

## Распределительный вал и привод клапанов

### *Распределительные валы*

Распределительный вал (иногда называемый просто распредвалом), более чем какая-либо из других деталей двигателя влияет на выбор и работу практически каждой системы двигателя. Заметим, что распределительный вал непосредственно влияет на системы карбюрации, впуска и выпуска газов; однако, он также сильно влияет на конструкцию механизма привода клапанов, на оптимальную степень сжатия и, в меньшей степени, даже на конструкцию шасси и трансмиссии. Проще говоря, конструкция распредвала определяет выходную мощность двигателя при частично или полностью открытой дроссельной заслонке, и выбор этой детали является одним из наиболее важных решений, которые может принять двигателестроитель.

Выбор распредвала может на первый взгляд показаться довольно простым. Справедливо то, что поиск функционирующего распредвала в реальности не является проблемой, но поиск и установка оптимального распредвала для конкретных применений является намного более сложной. К счастью, многие производители распределительных валов затрачивают большие суммы денег на исследования распредвалов и их развитие, и они предлагают результаты своих трудов потребителям. Таким образом, хотя для меня будет и непрактичным показать вам, как сконструировать оптимальный профиль кулачков распредвала для своего двигателя, я могу показать вам, как подобрать распредвал, который будет хорошо работать в конкретных условиях. Цель этой главы — дать вам информацию, которая может вам потребоваться для того, чтобы сделать правильный выбор.

Для того чтобы понять факторы, заключенные в конструкции распредвала и влияющие на его выбор, необходимо полное представление об основах работы двигателя. Лучшим способом понять эти основы будет вернуться к началу.

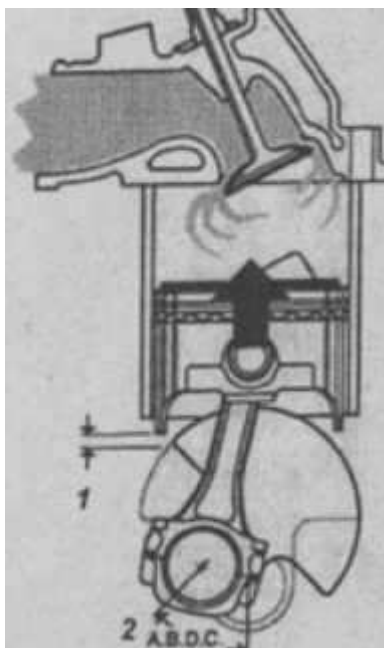
## Основы работы распределительного вала

### Четырехтактный цикл Отто

Подавляющее большинство современных автомобилей оснащены двигателями, работа которых основывается на так называемом цикле Отто. Доктор Николас Отто открыл свой 4-тактный двигатель в 1876г. и он до настоящего времени является основой практически всех современных автомобильных поршневых двигателей. Как определяется классической теорией 4-тактного цикла Отто, впускной клапан открывается, когда поршень находится в верхней мертвой точке (ВМТ), т.е. в верхней точке своего хода в цилиндре. Этот момент соответствует началу такта впуска, при котором смесь воздуха и топлива втягивается в цилиндр через впускную систему.



**Многочисленные конструктивные изменения привели к появлению современных конструкций, которые предлагают надежность и высокую мощность при оборотах двигателя, превышающих 6000 об/мин.**



Увеличение длительности фазы впуска увеличивает мощность, так как дополнительная топливовоздушная смесь втягивается частичным вакуумом, который остается в цилиндре после НМТ. Поршень в НМТ движется медленно и этот эффект воздействия вакуума не убирается небольшим движением поршня вверх, если далее коленчатый вал повернется на значительное число градусов:

- 1 - минимальный ход поршня;
- 2 - после НМТ.

Когда поршень — в нижней мертвой точке (НМТ),— такт впуска заканчивается и впускной клапан закрывается. Это конец первого из тактов Отто. Второй такт начинается, когда поршень движется вверх в отверстии цилиндра, а впускной и выпускной клапаны закрываются. При этом такте поступившая рабочая смесь сжимается в цилиндре, поэтому этот такт и называется тактом сжатия. Свеча зажигания воспламеняет смесь, когда поршень снова достигает ВМТ и в этот момент начинается такт рабочего хода (расширения) — третий такт цикла Отто. Так как горящая топливовоздушная смесь расширяется, то давление, создаваемое в цилиндре, толкает поршень вниз, и он передает свою энергию коленчатому валу, заставляя его вращаться. Поршень достигает НМТ в конце цикла рабочего хода, когда открывается выпускной клапан. При этом начинается финальный такт, называемый выпуском. Теперь поршень снова движется вверх, вытесняя отработанные газы через открытый выпускной клапан в выпускную систему. Когда поршень снова достигает ВМТ, выпускной клапан закрывается. Открывание впускного клапана сигнализирует о начале следующей серии тактов 4-тактного цикла Отто. Быстро сменяющиеся циклы (24.000 в минуту на высоких оборотах) производят тот продукт, который мы исследуем здесь — мощность двигателя.

Однако идеальный цикл Отто для бензинового двигателя работает только в теории. Общий смысл может указать, что клапаны должны открываться и закрываться в ВМТ и в НМТ, в начале и в конце каждого такта. Однако, за исключением механической непрактичности постоянного открывания и закрывания клапанов, динамичный поток газов имеет такие свойства, которые не поддаются пониманию с точки зрения здравого смысла. При движении с высокими скоростями эти легкие пары имеют характеристики тяжелой жидкости. Они имеют измеримую массу и энергию, которые соответствуют любому движущемуся объекту. Эти факторы должны учитываться в конструкции любого распредвала.

