтобы согласовать проходные сечения, необходимо выполнить вначале расширение, а затем плавное сужение канала непосредственно перед седлом. Правда, при этом нужно помнить, что такая работа требует особой осторожности — стенку канала легко разрушить, особенно если пытаться изменить направление движения потока на входе в цилиндр (желательно, чтобы при втекании в цилиндр поток одновременно отклонялся от стенки цилиндра — это необходимо для уменьшения сопротивления, вызванного влиянием стенки).

Отметим, что увеличение проходных сечений каналов и диаметров тарелок клапанов при сохранении фаз газораспределения приводит к смещению максимумов момента и мощности двигателя в сторону больших частот вращения. Объясняется это следующим образом: при открытии клапана большего размера проходное сечение между тарелкой клапана и седлом увеличивается быстрее, чем у клапана стандартного размера. Другими словами, это равносильно установке в ГБЦ со стандартными клапанами распределительного вала с увеличенным подъемом кулачков. В результате можно ожидать незначительного снижения величины крутящего момента двигателя на низких частотах и заметного повышения показателей момента и мощности на средних и особенно высоких частотах вращения.

Седла? Нет, втулки и клапаны

Определив путь, ведущий к цели, можно начинать решение задачи — доработку ГБЦ согласно сформулированным выше принципам. Технологическая цепочка операций по доработке ГБЦ традиционна: замена седел на большие, удаление

старых направляющих втулок, расширение каналов с помощью набора шаровых фрез и шарошек, установка новых втулок, обработка седел.

При всей простоте и очевидности такой технологии, она не свободна от недостатков. Дело в том, что при обработке каналов уменьшается толщина их стенок, в том числе и вблизи отверстий направляющих втулок. Изменяется и форма среза отверстия: после срезания прилива гнезда в канале срез отверстия располагается под углом к оси. При установке втулки в такое отверстие с натягом ось втулки наклонится в сторону короткой стенки отверстия. Хотя такой наклон незначителен, установленное заранее седло все-таки окажется несоосным отверстию во втулке.

При установке нового седла образуется ступенька между ним и стенкой канала.



На практике это приведет к дополнительным затратам времени, необходимого для более глубокой обработки седла, и снижению качества работы. Предпочтительнее при растачивании гнезда под седло выверять ось расточной головки станка по заранее установленной втулке. Такая технология гарантирует соосность седла и втулки.

Технология замены штатных седел на большие ничем не отличается от описанной нами ранее (см. № 1/2002). Особое внимание при этом следует уделять обеспечению требуемого натяга седла (0,08-0,10 мм), создавая большую разность температур деталей перед установкой седел (нагрев ГБЦ до 150-180°C и охлаждение седел в жидком азоте до -180°C).

Увеличение размеров клапанов ведет к сближению их тарелок.



В качестве материала седел выбирается высокопрочный чугун, предварительно термообработанный до твердости HRC35-38. В случае меньшей твердости материала седла долго не прослужат, а при большей их будет трудно обрабатывать.

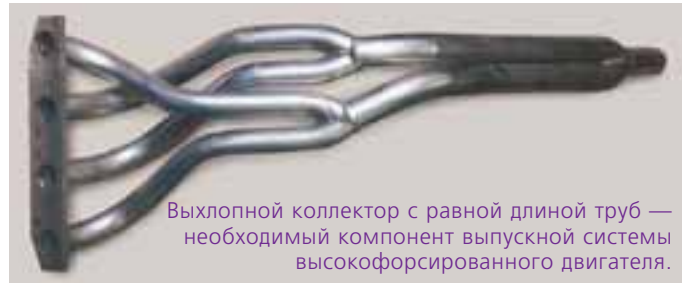
Седела обрабатывают традиционным способом, выполняя на их кромках рабочую и две примыкающие фаски. Отличие от штатного седла, в основном, в ширине рабочей фаски — для надежной посадки клапана ширина фаски уменьшается до 1 мм для выпускных и до 0,8 мм для впускных клапанов.

