

# ГОНОЧНЫЙ АВТОМОБИЛЬ:

## на пределе возможностей

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

Гонки традиционно рассматриваются как полигон для испытаний принципиально новых конструкторских решений. Впрыск топлива, наддув, дисковые тормоза и многое другое вначале было апробировано в спорте и лишь затем внедрено в массовое производство.

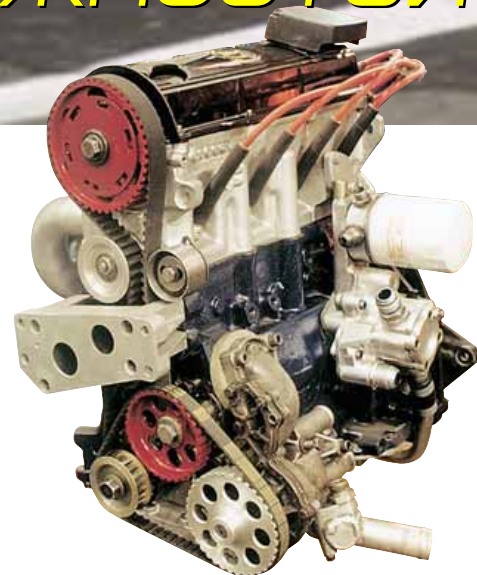
Особенно захватывающее соревнование, своего рода «битва моторов», развернулось среди производителей двигателей для гоночных «конюшен» «Формулы-1»: среди них *Ferrari, Mercedes, Ford, Honda, Renault, Peugeot, Yamaha*, а с этого года — *BMW* и, возможно, *Toyota*.

Наверное, многие наши читатели смотрят по телевидению эти соревнования, а некоторые счастливики видели их, что называется, «живьем». Публикуются подробные репортажи и отчеты об этих гонках. Но почти нигде вы не найдете информации по устройству гоночного автомобиля, описания конструкции и материалов, позволяющих его мотору развивать поистине чудовищную мощность и обеспечивать уникальные динамику и скорость. Все это скрыто за красивым фасадом имен знаменитых спортсменов, фирм-производителей техники и спонсоров. И не просто скрыто, а засекречено не меньше, чем государственные тайны. Что совершенно не удивительно, если учесть остроту конкуренции, деньги, которые здесь «крутятся», и влияние результатов гонок,

например, на объемы продаж продукции фирмы на мировом рынке.

Мы тоже не будем лезть в чужие секреты. Тем более, что многие конструкции и технологии «Формулы-1» хотя и очень интересны, но в массовом автомобилестроении найдут применение даже не завтра. А вот посмотреть, как устроена гоночная техника «младших» классов, можно. По нашему мнению, это не менее интересно — целый ряд узлов и агрегатов гоночных машин, например, для соревнований «Формула-3», или отечественных «Формула-1600» и «Туризм-1600» выполнен на базе узлов и деталей автомобилей массового производства.

Заглянув в закрытый парк в дни соревнований по шоссейно-кольцевым автогонкам (они обычно проводятся в Москве, Санкт-Петербурге и Тольятти с мая по сентябрь), можно убедиться, что российский автомобильный спорт в техническом отношении быстро развивается. Пусть пока без участия в самых престижных гонках — не важно. Главное — шаг в этом направлении уже сделан.



### Отечественная «Формула» — что это?

К сожалению, отечественный автоспорт, как и многие российские автопроизводители, не могут похвастаться принадлежностью к мировой элите (исключением здесь является, пожалуй, только КамАЗ, чья команда «КамАЗ-Мастер» ежегодно и, можно уже сказать традиционно занимает лидирующие позиции в супермарафонах).

Наши заводы порядочно отстали от своих западных «коллег». Да и зачем было тратить деньги на какой-то там спорт, если, как плохо автомобили ни делай, их все равно купят.

Тем не менее в отечественной промышленности в свое время был «зарыт» очень большой технический потенциал, — правда, не в автомобиль-

ной, а в авиационно-космической, которая пока пребывает в сонном состоянии. Не зря в Россию уже несколько раз приезжали западные эмиссары с предложениями начать производство различных узлов и агрегатов, в том числе двигателей к автомобилям «Формулы-1».

То, что гоночная автомобильная техника уникальна не меньше, чем авиационно-космическая, свидетельствуют факты: в прошлые годы в «Формуле-1» успешно выступали автомобили французского концерна *Matra* — известного производителя ракетной техники. А вот и наш отечественный пример — один из лидеров чемпионата России по шоссейно-кольцевым автогонкам 1999 года команда «A.S.P. Хруничева» (о ней мы уже писали в «АБС-авто», № 7 за 1999 г.) готовит свои автомобили на известном предприятии ракетно-космической промышленности. Да и многие другие команды используют детали и узлы, изготовленные на оборонных заводах — традиционные для них высокопрочные материалы, культура производства, относительно малые количества даже серийно выпускаемой техники — все это прекрасно сочетается с потребностями автоспорта.

Не удивительно, что автомобиль для кольцевых автогонок мало похож на те, что ездят по дорогам. Например, в классе «Туризм-1600», где автомобили готовят на базе самых популярных у нас ВАЗов, сходство с дорожными прототипами только внешнее.

Почему это так, мы попробуем выяснить. И начнем с двигателя: именно он во многом определяет динамические и скоростные качества автомобиля, и даже его надежность — большинство технических «сходов» в кольцевых автогонках происходит именно по вине двигателя. Итак...

## Как он устроен

По нашим меркам отечественный автоспорт недешев — при условии участия во всех этапах

Поршень для двигателя автомобиля «Туризм-1600» (справа) не идет ни в какое сравнение со стандартным ВАЗовским (слева).



Алюминиевый поддон гоночного мотора.

Масло в нем не задерживается, а сразу откачивается в маслобак.