## Реальная динамика потока газов

На ранних стадиях развития двигателей, когда обороты коленчатого вала редко превышали 1000 об/мин, конструкторы двигателей были больше озабочены их надежностью, чем мощностью. Однако успехи в металлургии и нефтехимии позволили более не считать надежность главной целью конструкторов: в это время усилия инженеров были сконцентрированы на получении большей мощности. В этот период конструирования двигателей, фазы работы клапанов по-прежнему настраивались так, чтобы они начинались очень близко к "идеальным" моментам ВМТ и НМТ. Однако вскоре было открыто, что более высокие скорости открывания и закрывания уменьшают помехи, которые головки клапанов оказывают входящему и выходящему потоку газов. Это увеличит количество топлива, поступающего в двигатель и, соответственно, мощность. Однако, несмотря на улучшение характеристик металлов, скорости работы клапанов поддерживались в пределах механических характеристик клапанных пружин, кулачков распределительного вала и других деталей механизма привода клапанов. Эти пределы значительно уменьшают выходную мощность, т. к. при увеличении оборотов двигателя для работы клапанов остается очень мало времени, а уменьшение времени открывания и закрывания клапанов даже из практических соображений заметно уменьшает плотность рабочей смеси в цилиндре.

Конструкторы двигателей быстро обнаружили, что можно уменьшить потери, вызванные пределами, ограничивающими продолжительность открывания и закрывания клапанов путем увеличения продолжительности тактов работы клапанов.

Открывание впускного клапана немного раньше момента, когда поршень достигает ВМТ и закрывание его после НМТ (обеспечивающие продолжительность открывания клапана более 180° поворота коленчатого вала) увеличивают мощность. Если вы спросите сами себя, как это может помочь, так как поршень двигался в неправильном направлении для нужного потока впускаемой смеси, то это будет хорошим вопросом. Ответ состоит в том, что недостатки этих "несоответствующих" фаз работы клапанов были более чем скомпенсированы некоторыми преимуществами. Во-первых, клапан полностью открывается лишь на малый срок в эти периоды, так что потенциал для обратного потока минимален. Во-вторых, поршень движется намного медленнее рядом с ВМТ и НМТ, что еще больше уменьшает тенденцию для обратного потока. В-третьих, и это самое главное, более ранние и более поздние фазы работы впускных и выпускных клапанов дают клапанам "горячий старт" на кривых их подъема, что позволяет им отойти дальше от своих седел при всех тактах впуска и выпуска.

Имеются дополнительные динамические эффекты, которые мы обсудим далее, но главным результатом увеличения фаз работы клапанов за пределами ВМТ/НМТ является то, что получено существенное улучшение возможностей наполнения цилиндров и реализуется потенциал мощности.

## Подбор фаз работы клапанов

Увеличение фаз работы клапанов полезно, но это тонко сбалансированная операция. К примеру, удержание впускного клапана открытым, после того как поршень достиг нижней точки такта впуска практически по нескольким причинам:

- Поток при низких величинах подъема клапана минимален;
- Даже если коленчатый вал может повернуться на значительное число градусов, поршень не сдвинется вверх в отверстии цилиндра намного;
- Цилиндр обычно не наполняется полностью, т. е. частичный вакуум продолжает втягивать смесь в двигатель.

Однако эти преимущества вскоре исчезают, если такт впуска увеличивается слишком сильно. В некоторый момент поршень, движущийся вверх в отверстии цилиндра, начинает вжимать некоторую часть уже втянутой рабочей смеси обратно во впускной

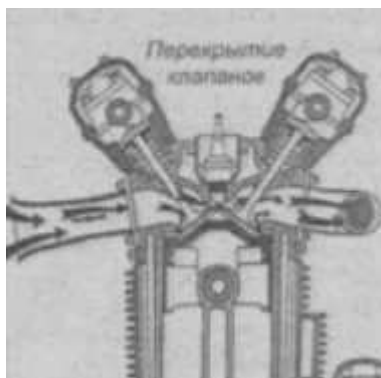
коллектор. Если продолжительность открывания клапана увеличивается, то мощность начнет слабеть, особенно на низких оборотах.

Увеличение продолжительности выпуска дает подобные преимущества в мощности и подобные ограничения. Открывание выпускного клапана немного раньше НМТ позволяет большей части отработанных газов с высоким давлением выйти самостоятельно, т. е. они выдуваются перед тем, как остальные выдавливаются движением поршня. Это уменьшает давление на поршень, которое сокращает потери на прокачивание и улучшает мощность. В заключение, подобно впускному клапану, положения более раннего открывания и более позднего закрывания клапана относительно седла при такте выпуска уменьшают сопротивление между клапаном и головкой и улучшают характеристики потока. Однако, если выпускной клапан открывается слишком рано, сжатые газы, которые могли бы давить на поршень и вырабатывать мощность, будут освобождаться слишком быстро, рассеивая потенциально полезную энергию.

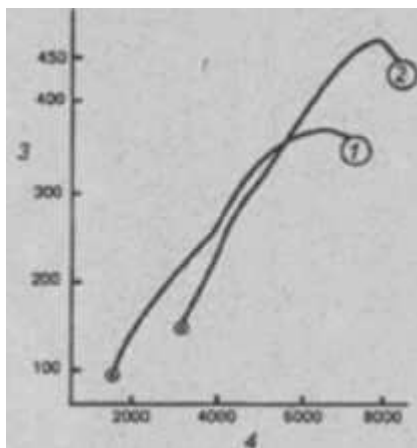
### Теория перекрытия клапанов

Когда впускной клапан открывается раньше, а выпускной клапан закрывается поздно, имеется период времени, когда оба клапана открыты. Этот период перекрытия клапанов имеет место, когда поршень находится около ВМТ. Открывание обоих клапанов одновременно может не показаться хорошей идеей, однако, такая технология сжимает движущуюся массу потока выхлопных газов как своеобразный "пылесос", чтобы вытянуть оставшиеся газы. Фактически, этот эффект пылесоса такой сильный, что он также помогает начать впуск потока. Этот более ранний впускной поток, вызванный энергией выхлопных газов, называется продувкой, и он улучшает наполнение цилиндра и увеличивает мощность, особенно на высоких оборотах. Тогда как чрезмерное перекрытие клапанов уменьшает крутящий момент на низких оборотах, потери уменьшаются, когда продолжительность перекрытия настраивается в соответствии с применением — примерно от 40° для обычного распредвала и примерно до 85° для специального профиля.