Отметим еще одну «хитрость», связанную с использованием нестандартных клапанов. Если от двигателя, который мы «строим», требуется выдавать максимальную мощность, то предполагается, что он будет высокооборотным. В то же время штатный газораспределительный механизм может не справиться с работой на высоких частотах вращения: в таких условиях клапаны имеют тенденцию «зависать», т.е. закрываться с опозданием. А это опасно — помимо ударных нагрузок на тарелку, грозящих обрывом клапана, возрастает риск «встречи» клапанов с поршнями, последствия которой вполне предсказуемы.

Выходов из ситуации, вообще говоря, два. Во-первых, можно попытаться заменить пружины на более жесткие. Это, без сомнения, повышает надежность работы механизма, хотя снижает его ресурс из-за роста нагрузок и трудно реализуется на практике — надо не только точно рассчитать параметры пружин, но и суметь их найти.

Гораздо проще реализуется второй вариант — установка более легких клапанов. В этом случае, помимо уточнения тарелки (см. № 9/2002), имеется возможность использовать клапан со стержнем меньшего диаметра (7 мм вместо 8 мм). Практика показывает, что такая замена позволяет убить сразу двух зайцев: даже со стандартными пружинами облегченные клапаны не зависают, а подобрать такие клапаны проблемы не составляет. К примеру, клапаны двигателя BMW M40 (объемом 1,6 л) имеют тарелки искомого диаметра (40 и 34 мм), а их длина всего на 0,5 мм меньше ВАЗовских, что легко компенсируется установкой соответствующей регулировочной шайбы.

Естественно, установка нестандартных клапанов ведет к замене втулок, тарелок пружин и сухарей. Но эти проблемы легко решаются: втулки можно изготовить из бронзы (хорошо зарекомендовали себя



Выхлопной коллектор с равной длиной труб — необходимый компонент выпускной системы высокофорсированного двигателя.

сплавы БрБ2, БрКМц и БрОФ), тарелки пружин — из алюминиевого сплава (Д-16, В-95), ничуть не уступающего стали по надежности, а сухари подойдут от 16-клапанного двигателя ВАЗ (две первые позиции, кстати, тоже имеются в продаже).

На практике реализовать все потенциальные возможности двигателя только доработкой ГБЦ не удастся. Мешает выпускная система, которая в стандартном варианте сильно «жмет» выхлоп, создавая довольно большое противодавление.

Фактически для того, чтобы полностью использовать мощность форсированного двигателя, выхлопную систему необходимо заново построить, используя нестандартные комплектующие. Так мы и поступили, установив выпускной коллектор с трубами равной длины, соединенными «две в одну», специальный резонатор и прямоточный глушитель фирмы PRO SPORT.

Конечно, замена выхлопной системы — «удовольствие» не из дешевых: все комплектующие с работой «тянут» почти на 15 тыс. руб. Если же добавить к этой сумме цену доработки и установки ГБЦ с увеличенными клапанами (около 23 тыс. руб.), то общая сумма расходов 38 тыс. руб. может охладить некоторые «горячие головы» в их стремлении быть «выше, дальше и быстрее». Поэтому как мощностной даром никак не дается, особенно когда речь идет о большой мощности, которую мы и рассчитывали получить.

Дальнейшие манипуляции просты — все аккуратно собрали, отрегулировали и настроили. А затем отправились в сервисный центр фирмы «Аояма-Моторс» для проведения мощностных испытаний.

Ни больше, ни меньше...

Не вдаваясь подробно в методику проведения испытаний, которая была описана в наших прошлых публикациях, перейдем к оценке результатов.

Наш ВАЗовский двигатель объемом 1,5 л со всеми ранее проведенными доработками «выдал» максимальную мощность 110 л.с. (81,5 кВт) при 6680 об/мин и максимальный крутящий момент 135 Н·м при 4430 об/мин. Таким образом, мощность возросла на 53%, а момент — на 23% по сравнению с теми же показателями стандартного двигателя. Наше предположение о том, что увеличение проходных сечений каналов и диаметров тарелок каналов приведет к росту мощности и момента только в области повышенных оборотов, полностью подтвердилось. Действительно, такой