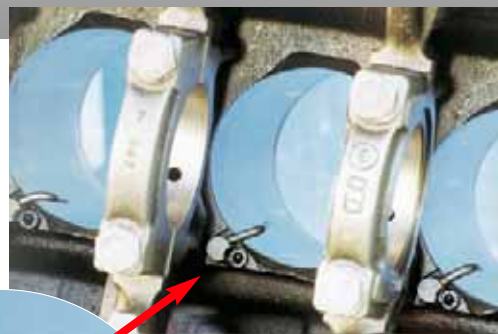


чемпионата России по шоссейно-кольцевым автогонкам бюджет отдельно взятой команды составляет не один десяток тысяч долларов. Но это в сотни и тысячи раз меньше, чем тратят «конюшни» «Формулы-1». А потому и двигатель готовится на базе серийного мотора — так записано в «Технических требованиях» к отечественным гоночным автомобилям.

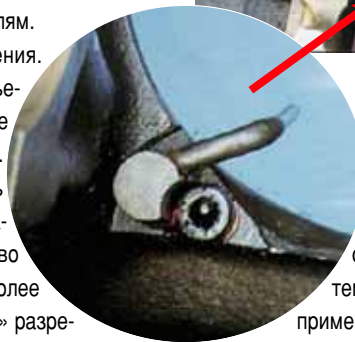
Есть и другие ограничения. В первую очередь — по объему двигателя, который не должен превышать 1600 см<sup>3</sup>. Нельзя также применять наддув. В классе «Формула-1600» ограничено количество клапанов на цилиндр — не более двух (в классе «Туризм-1600» разрешены четыре клапана). Все эти ограничения направлены на то, чтобы уравнивать возможности спортсменов и команд.

Тем не менее, двигатель для той же «Формулы-1600» все равно получается уникальным. Иначе как из него «выжмешь» более 150 л.с. А у 16-клапанных моторов в классе «Туризм-1600» — все 200 л.с.! И это при 9000-9500 об/мин!

Как достигнута такая мощность? Сразу не-



Форсунки масляного охлаждения поршней — не прихоть, а необходимость.



сколькими способами: увеличением степени сжатия (11,5-12,5), настройкой впускной и выпускной систем на высокую частоту вращения, применением распределительного вала с «широкими» фазами впуска и выпуска, увеличенных каналов в головке блока, использованием деталей специальной конструкции и т.д.

Посмотрите на фотографии: блок и головка блока цилиндров, действительно, вроде бы серийные. Но на самом деле значительно переделанные. А вот остальные детали вообще стандартными никак не назовешь.

Блок цилиндров в обычном исполнении уже при двукратном форсировании мотора не выдерживает нагрузок: не хватает прочности и жесткости. Поэтому, например, крышки коренных подшипников приходится дополнительно связывать специальной «рамой». Для этой же цели служит более жесткий литой алюминиевый поддон картера.

В блоке цилиндров некоторых моторов устанавливают форсунки масляного охлаждения поршней, направляющие струю масла снизу на днище поршня. Иногда, чтобы не усложнять конструкцию, роль форсунок возлагают на отверстия, просверленные непосредственно в коренных опорах подшипников коленчатого вала.

В сопряжении блока с головкой цилиндров нередко отсутствует привычная всем прокладка ГБЦ. И не случайно. Если уплотнить стык без прокладки, то охлаждение деталей улучшится. Правда, технически выполнить надежный беспрокла-



Разница в поршневых кольцах (слева) и пальцах (справа) заметна сразу: маслосъемное кольцо для спортивного мотора вдвое тоньше, а палец меньше диаметром и короче.



дочный стык сложно: приходится выфрезеровать вокруг цилиндров и по контуру блока специальные канавки, укладывать в них резиновый шнур соответствующей формы и профиля, шлифовать плоскости блока и головки перед каждой сборкой двигателя.

Коленчатый вал оставался стандартным, пока мощность двигателя не выросла столь значительно, что прочность стала недостаточной: вал нередко не выдерживает и двух гонок. Сейчас наметился переход на стальные коленчатые валы — их усталостная прочность намного выше.

Шатунно-поршневая группа за последние годы тоже претерпела ряд существенных изменений. Больше всех «досталось» поршню. На последних двигателях «Формулы-1600» и «Туризм-1600» используется очень низкий поршень с двумя кольцами. Что совершенно естественно — уменьшилась его масса и трение юбки о стенку цилиндра.

При высоте поршня, к примеру, всего 40-45 мм, очень важно точно выдержать профили наружной поверхности — «эллипс» и «бочку». Хороший материал (часто применяют заэвтектические сплавы с содержанием кремния более 14%) в сочетании с технологией получения заготовки (штамповка) делают поршень легким, прочным, надежным и долговечным.

Новые материалы и технологии в последние

годы позволили уменьшить зазор между поршнем и цилиндром. Если в прошлом этот зазор превышал  $0,10 \pm 0,12$  мм и даже доходил до  $0,15$  мм, то сегодня он снижен до  $0,06 \pm 0,07$  мм без опасности заклинивания поршня в цилиндре.

Уменьшился и диаметр пальца — вместо 22 мм стали делать 20, 19 и даже 18 мм, что с точки зрения снижения массы тоже весьма неплохо. Из тех же соображений отверстие в пальце делается не цилиндрическим, а коническим, расширяющимся к его торцам.

Типично ВАЗовские поршневые кольца с высотой 1,5 и 3,95 мм уступили место более низким фирменным изделиям. Так, при диаметре цилиндра 82 мм сейчас чаще всего применяют кольца высотой 1,2 и 2,0 мм, а при диаметре 84 мм — 1,5 и 2,0 мм. Это обеспечивает снижение трения, особенно при высоких частотах вращения.