Распределительные валы с короткой продолжительностью тактов, разработанные для работы при низких оборотах двигателя, почти всегда имеют короткие периоды перекрытия клапанов. Эти распределительные валы обеспечивают хорошие значения мощности двигателя на низких оборотах, так как фазы работы клапанов не слишком удалены от фаз ВМТ/НМТ. Однако, если вы проводите исследования по получению большей мощности двигателя, не увеличивая число обо-



Когда впускной клапан открывается раньше, а выпускной клапан закрывается позже, существует период времени, когда открыты оба клапана. Этот эффект называемый продувкой, сжимает движущуюся массу потока выхлопных газов как своеобразный пылесос для втягивания оставшихся отработанных газов и вызывает втягивание потока смеси.



Широкая кривая мощности, начинающаяся при низких оборотах двигателя, необходима для трогания с места, особенно в автомобиле, оснащённом автоматической трансмиссией. Распредвалы с короткой продолжительностью тактов, перекрытие клапанов, у которых не превышает  $40^\circ$ , обеспечивают типичные кривые мощности, начинающиеся с низких оборотов (покачанные цифрой 1). Распредвалы с большой продолжительностью тактов, использующие перекрытие клапанов в  $85^\circ$  и более, обеспечивают более крутую кривую с более высокой максимальной мощностью- и уменьшением крутящего момента на низких оборотах, как показано на кривой (2). Валы с такими профилями хорошо работают в легких гоночных автомобилях с механическими коробками передач.

\* - Наименьшие обороты, которые может развивать двигатель при полностью открытой дроссельной заслонке; 1 - распредвал форсированного двигателя для обычных применений; 2 -распредвал гоночного двигателя с большим перекрытием клапанов; 3 - мощность л. с.; 4 - обороты двигателя 1/мин.

ротов, вы обнаружите, что двигатель быстро достигнет предела, вызываемого ограничениями по впуску из-за фаз газораспределения распредвала. Когда в двигателе есть баланс между эффективностью впуска и фазами работы распредвала, за исключением использования турбонаддува или впрыска окиси азота, единственный путь увеличения мощности — увеличение оборотов двигателя, при которых достигается максимальная мощность. Эти обороты могут быть достигнуты тогда, когда фазы газораспределения распредвала изменяются для оптимизации эффективности двигателя при этих высоких оборотах. Это неизбежно означает увеличение продолжительности тактов и перекрытия клапанов, сопровождаемое уменьшением крутящего момента на низких оборотах.

### Это уж слишком

Когда фазы работы распредвала включают длительные такты, высокий подъем и большие периоды перекрытия клапанов, что является обычным у распредвалов гоночных двигателей, двигатель может работать очень плохо при полностью открытой дроссельной заслонке в области ниже 4000 об/мин или даже выше. Эта нестабильность происходит из-за большого перекрытия между началом такта впуска и концом такта выпуска в сочетании с недостаточной скоростью выхлопных газов и, следовательно, энергией) при низких оборотах для поддержания правильного направления потока. В таких ситуациях остаточные выхлопные газы проходят через впускной клапан в систему впуска и "разбавляют" поступающую смесь, результатом чего становится неустойчивая работа и сильное уменьшение мощности на низких оборотах. Однако на высоких оборотах увеличенные такты работы клапанов являются как раз тем, что надо. Увеличенная длительность такта впуска позволяет лучше наполнять цилиндр, а увеличенная

длительность такта выпуска эффективнее удаляет выхлопные газы. Вдобавок к этому, увеличенное перекрытие клапанов может добавить легкий эффект наддува путем втягивания большего количества свежей смеси в цилиндр, чем поступало бы в цилиндр при работе одного только поршня.

К сожалению, при высоких оборотах двигателя очень раннее открывание впускного клапана и большое перекрытие клапанов может привести к другой неприятности. Если выпускная система настроена правильно и "всасывание" от продувки высоко, то у потока может быть настолько высокая энергия, что исходная поступающая рабочая смесь может прорываться в цилиндре поперек камеры сгорания и выходить наружу через выпускной канал. Это попусту расходует топливо и серьезно влияет на длительность пробега гоночного автомобиля на одной заправке, хотя и не уменьшает мощность.

Широкая кривая мощности необходима для работы двигателя при трогании с места, особенно у автомобиля с автоматической трансмиссией. Так как большинство распредвалов, разработанных для этих применений, практически не имеет нежелательных характеристик (большая продолжительность тактов и перекрытия клапанов), то вы застрахованы от плохого выбора в этой области, в крайнем случае, ошибка будет невелика.



**Когда фазы работы распредвала включают в себя длительные такты, высокий подъем клапанов и длительный период перекрытия клапанов, что является обычным для распредвалов гоночных двигателей, двигатель может работать плохо. Это наблюдается при широко открытой дроссельной заслонке и оборотах ниже 4000 об/мин. Эта нестабильность на низких оборотах может быть уменьшена, когда используются большие рабочие объемы двигателей. Например, как у двигателя CHRYSLER (справа) рабочим объемом  $7210\text{см}^3$  (440 кубических дюймов).**

### *Как выбрать распределительный вал*

Выбор требуемого распредвала следует начинать с принятия двух важных решений:

- определения основного рабочего диапазона мощности двигателя;
- как долго распредвал должен работать.

Важность последнего фактора особенно уместна, когда выбирается распредвал с жесткими или гидравлическими плоскими толкателями, в частности, для применений на популярных "коротких" блоках "Шевроле" и некоторых других высокооборотистых двигателях V8.

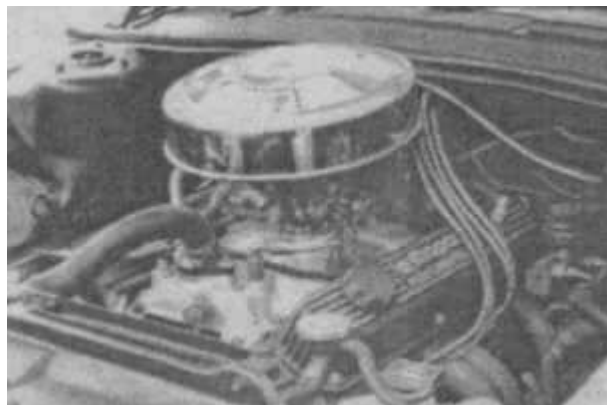
### **Максимальные обороты двигателя и надежность**

Во-первых, давайте проверим, как мы определим рабочий диапазон оборотов, и как выбор распредвала определяется этим выбором. Максимальные обороты двигателя обычно легко выделить, т.к. они непосредственно влияют на надежность, в частности,

когда главные детали "короткого" блока являются обычными. Основные данные, представленные в таблице, были получены из большого числа результатов испытаний на стендах сотен построенных двигателей.

Выделенные жирным шрифтом значения оборотов (левые значения) относятся к длинноходным двигателям, а значения оборотов, напечатанные обычным шрифтом (правые значения) соответствуют оборотам для типичных "коротких" блоков (короткоходные двигатели).

Имейте в виду, что эти рекомендации являются общими. Один двигатель может держаться намного лучше, чем другой в любой категории. То, как часто двигатель разгоняется до максимальных оборотов, является также очень важным. Однако в качестве общего правила нужно руководствоваться следующим: максимальные обороты двигателя должны быть ниже 6500 об/мин, если вы создаете форсированный двигатель для повседневной езды, и требуется его надежная работа. Эти обороты являются обычными для пределов большинства деталей и могут быть получены с помощью клапанных пружин среднего усилия. Поэтому если основной целью является надежность, то максимальные обороты в 6000/6500 об/мин будут практичным пределом.



**Максимальные обороты двигателя должны быть ниже 6000 об/мин если вы изготавливаете форсированный двигатель для повседневной езды и хотите добиться его высокой надежности. Эти обороты обычно находятся в пределах конструктивных возможностей большинства серийных деталей блоки цилиндров. Обороты могут достигаться с использованием клапанных пружин с умеренным усилием.**

#### **Избегайте ловушек типа "чем больше, тем лучше"**

Хотя решение о максимальных требуемых оборотах может быть относительно простым процессом, в принципе основанном на надежности (и, может быть, на стоимости), неопытный конструктор двигателей может считать определение рабочего диапазона оборотов двигателя намного более сложной и опасной задачей. Подъем клапанов, длительность тактов и профиль кулачков распределительного вала будут определять диапазон мощности, и некоторые неопытные механики могут поддаваться соблазну выбрать, самый "большой" из возможных распредвалов в попытках увеличить максимальную мощность двигателя. Однако важно знать, что максимальная мощность необходима только на короткое время, когда двигатель развивает максимальные обороты.

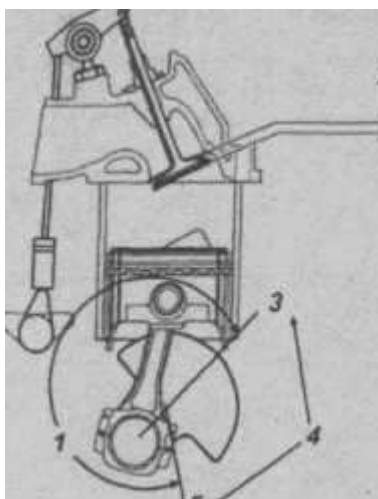
#### **Максимальные обороты двигателя и надежность для большинства двигателей V8**

Максимальное	Предполагаемые условия	Ожидаемый срок службы с
--------------	------------------------	-------------------------

число оборотов двигателя	работы	соответствующими деталями
4500/5000	Обычное движение	Более 160 000 км
5500/6000	"Мягкая" форсировка	Более 160 000 км
6000/6500	Форсировка для повседневной езды	Примерно 120 000- 160 000 км
6200/7000	Форсировка для повседневной езды/"мягкие" гонки	Около 80 000 км
6500/7500	Очень "жесткая" уличная езда или гонки от "мягких" до "жестких"	Менее 80 000 км при уличной езде
7000/8000	Только "жесткие" гонки	Примерно 50 - 100 заездов на четверть км



Если вы не изготавливаете гоночный двигатель, не идите очевидным "кратчайшим" путем к высокой мощности, используя распредвал для гоночного двигателя; вместо этого вы придете кратчайшим путем к плохой работе и низкой надежности, к отвратительной реакции на перемещение дроссельной заслонки и затрудненному разгону с низких оборотов.



1 - продолжительность открывания клапана; 2 - подъем клапана; 3 - клапан закрыт; 4 - фазами газораспределения распредвала; 5 - клапан открыт.

Мощность, требуемая от большинства форсированных двигателей, намного ниже максимальной мощности и числа оборотов; фактически, типичный форсированный



двигатель может "увидеть" полное открывание дроссельной заслонки лишь несколько минут или секунд за целый день работы. Однако, некоторые неопытные двигателестроители игнорируют этот очевидный факт и выбирают распредвал больше по интуиции, чем руководствуясь? Если вы подавите свои желания и сделаете тщательный выбор, основанный на реальных фактах и возможностях, то вы сможете создать двигатель, способный выдавать впечатляющую мощность.

Всегда имейте в виду, что распредвал является в значительной степени компромиссной деталью. После определенного момента все прибавки даются ценой мощности на низких оборотах, потери приемистости, экономичности и т. д. Если вашей целью является увеличение числа лошадиных сил, то сначала произведите модификации, которые добавляют максимальную мощность путем улучшения эффективности впуска, так как эти изменения имеют меньший эффект на мощность при низких оборотах. Например, оптимизируйте потоки в головке блока цилиндров и в выпускной системе, уменьшите сопротивление потоку во впускном коллекторе и в карбюраторе, затем устанавливайте распредвал в дополнение ко всему выше указанному "набору". Если вы используете эти приемы обдуманно, то двигатель будет выдавать более широкую кривую мощности, возможную для ваших вложений времени и средств.