«Революционным» в национальных гоночных классах стал переход два-три года назад на поршни с двумя кольцами без среднего компрессионно-маслосъемного. При этом за счет одновременного изменения профиля поршня заметного возрастания расхода масла не произошло.

Претерпели изменения и шатуны. Теперь их делают

из специальных высокопрочных материалов, обычно не применяемых в автомобилестроении. Поскольку поршни получаются ниже стандартных, шатуны приходится делать длиннее на  $10 \pm 15$  мм. От осевого перемещения они фиксируются в бобышках поршня, а не между щеками коленвала. Это позволяет уменьшить ширину и массу детали на 30-40% по сравнению со стандартной. Кроме того, все шире применяются конструкции с «плавающим» пальцем, причем без традиционной бронзовой втулки в верхней головке шатуна — так проще и надежнее.

Особое внимание в последние год-два пришлось уделить шатунным болтам: при достигнутом уровне максимальной частоты вращения и мощности болты из традиционных материалов не выдерживают нагрузок и ломаются.

Вкладыши шатунных подшипников оказались нагружены сверх всякой меры. И хотя ВАЗовские сталеалюминиевые вкладыши еще как-то «держат», во многих двигателях находят применение многослойные (сталь-бронза-баббит) вкладыши, которые не задираются при высоких частотах вращения в условиях недостаточной смазки (например, при отказе маслососа).

Но особенно серьезные изменения при постройке гоночного мотора претерпевает головка блока цилиндров. Об этом мы расскажем в наших следующих публикациях. **АЕС**

Шатунный болт — виновник многих сходов на кольцевых трассах. Сегодня требования к нему не ниже, чем в авиации (слева — болт шатуна спортивного мотора, справа — стандартный ВАЗовский).



Шатун гоночного мотора (слева) намного легче и тоньше стандартного (справа), но его прочность при этом больше.



Редакция благодарит спортивную команду «Дельта-моторспорт» за помощь в подготовке этого материала.

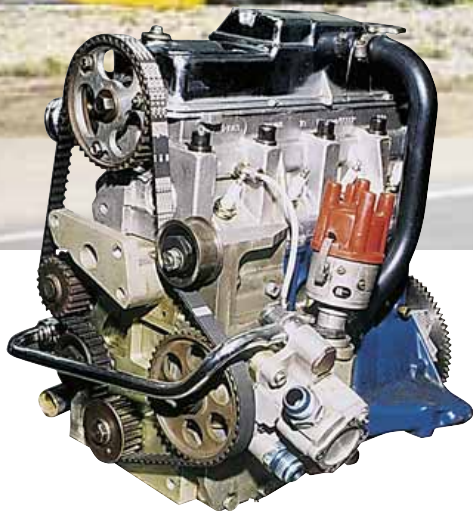
Справка «АБС-авто». Получить консультацию по конструкции спортивных двигателей, заказать необходимые детали и работы можно на фирме «АБ-Инжиниринг», тел.: (095) 945-74-40, 488-77-92.

**АЛЕКСАНДР ХРУЛЕВ**  
кандидат технических наук,

ТЕХНОЛОГИЯ

# ГОНОЧНЫЙ АВТОМОБИЛЬ: на пределе возможностей

В предыдущем номере журнала мы начали рассказ о спортивных автомобилях с устройства двигателя. Сегодня — продолжение этой темы. А помочь нам снова согласилась спортивная команда «Дельта-моторспорт».



При постройке гоночного двигателя (а именно так, в отличие от отверточных разборки и сборки, называют этот процесс) головка блока цилиндров претерпевает не меньше изменений, чем блок или шатунно-поршневая группа. Главное здесь — обеспечить максимально возможное наполнение цилиндров топливоздушной смесью. Для этого впускные и выпускные каналы обрабатывают внутри, увеличивая их проходные сечения, насколько позволяет толщина стенок каналов.

**Седла клапанов** стандартного диаметра удаляют с этой же целью и ставят увеличенные на 2-4 мм, выточенные из специального легированного чугуна или даже бронзы. Чтобы такие седла поместились в камере сгорания, ее по контуру расширяют, оставляя перемычки между цилиндрами не более 5-6 мм. Естественно, объем камеры сгорания увеличивается, и приходится подрезать привалочную плоскость головки, чтобы обеспечить требуемую степень сжатия (а она у спортивного мотора достигает 12-12,5).

Увеличение диаметра клапанов иногда приводит к необходимости изменять форму прокладки головки (если таковая применяется в конструкции конкретного двигателя). Чтобы повысить надежность уплотнения головки с блоком, применяют многослойные металлические прокладки без окантовки — они менее склонны к прогарам при высоких давлениях и температурах в камере сгорания.

Тем не менее высокая мощность мотора для головки не проходит бесследно — ее привалоч-

ная плоскость в процессе работы может недопустимо деформироваться, и стык с блоком потеряет герметичность. Поэтому плоскость головки специальным образом укрепляют. Например, по краям головки за контуром цилиндров сверлят отверстия, нарезают в них резьбу и заворачивают специальные алюминиевые штифты до упора в рубашку охлаждения.

**Направляющие втулки клапанов** в стандартном для ВАЗовских моторов металлокерамическом «исполнении» для спортивного мотора не годятся — при больших нагрузках они могут «осыпаться» и вывести двигатель из строя. Поэтому предпочтение отдается бронзе: она мягче, не «трещит» и лучше отводит тепло от нагретого клапана. Очень большое значение имеет форма седел и тарелок клапанов. Седлам нередко придают плавную форму без явно выраженных угловых фасок. Тарелки клапанов обрабатывают так, чтобы обеспечить узкую (1-1,2 мм) фаску, малый угол подъема к стержню и уменьшенный диаметр части стержня, расположенной в канале впуска или выпуска.

**Клапаны**, вообще говоря, — одни из наиболее нагруженных, а значит, часто выходящих из строя деталей (случаи обрыва клапанов отмечаются практически на каждом этапе гонок). Именно поэтому от стандартных, ВАЗовских, в том числе доработанных, приходится отказываться.

Практика показывает, что надежность работы всего двигателя можно заметно повысить, если применять клапаны от известных мировых производителей моторных деталей — фирм TRW, AE и других. Огромная номенклатура клапанов весьма высокого качества, выпускаемых этими фирмами, позволяет подобрать их для любого двигателя — и по размерам, и по материалам. Хотя это «удовольствие» не из дешевых.

Замена стандартных клапанов на специальные — мера вынужденная и по другой причине. Не надо забывать, что гоночный мотор работает на высоких частотах вращения — до 9000-9500 об/мин, а на некоторых режимах, например, торможения двигателем, — и выше. В таких условиях важно

Головка блока цилиндров спортивного двигателя имеет увеличенные диаметры седел, тарелок клапанов и проходные сечения каналов.



обеспечить низкую массу клапанов. Иначе из-за больших сил инерции даже более жесткие пружины не смогут предотвратить отрыв толкателей от кулачков распредвала и последующие удары тарелок клапанов по седлам (а именно эти ударные нагрузки и являются главной причиной обрыва клапанов). Выходом из положения часто является переход на более тонкий стержень клапана. Например, замена клапанов с 8-миллиметровым стержнем на 7-миллиметровые дает снижение массы примерно на 15%. Легкий клапан — это пружины меньшей жесткости, уменьшение трения в приводе газораспределительного механизма. А на высоких частотах вращения — выигрывает в несколько лошадиных сил.

**Распределительные валы** гоночных двигателей имеют заметно более широкие кулачки, чем у их стандартных прототипов. Как мы уже отмечали (см. «АБС-авто», № 7/1999), это позволяет повысить максимальную частоту вращения коленвала и мощность, но делает работу двигателя неустойчивой на низких оборотах (до 3000-4000 об/мин). Однако другого выхода нет, иначе требуемой для гоночного автомобиля мощности мотора не получить.

Распределительные валы для спорта у нас в России производят несколько фирм. Есть и иностранные образцы, в том числе для ВАЗовских моторов. Причем профиль кулачка — это «ноу-хау» производителя или команды-заказчика, поскольку именно распределительный



«Спортивный» клапан (слева) имеет более тонкий стержень, а его тарелка больше, чем у стандартного клапана (справа).



Для работы на больших частотах вращения регулировочная шайба ставится под толкатель (слева), а не на него, как в «стандартной» конструкции (справа).

вал главным образом определяет мощность двигателя. Но просто так взять и поставить распредвал в головку нельзя — требуется согласовать характеристики пружин, массу клапанов и толкателей с профилем кулачков.

Что значит согласовать, объясним более подробно. Так, жесткость пружин (их, как правило, две на каждый клапан) должна быть такой, чтобы при заданной массе клапана и толкателя последний непрерывно отслеживал профиль кулачка. Определить искомые пара-

метры пружин можно расчетом по специальными методикам. Но этого мало. При максимальном подъеме клапана не должно быть касания («замыкания») витков пружины, иначе она быстро сломается. Поэтому при постройке гоночного мотора приходится не только подбирать нестандартные пружины клапанов, в том числе с переменным шагом, но и точно регулировать их предварительный натяг.



В отличие от стандартных направляющих втулок (справа) бронзовые втулки (слева) не ломаются и лучше отводят тепло от нагретого клапана.

**Тарелки пружин и толкатели** тоже далеки от обычных. Так, тарелки пружин часто делают облегченными — из титановых и даже алюминиевых сплавов, — смещая опорную поверхность пружины вверх к торцу клапана.

Конструкция толкателей тоже необычна. Гидротолкатели здесь применять нельзя — слишком они тяжелые. Но и традиционные «стаканы» с регулировочными шайбами ненамного легче, да и вообще для гоночного мотора не подойдут

— на высоких оборотах лежащую сверху шайбу кулачок распредвала может «выбросить» из стакана. Выход один — толкатель специальной конструкции с регулировочной шайбой малого диаметра (8-9 мм), устанавливаемой не над, а под стаканом.

**Привод распределительного вала** в гоночном моторе требует особого внимания. Некоторые механики оставляют его в стандартном исполнении, и пока еще больших проблем нет. Но кое-что уже замечено. Например, стандартный зубчатый ремень ГРМ при резком, почти мгновенном, повышении частоты вращения (во время торможения двигателем) растягивается. Распределительный вал начинает опаздывать, и один из поршней может достать не успевший закрыться выпускной клапан.

Исключить такой эффект помогает переход на более широкий и короткий ремень, приводящий только распределительный вал. Правда, для этого требуется подобрать или вновь изготовить нестандартные зубчатые шкивы.



Кулачок распределительного вала для двигателя «Формула-1600» (вверху) намного полнее, чем у обычного распредвала (внизу).

При большой частоте вращения коленвала отдельные участки ремня ГРМ способны вибрировать. Особенно это характерно для сравнительно длинных участков ремня между шкивами, причем как на нагруженной, так и ненагруженной сторонах. Убирают вибрации с помощью дополнительных роликов-успокоителей, слегка поджимающих ремень на участках между шкивами.