### **Конструкция распредвала и ее влияние на характеристики двигателя**

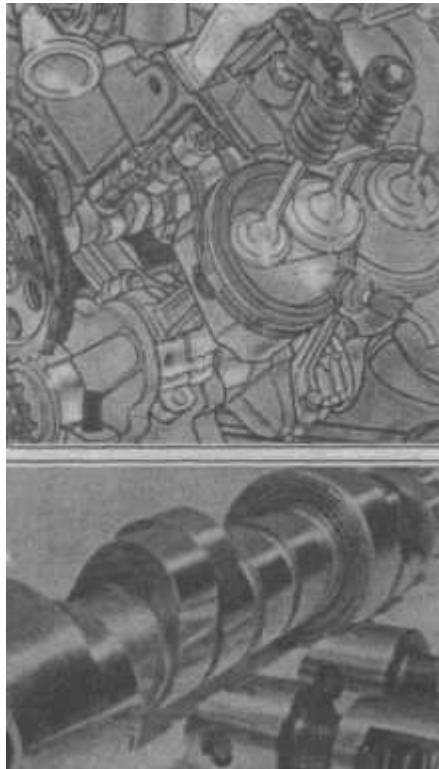
Существует три важных характеристики конструкции распредвала, которые управляют кривой мощности двигателя: величина подъема клапанов, продолжительность открывания клапана и фазы газораспределителя распредвала. Подъем клапана измеряется в миллиметрах и представляет собой максимальное расстояние, на которое клапан отходит от седла. Продолжительность открывания клапанов — это отрезок времени, измеряемый в градусах поворота коленчатого вала. Продолжительность можно измерить несколькими различными путями, но из-за того, что поток минимален при малом подъеме клапана, продолжительность обычно измеряется после того, как клапан поднялся от седла на малую величину, часто составляющую 0,5 или 1,2 мм. К примеру, конкретный распредвал может иметь продолжительность открывания в  $250^\circ$  поворота при подъеме в 1,27 мм. Таким образом, при использовании подъема толкателя в 1,27 мм в качестве точек начала и остановки подъема клапана, распредвал будет удерживать клапан открытым в течение  $250^\circ$  поворота коленчатого вала. Если продолжительность открывания клапана измеряется при нулевом подъеме (когда он находится у седла или только отходит от него), то продолжительность будет составлять  $330^\circ$  или более. В заключение, положения коленчатого вала в моменты, когда определенные клапаны открываются или закрываются, часто называются фазами газораспределения распределительного вала. К примеру, распредвал может открывать впускной клапан при  $30^\circ$  до ВМТ и закрывать его при  $70^\circ$  после НМТ.

Каждый из этих критериев конструкции связан с другими и модификация одного повлияет на то, как другие улучшат или ухудшат работу двигателя. Но, вообще говоря, увеличение подъема клапана и продолжительности его открывания или оптимизация фаз газораспределения увеличивают мощность. После, небольшого увеличения типичных данных стандартного агрегата кривая мощности смещается выше в область оборотов. Когда продолжительность открывания и, в меньшей степени подъем увеличиваются еще больше, двигатель может быть даже неспособен работать на низких оборотах. "Гоночные" распредвалы с большой продолжительностью открывания часто имеют низкооборотный предел "холостого хода" 2000 об/мин или даже выше. Распредвалы с большой продолжительностью открывания можно сделать более "цивилизованными" путем изменения моментов открывания и закрывания клапанов, но компромиссом будет максимальная мощность.

### **Поиск правильной продолжительности открывания клапанов**

Из трех главных критериев конструкции, используемых на распредвале продолжительность открывания клапанов, подъем клапанов и фазы газораспределения, продолжительность открывания наиболее хорошо известна среди конструкторов форсированных двигателей. Такое распространенное понимание происходит из-за непосредственной манеры влияния продолжительности открывания на мощность двигателя. Из общих соображений можно сказать, что чем дольше удерживаются открытыми клапаны (особенно впускной клапан), тем большая максимальная мощность двигателя будет получена. Если продолжительность открывания клапана увеличивается более определенной величины, дополнительная максимальная мощность будет получена ценой качества работы двигателя на низких оборотах. Для гоночных применений максимальная мощность является практически единственной целью, но для "обычных" автомобилей с форсированными двигателями очень важными являются приемистость и крутящий момент на низких оборотах.

**Однако когда продолжительность открывания клапанов увеличится больше определенного значения, вся максимальная мощность будет даваться ценой качества работы двигателя на таких оборотах.**



**Распределительные валы с продолжительностью такта впуска менее 285 в сочетании с величиной подъема клапанов, превышающей 12,7мм, обеспечивают высокие скорости открывания и закрывания клапанов и являются непрактичными для обычных двигателей.**

### **Поиск оптимального поднятия клапана**

Увеличение подъема клапана может быть полезным вкладом в увеличение мощности, т. к. оно может добавить мощность без существенного влияния на характеристики двигателя на низких оборотах. В теории ответ на вопрос может показаться простым: конструкция распредвала с короткой продолжительностью открывания клапанов для

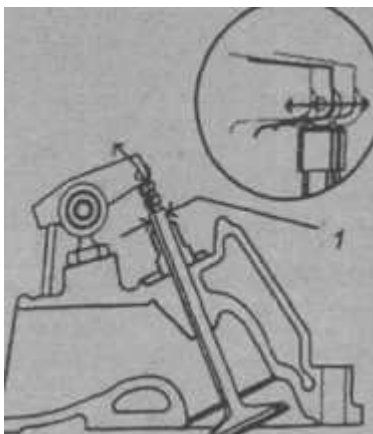
увеличения максимальной мощности. Теоретически это будет работать. Однако, механизмы привода клапанов не такие простые. В этом случае высокие скорости движения клапанов, обуславливаемые этими профилями, существенно уменьшают надежность двигателя.

Когда продолжительность открывания клапана уменьшается, то на перемещение клапана из закрытого положения (у седла) до полного подъема и возвращения обратно остается меньше времени. Когда продолжительность становится еще короче, потребуются клапанные пружины с увеличенным усилием и часто становится механически невозможным приводить в движение клапаны даже при относительно низких оборотах.

Таким образом, что же является практичным и надежным значением максимального подъема клапана? Распредвалы с величиной подъема, большей 12,7 мм, находятся в той области, которая непрактична для обычных двигателей (как минимум для двигателей со штангами в приводе клапанов). Распредвалы с продолжительностью такта впуска менее 285°, сочетающейся с величиной подъема клапана более 12,7 мм, обеспечивают очень высокие скорости открывания и закрывания клапанов. Это создает нагрузки на механизм привода клапанов, что заметно уменьшает надежность кулачков распредвала, клапанных пружин, стержней клапанов, направляющих втулок клапанов. Хотя вал с высокими скоростями подъема клапанов может хорошо работать сначала, срок службы его и направляющих втулок клапанов может не превышать 10 000 миль. К счастью, большинство фирм-производителей распредвалов конструируют валы так, что обеспечивается хороший компромисс между значениями подъема и продолжительности открывания клапанов, при долгом сроке службы и надежности.

### **Надежность при высоких значениях подъема клапанов**

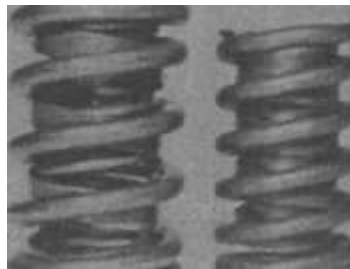
ЕСЛИ вы планируете сделать высокофорсированный двигатель, то вам потребуется величина подъема клапанов, превышающая 12.7 мм. В сочетании с системами впуска и выпуска, разработанными для оптимизации потока при высоком подъеме клапанов, мощность двигателя серьезно улучшится. Если подъем клапанов увеличивается, то потребуются более мощные клапанные пружины, чтобы управлять более быстрым движением клапанов. К сожалению, более высокие усилия пружин усилят износ направляющих втулок клапанов и сократят срок службы распредвала. Если подъем клапана превышает 14,0 мм, необходимы бронзовые направляющие втулки клапанов и для достижения необходимой надежности механизма привода клапанов может потребоваться распредвал с роликовыми толкателями.



**Коромысло клапана действует на конец клапана при высоком подъеме и пытается качать клапан в направляющей втулке. Эта боковая нагрузка действует на направляющие втулки и стержни клапанов и может даже привести к**

**преждевременному износу бронзовых направляющих втулок. Износ может быть уменьшен путем использования коромысел с роликом на конце, которые имеют колесико малого диаметра, которое стремится катиться над стержнем клапана, и уменьшает боковые нагрузки 1 - боковые нагрузки, вызванные коромыслом.**

Когда коромысло (рокер) действует на конец клапана при высоком значении подъема, оно пытается "качать" клапан в его направляющей втулке из стороны в сторону намного сильнее, чем при низком подъеме клапана. Эта боковая нагрузка может даже привести к преждевременному износу бронзовых направляющих втулок. Однако, износ можно существенно уменьшить путем использования коромысел клапанов с роликами на концах. Каждое коромысло такой конструкции имеет колесико малого диаметра, которое стремится крутиться на стержне клапана и уменьшает боковые нагрузки, особенно при высоком подъеме клапана (коромысла и другие детали механизма привода клапанов будут подробно описаны далее). С помощью уменьшения боковых нагрузок и установки бронзовых направляющих втулок можно уменьшить износ в деталях механизма привода клапанов.



**Если вы намериваетесь создать высокофорсированный двигатель, то потребуются значения подъема клапанов, превышающие 12,7мм, а также усиленные клапанные пружины, которые необходимы для управления более быстрым движением клапанов. К сожалению, эти повышенные усилия могут увеличить износ направляющих втулок клапанов и сократить срок службы распредвала. Для таких применений необходимы бронзовые направляющие втулки клапанов.**

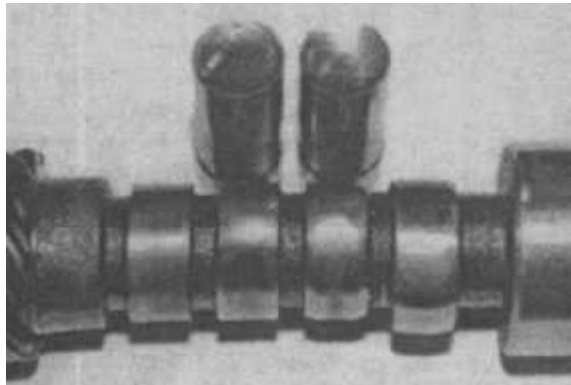
Однако указанные меры мало делают для уменьшения износа самого распредвала. Обнаружено, что многие форсированные двигатели с распредвалами, обеспечивающими продолжительность такта впуска более  $280-285^\circ$ , имеют небольшой срок службы кулачков вала. Эти валы обычно имеют величины подъема клапанов более 14,0 мм и требуют использования более жестких клапанных пружин для предотвращения "плавания клапана". Лучший путь решения этой задачи — использование распредвала с роликовыми толкателями. Вместо толкателя клапана, трущегося об кулачок распредвала, модифицированный толкатель имеет встроенный ролик, подобный по конструкции и работе коромыслу клапана с роликом, что уменьшает трение и поверхностные напряжения. Так как роликовый толкатель работает подобно роликовому подшипнику, он может противостоять большим усилиям пружин, обеспечивая длительный срок службы.

### **После подъема и продолжительности открывания клапанов**

Наиболее подробно обсуждаемые подъем клапанов и продолжительность такта впуска не являются единственными элементами конструкции распредвала, которые влияют на выходную мощность двигателя. Моменты, в которые клапаны открываются и закрываются по отношению к положению распределительного вала, являются такими же важными параметрами для оптимизации характеристик двигателя. Эти фазы газораспределения распредвала указаны в таблице данных, прилагаемой к любому качественному распредвалу. Эта таблица данными числами и графически иллюстрирует угловые положения распредвала, когда впускные и выпускные клапаны открываются и

закрываются. Они определяются точно в градусах поворота коленчатого вала перед (или после) ВМТ или НМТ.