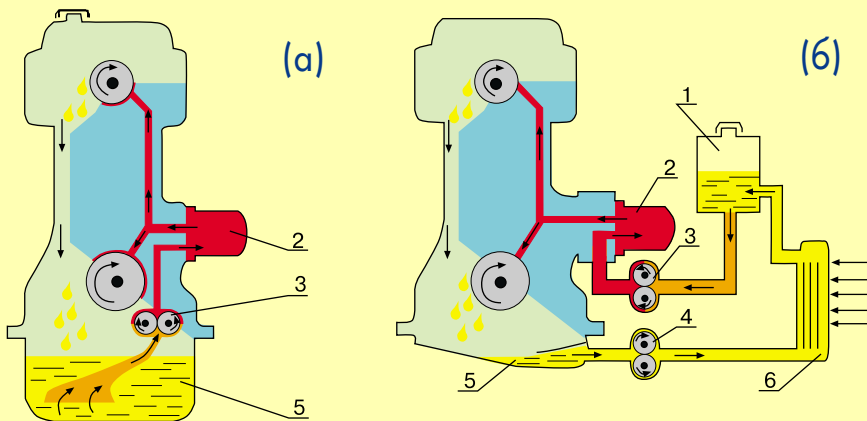
Высокая частота вращения, особые условия работы двигателя на спортивном автомобиле приводят к изменению конструкции и некоторых агрегатов.

**Насос охлаждающей жидкости** при высокой частоте вращения может и не справиться со своей основной задачей — прокачать требуемое количество жидкости через двигатель и радиатор. Причина обычно кроется в кавитации: давление на входе в насос при большом расходе жидкости, соответствующем высокой частоте вращения крыльчатки насоса, падает, и жидкость на входе «закипает».

Кавитация приводит к резкому снижению производительности насоса и перегреву двигателя. Борются с ней двумя способами. Самый простой — уменьшить частоту вращения крыльчатки, установив приводной шкив насоса большего диаметра. Находит применение



Разница в системах смазки обычного (а) и спортивного (б) двигателей видна, что называется, «невооруженным глазом»: 1 — маслобак; 2 — фильтр; 3 — нагнетающий насос; 4 — откачивающий насос; 5 — картер; 6 — масляный радиатор.



и другой способ — на вход насоса дополнительно подкачивают жидкость с помощью электронасоса.

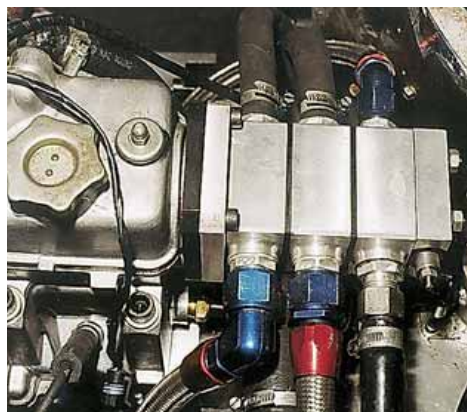
Но больше всего изменений, как показывает практика, приходится вносить в систему смазки двигателя — иначе бесперебойную подачу масла ко всем парам трения просто не обеспечить.

**Система смазки** многих спортивных моторов выполняется по схеме с «сухим» картером.

В обычных системах смазки масло, как известно, хранится в поддоне картера. Оттуда оно с помощью маслососа подается в двигатель и туда же сливается после смазки и охлаждения деталей.

Спортивный автомобиль проходит трассу соревнований с большими боковыми и продольными ускорениями. При этом масло, свободно залитое в поддон, смещается в сторону от маслоприемника и при определенных значениях величины и направления ускорения просто не поступает в систему.

Чтобы обеспечить непрерывную подачу масла в двигатель, делают так. Масло поступает в систему из отдельного маслобака, для чего используется нагнетающий маслосос. Далее, пройдя детали и узлы двигателя, мас-



Трехсекционный насос с приводом от распредвала с одной нагнетающей и двумя откачивающими секциями — самая распространенная конструкция в спортивных двигателях национальных классов.

ло сливается в картер, откуда подается обратно в маслобак специальным откачивающим маслососом.

Чаще всего, особенно при поперечном расположении двигателя (например, на автомобилях класса «Туризм-1600»), используют два откачивающих маслососа: один забирает мас-

ло из картера со стороны маховика, второй — со стороны носка коленвала. На «Формуле-1600», где двигатель расположен продольно, применяют системы и с одним откачивающим маслососом.

**Маслосос**, а точнее, его нагнетающую и откачивающие секции, компонуют обычно в одном корпусе. Привод осуществляется либо от коленчатого вала специальной передачей, либо (чаще всего) непосредственно от распределительного вала. Стандартные насосы используют крайне редко — из-за кавитации на высоких оборотах и недостаточной надежности. А вот масляный радиатор в системе смазки спортивного мотора — вещь совершенно необходимая. Без него температура масла окажется слишком высокой, чтобы надежно смазывать и охлаждать детали.

**Масло** для спортивного двигателя — о нем вообще разговор особый. Заметим только, что для гонок применяется специальное синтетическое масло с вязкостью по SAE15W-50 или, к примеру, 15W-60. От обычного масла оно отличается не только большей вязкостью, но и специальным пакетом присадок, что делает его в несколько раз дороже.

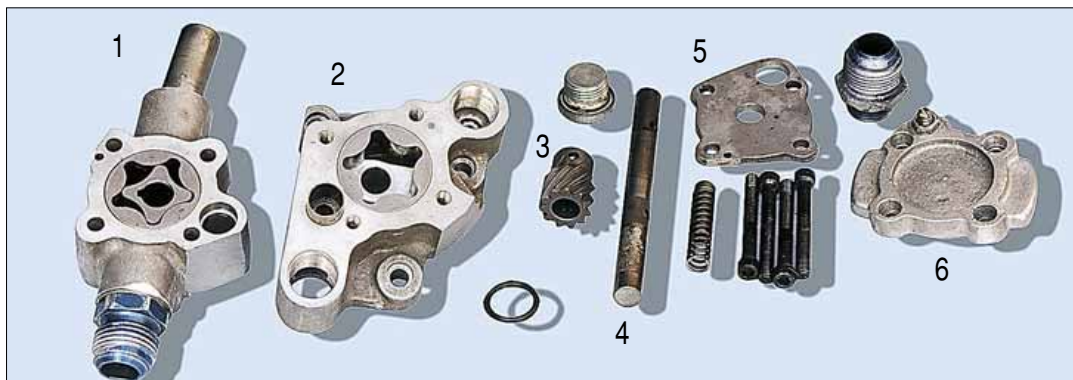
Если отличия в механике двигателя спортивного автомобиля просто бросаются в глаза, то разница в системах управления — топливодозирования и зажигания — явно не заметна. Тем не менее, система управления спортивным мотором строится на совершенно других принципах, нежели у обычного автомобиля. Об этом, а также о системах впуска и выпуска спортивных двигателей мы расскажем в наших следующих публикациях. **АБС**

Справка «АБС-авто».

Получить консультацию по конструкции спортивного двигателя, заказать необходимые детали, подготовить двигатель к соревнованиям или форсировать стандартный мотор можно на фирме «АБ-Инжиниринг», тел.: (095) 945-74-40, 488-77-92.

**Двухсекционный масляный насос** — подобные конструкции на обычных двигателях практически не применяются:

- 1 — откачивающая секция;
- 2 — нагнетающая секция;
- 3 — шестерня привода;
- 4 — ведущий валик;
- 5 — пластина;
- 6 — крышка.



# ГОНОЧНЫЙ АВТОМОБИЛЬ:

## на пределе возможностей

(Продолжение. Начало в №№ 5-6, 2000)

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

*В предыдущих публикациях мы рассмотрели особенности конструкции шатунно-поршневой группы, газораспределительного механизма, систем охлаждения и смазки спортивных двигателей. Но наш разговор об этих двигателях будет неполным, если мы не расскажем о системах подачи топлива, зажигания и выпуска отработанных газов.*

В конструкции современного спортивного двигателя все подчинено одной задаче — повысить его мощность. Кажется, что разработчики сумели «вылизать» все системы двигателя до предела — ни убавить, ни добавить.

Повышенная до предела степень сжатия, уменьшенная масса движущихся деталей, «широкие» фазы газораспределения, увеличенное сечение проходных каналов — вот, что такое форсированный спортивный двигатель.

Однако нет предела совершенству, резервы есть всегда, главное — суметь реализовать их на соревнованиях в полной мере.



Прямые впускные каналы — обычное решение для гоночного двигателя. Карбюраторная система подачи топлива проста и надежна, но не очень точна.



### Впускная система...

спортивного мотора должна обеспечить наполнение цилиндров максимально возможным количеством топливовоздушной смеси. Очевидно, что чем больше ее поступает в цилиндры, тем больше при сгорании выделяется тепла и тем выше мощность двигателя.

На первый взгляд все просто — необходимо увеличить проходные сечения впускной системы. Но простое решение не всегда самое лучшее. Слишком сложные процессы происходят при движении смеси во впускном коллекторе. Движение заряда топлива в воздушной смеси в каналах происходит в виде волн давления и разрежения, совпадающих с фазами открытия впускных клапанов, а в силу инерционности самого заряда его волновые колебания продолжают и при закрытых клапанах.

При определенных соотношениях длины и диаметра впускного канала можно обеспечить дозарядку цилиндра — так называемый динамический наддув (не путать с наддувом от скоростного напора воздуха при движении автомобиля). Смысл этого явления лучше пояснить на примере. Увеличение продолжительности фазы впуска (времени нахождения впускного клапана в открытом состоянии) может как ухудшить, так и улучшить наполнение цилиндра смесью. Наличие зоны разре-

ния в волне заряда смеси при слишком позднем закрытии впускного клапана на такте сжатия может привести к вытеснению из цилиндра поступившей туда смеси, уменьшению наполнения, падению компрессии и мощности. Чтобы этого не случилось, необходимо обеспечить возле клапана до его закрытия зону давления в заряде смеси — тогда процесс впуска будет продолжаться даже при повышении давления в цилиндре.

Согласование фазы впуска с параметрами впускной системы — дело непростое. Так, впускной канал определенной длины и диаметра задаст в нем определенную частоту собственных колебаний заряда смеси, тем большую, чем меньше его длина. Двигатель гоночного автомобиля должен работать пусть в узком, но все же определенном диапазоне частоты вращения (от 4500-5000 до 8500-9500 об/мин). Настроив впуск на максимальные обороты и мощность, недоберем крутящий момент «внизу». И, наоборот, повышая тяговые характеристики на средних частотах вращения, можно легко «потерять» максимальные режимы.

Ситуация схожа с обычными автомобильными моторами, где требуется компромиссное решение, при котором настройка впуска выполняется на режимы средних частот вращения. Но в спорте максимальная мощность важнее, а недостаток



крутящего момента на низких частотах можно несколько компенсировать — например, подбором пар шестерен в коробке передач.

Как же должна выглядеть впускная система, соответствующая этим требованиям? Посмотрите на фотографии — привычный нам коллектор отсутствует. Зато имеются отдельные впускные каналы для каждого цилиндра и конические входные патрубки, благодаря которым в заряде топливовоздушной смеси, поступающей в канал, возникают и усиливаются волны давления и разрежения. Другая характерная особенность впускных систем двигателей для кольцевых гонок — отсутствие воздушного фильтра. Как показывает практика, любой тип фильтра «душит» мотор, особенно на высоких частотах вращения. В обычной дорожной жизни двигатель без воздушного фильтра едва ли пройдет 1000 км до полного износа поршневой группы — пыль сделает свое грязное дело. В гонках большой срок службы двигателя и не требуется — от силы один сезон. А за это время износы деталей не всегда достигают критических.

#### **Выпускная система..**

предназначенная наилучшим образом очистить цилиндры от выхлопных газов, также таит значительный резерв увеличения мощности спортивного двигателя.