Продолжительность открывания клапанов можно легко рассчитать из данных по фазам газораспределения, имеющихся в таблице. К примеру, для определения продолжительности открывания впускного клапана сложите момент открывания (в градусах перед ВМТ), момент закрывания (в градусах после НМТ) и  $180^\circ$  (продолжительность всего такта впуска). Если распредвал открывает впускной клапан в  $27^\circ$  до ВМТ и закрывает его в  $63^\circ$  после НМТ, то продолжительность открывания клапана будет составлять  $27+63+180=270^\circ$ .



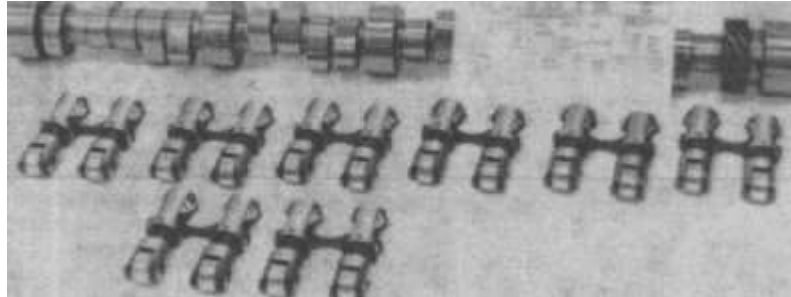
**Многие форсированные двигатели с распредвалами, обеспечивающими продолжительность такта впуска более  $280-285^\circ$ , имеют низкий срок службы кулачков вала. Лучшим способом решения этой проблемы является использование распредвала с роликовыми толкателями. Вместо толкателей используют ролики, подобные по конструкции и принципу работы ролику на коромысле клапана, что уменьшает трение и поверхностные напряжения.**

Теперь давайте глубже погрузимся в соотношения фаз газораспределения распредвала и мощностью. Предположим, что у нас есть два распредвала, валы А и В. Оба вала имеют одинаковую продолжительность открывания клапана в  $270^\circ$  и они оба имеют одинаковую форму впускных и выпускных кулачков. Распредвалы такого типа обычно относят к конструкциям с "одним профилем". Однако распредвалы такого типа А и В не идентичны. Вал А имеет кулачки, расположенные так, что впускной клапан открывается за  $27^\circ$  до ВМТ и закрывается в  $63^\circ$  после НМТ, а выпускной клапан открывается за  $71^\circ$  до НМТ и закрывается в  $19^\circ$  после ВМТ. Для облегчения чтения можно представить эти данные по фазам газораспределения впускных и выпускных клапанов как 27-63-71 - 19. Вал В, однако, имеет фазы газораспределения 23 - 67 - 75 - 15. Вопрос состоит в следующем: если установить эти распредвалы на наш испытываемый двигатель, как они повлияют на мощность? Ответ будет таким: вал А, вероятно обеспечит большую мощность (на блоке цилиндров с рабочим объемом  $5735 \text{ см}^3$ ), но двигатель будет иметь более узкую кривую мощности и худшие характеристики в режимах холостого хода/частичного открывания дроссельной заслонки, чем вал В. Почему? Изменения в работе этих двух распредвалов, очевидно, не связаны с продолжительностью открывания клапанов или величиной их подъема: оба эти параметра остаются одинаковыми. Различия в кривых мощности являются результатом изменений в фазах газораспределения или, что более общее, в углах между центрами кулачков для каждого распредвала.

### **Угол между центрами кулачков и перекрытие клапанов**

УГОЛ между центрами кулачков является угловым смещением между центральной линией кулачка впускного клапана (часто называемого просто впускным кулачком) и

центральной линией кулачка выпускного клапана (называемого выпускным кулачком). Руководствуйтесь для понимания соответствующим рисунком. Угол соответствующего цилиндра обычно измеряется в углах поворота распределительного вала, так как мы обсуждаем смещение кулачков друг относительно друга, которое является одним из нескольких моментов, когда характеристика распредвала указывается в градусах поворота распредвала, а не в градусах поворота коленчатого вала. За исключением двигателей, использующих два распредвала в головке блока цилиндров.

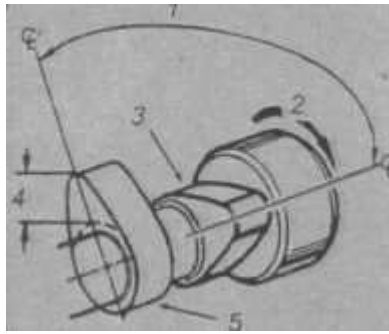


Угол непосредственно влияет на перекрытие клапанов, т. е. на период, когда впускной и выпускной клапаны открыты одновременно. Перекрытие клапанов измеряется в углах поворота коленчатого вала. Когда угол между центрами кулачков уменьшается, то моменты закрывания выпускного клапана и открывания впускного клапана будут перекрываться больше. Следует помнить, что на перекрытие клапанов также влияет изменение продолжительности открывания: когда продолжительность открывания увеличивается, перекрытие клапанов тоже увеличивается, обеспечивая отсутствие изменений угла для компенсации этих увеличений.

Для облегчения понимания этой ситуации вернемся к нашим распредвалам А и В и рассмотрим элементы взаимосвязи. Оба распредвала имеют продолжительность открывания  $270^\circ$ . Форма кулачка для вала А (фазы газораспределения: 27-63-71 -19) обеспечивает угол между центрами кулачков в  $108^\circ$  с перекрытием клапанов в  $46^\circ$ . Вал В (фазы газораспределения: 23 - 67 - 75- 15) имеет угол в  $114^\circ$  и перекрытие клапанов  $38^\circ$  (помните, что когда угол увеличивается, перекрытие уменьшается). Как ранее указывалось, вал А обеспечивает двигателю хорошую мощность на высоких оборотах, но, вероятно, уменьшает эффективность на низких оборотах. Кулачки на валу В, однако, разведены дальше друг от друга, что характеризуется увеличением угла до  $114^\circ$ . Это уменьшает перекрытие клапанов на  $8^\circ$  и позволяет двигателю плавно работать на холостом ходу, выдавать больший вакуум в коллекторе и при холостом ходе, и в движении (большой для устройств, работающих от вакуума). При этом обеспечивается лучшая экономичность и, вероятно, более широкий диапазон мощности. Однако, с другой стороны, увеличение угла (уменьшение перекрытия клапанов) уменьшает эффективность впуска, соответственно и, соответственно, двигатель будет выдавать меньшую максимальную мощность.