Самой простой системой выпуска является труба определенной длины и диаметра. Ее основное преимущество — низкое сопротивление потоку выхлопных газов. Но этого для спортивного двигателя недостаточно.

Как известно, большую часть фазы выпуска занимает процесс вытеснения поршнем, движущимся вверх, газов из цилиндров. В таком случае наличие разрежения у выпускного клапана позволяет быстрее очистить цилиндр, снизить в нем давление и, соответственно, уменьшить потери мощности.

Спортивный двигатель по сравнению со стандартным имеет увеличенные фазы впуска и выпуска. На некоторых режимах работы двигателя часть свежей топливной смеси, поступившей в цилиндр, вытесняя остаточные газы, может вылетать в выпускную систему. Поэтому еще одно назначение выхлопной системы состоит в том, чтобы вернуть свежую смесь из выхлопной трубы обратно в цилиндр.

Такие эффекты возможны, если в трубе возникнут колебания газов с частотой, соответствующей частоте вращения коленвала. Другими словами, при определенной длине и сечении выхлопной трубы, частота вращения коленвала совпадает с частотой собственных колебаний газов в трубе, а выигрыш в мощности может превысить 10-15 л.с.

Конструктивно система выпуска спортивных двигателей состоит из двух частей: приемных труб одинаковой длины от каждого цилиндра и собственно резонансной трубы. Выхлопной коллектор традиционного типа здесь не подходит, так как каналы от цилиндров имеют разную длину. Чтобы настроить выхлопную систему, требуется соблюдать правило равной длины каналов, а это приводит к довольно сложной форме труб.

Подобные выхлопные системы спортивных двигателей применялись достаточно широко до самого последнего времени, пока на некоторых соревнованиях не ввели контроль шума выхлопа. Естественно, труба с ее уровнем шума свыше 120 дБ нынешним требованиям никак не удовлетворяет. И теперь на двигателях гоночных автомобилей стали устанавливать глушители особой конструкции.



**Впрыск топлива в последние годы постепенно вытесняет карбюраторы с кольцевых трасс.**



**Выпускная система гоночных двигателей теперь не обходится без глушителя.**

Правильно сконструированный глушитель для спортивного двигателя снижает шум на низких и средних частотах вращения до 5000 об/мин (именно на этих оборотах контролируют шум), а на высоких практически не препятствует свободному прохождению выхлопных газов.

#### **Системы топливдозирования**

До недавнего времени спортивные двигатели оснащались исключительно карбюраторами. Для прямых впускных каналов идеально подходят сдвоенные горизонтальные карбюраторы *Weber*. Фактически один такой карбюратор — это два, но с общей поплавковой камерой. На двигатель обычно устанавливают два подобных устройства.

Неоспоримое преимущество карбюраторов — в их простоте, надежности и сравнительно низкой цене. Однако весьма серьезны и недостатки: сложность настройки в широком диапазоне режимов, необходимость синхронизации работы фактически сразу четырех карбюраторов, чувствительность к внешним условиям (температура, давление, влажность). Именно это и обусловило в последние годы переход на электронные системы подачи топлива.

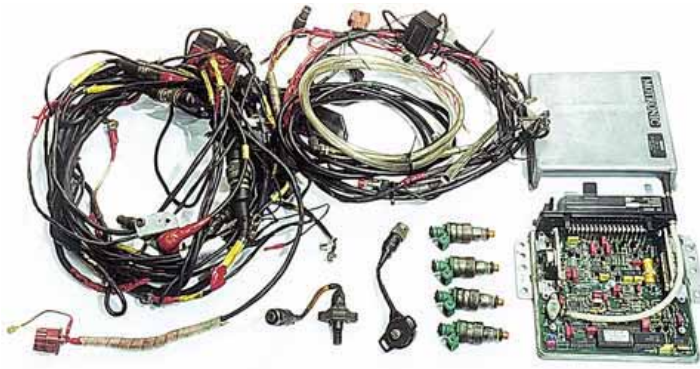


**Сложное переплетение приемных труб — не прихоть конструкторов. Без него выпускную систему не настроить.**

Электронные системы, применяемые в спорте, в общих чертах сохраняют те же принципы, что и их дорожные аналоги. Хотя есть и несколько существенных отличий, характерных именно для спорта. Например, в большинстве систем не используется датчик расхода воздуха. Что совершенно естественно, поскольку практически все типы датчиков расхода создают на входе дополнительное сопротивление.

Не применяются и датчики абсолютного давления во впускном коллекторе (*MAP*) — ведь колле-





Основные компоненты электронной системы управления спортивным двигателем похожи на обычные, но разница — в программе регулирования.

ктора у спортивного мотора нет. Вследствие этого определение расхода воздуха для последующего дозирования топлива в спортивных системах возможно только косвенно по двум параметрам — частоте вращения и углу открытия дроссельной заслонки. Подобные системы в обычных автомобилях практически не встречаются.

Еще одно отличие — настройка контура обратной связи. Многие спортивные системы управления двигателем используют кислородный датчик. Но при этом обратная связь обеспечивает строгое поддержание не стехиометрического состава смеси ( $\lambda=1$ ), а мощностного, при котором  $\lambda=0,85\div 0,9$ . Вот почему «спортивный» кислородный датчик имеет достаточно пологую, а не релейную, характеристику (см. «АБС-авто», № 7, 2000).

Однако главное отличие спортивной системы управления, по нашему мнению, заключено в следующем. В то время как многие шоссейные системы не допускают перепрограммирования (либо поддаются ему с трудом), то спортивная система легко перенастраивается под внешние условия, конструктивные особенности установленного на автомобиль двигателя (а таких сменных двигателей может быть несколько), и т.д. Перепрограммирование выполняется с помощью персонального компьютера («ноутбука»).

Некоторые отличия имеются и в схеме подачи топлива. В некоторых системах задействованы по две форсунки на цилиндр — если частота вра-



В этом двигателе VW для кольцевых гонок распределитель зажигания перенесен со штатного места на блоке (место А) на головку блока и не имеет центробежного и вакуумного автоматов.

чественном автоспорте пространства.

### Системы зажигания

Очевидно, при высоких частотах вращения надежное искрообразование обеспечивают только электронные системы зажигания. В целом спортивная система зажигания похожа на обычную, с той лишь разницей, что для работы в сравнительно узком диапазоне режимов не требуется значительного изменения угла опережения зажигания. Более того, на высоких частотах вращения даже при большой степени сжатия не возникает опасная для двигателя детонация. В связи с этим разного рода механические центробежные и вакуумные автоматы, к примеру, для кольцевых гонок обычно не применяются.

Если на двигателе используется карбюратор, то чаще всего устанавливается фиксированный ( $36^\circ\text{--}45^\circ$ ) угол опережения для всех режимов работы двигателя. Комплексные электронные системы управления двигателем позволяют регулировать и угол опережения зажигания, причем алгоритм его изменения в зависимости от режима работы двигателя или внешних условий может быть задан с помощью персонального компьютера.

Особого внимания требуют свечи зажигания. Высокая степень сжатия диктует необходимость применения

очень холодных свечей (калильное число 2-3 по классификации Bosch), специально предназначенных для спорта. Чтобы такие свечи заработали нормально и быстро не вышли из строя, двигатель перед их установкой прогревается с использованием более горячих свечей.

Существуют также и спортивные карбюраторы с электронным управлением, но в от-

ельно холодных свечей (калильное число 2-3 по классификации Bosch), специально предназначенных для спорта. Чтобы такие свечи заработали нормально и быстро не вышли из строя, двигатель перед их установкой прогревается с использованием более горячих свечей.

Как видим, хитростей в спортивном двигателе немало, причем некоторые из них вряд ли могут найти какое-либо применение на обычном автомобиле. Но даже если двигатель сконструирован и построен с учетом всех этих нюансов, автомобиль, на который его поставят еще, не «помчит-ся». Нужна специальная трансмиссия, чтобы передать всю мощность мотора на колеса. Как это сделать, мы расскажем в наших следующих публикациях.

Редакция благодарит спортивную команду «Дельта-Моторспорт» за помощь в подготовке материала.

**Справка «АБС-авто».** Получить консультацию по конструкции спортивных двигателей, заказать необходимые детали и работы можно на фирме «АБ-Инжиниринг», тел.: (095) 488-77-92, и на «АБС-сервисе» Б тел. (095) 945-7440.

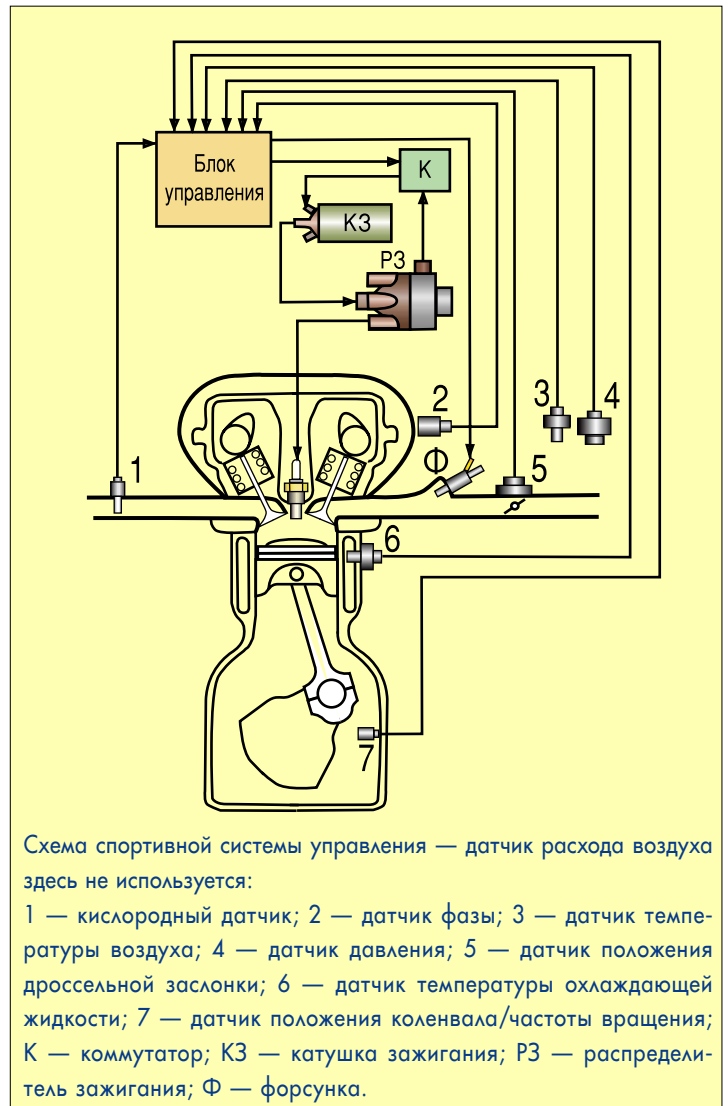


Схема спортивной системы управления — датчик расхода воздуха здесь не используется:

- 1 — кислородный датчик; 2 — датчик фазы; 3 — датчик температуры воздуха; 4 — датчик давления; 5 — датчик положения дроссельной заслонки; 6 — датчик температуры охлаждающей жидкости; 7 — датчик положения коленвала/частоты вращения; К — коммутатор; К3 — катушка зажигания; P3 — распределитель зажигания; Ф — форсунка.