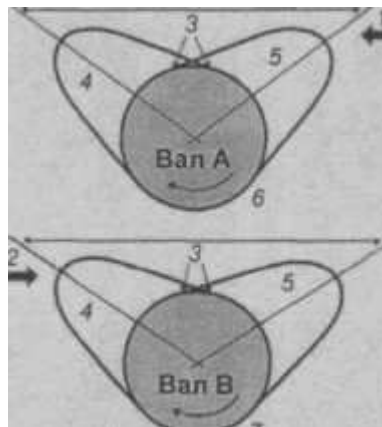
Фазы газораспределения распределительного вала указаны в таблице данных, прилагаемой к любому качественному распредвалу.



Угол между центрами кулачков является угловым смещением (измеряемым в градусах поворота распредвала) между центральными нитями впускного и выпускного кулачков одного цилиндра. Угол является основой, закладываемой в распредвал при его производстве, и может быть изменен только шлифовкой.

- 1 - угол между центрами кулачков;
- 2 - выпускной кулачок; 3-направление вращения распредвала;
- 4 - подъем кулачка;
- 5 - впускной кулачок.

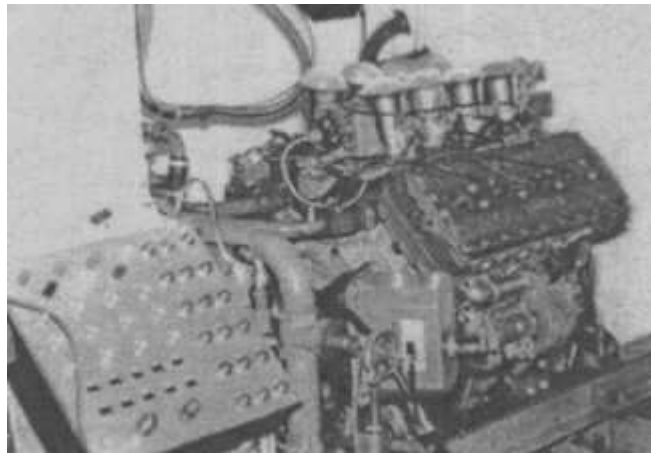
Распределительный вал и привод клапанов



Распределительные валы А и В имеют одинаковую продолжительность открывания клапанов  $170^\circ$ , форму кулачков, и одинаковые значения подъема клапанов, но они не идентичны. Разница состоит в углах между центрами кулачки, которые разные для разных валов. Положения кулачков для вала А образуют угол в  $108^\circ$ , а кулачки на валу В разведены на угол  $114^\circ$  1-угол  $108^\circ$ ; 2 -угол  $114^\circ$ ; 3 - перекрытие клапанов; 4 - впускной кулачок; 6 - распредвал А; 7-распредвал В.

#### Углы между центрами кулачков для максимальной мощности

Для любого данного двигателя и профиля распределительного вала существует угол между центрами кулачков, который обеспечивает максимальную мощность. К сожалению, эти распредвалы с углом для максимальной мощности являются в основном продуктами "радикальной" перешлифовки. Часто они приводят к неустойчивой работе на холостом ходу и генерации минимального вакуума коллектора для любой данной продолжительности открывания клапанов. Из-за таких характеристик эти валы почти всегда используются только на "чисто" гоночных двигателях.



Когда главной целью является максимальная мощность, то типичный распредвал для короткоходного двигателя с цилиндрами большого диаметра, подобного показанному здесь двигателю автомобиля **FORD COSWORTH**, который выдает максимальную мощность при 11000 об/мин, будет иметь угол от 105 до 110°. Для длинноходных двигателей большого рабочего объема оптимальный угол может быть сжат до 95°.

### **Коллекторы и преобразователи крутящего момента и выбор распредвала**

В последней главе этой книги мы обсудим различные выпускные коллекторы. Одна из конструкций включает в себя уникальный антиреверсивный барьер, который ограничивает обратный поток, в то же время, позволяя проходить в прямом направлении большому потоку. Этот антиреверсивный эффект в чем-то противодействует потерям мощности на низких оборотах, которые имеют место при углах между центрами кулачков, обеспечивающих максимальную мощность. Так как обратный поток ограничивается выпускным коллектором, то поток газов в обратном направлении при перекрытии клапанов, который приводит к "разбавлению" топливовоздушной смеси, уменьшается. Это имеет тот же самый эффект, что и физическое уменьшение перекрытия клапанов или увеличение угла между центрами кулачков. Комбинация выпускных коллекторов с антиреверсивным барьером и углов, близких к оптимальным, позволяет двигателю выдавать более широкий диапазон мощности. Можно получить большую мощность на низких оборотах практически без потерь в максимальной мощности (подробнее см. в следующих главах).

В заключение, — если у вас автомобиль с автоматической трансмиссией, то нужно быть консерватором при подборе фаз газораспределения вашего распредвала. Слишком большая продолжительность открытия клапанов будет ограничивать мощность и крутящий момент двигателя на низких оборотах, которые являются необходимыми элементами в обеспечении хорошего разгона и трогания автомобиля с места. Если преобразователь крутящего момента (гидротрансформатор) вашего автомобиля останавливается при 1500 об/мин (типичное значение для многих стандартных трансмиссий), то распредвал, который выдает хороший крутящий момент, хотя и не обязательно максимальную мощность, при 1500 об/мин будет обеспечивать хороший разгон. Вы можете поддасться искушению использовать гидротрансформатор с высокими оборотами остановки и распредвал с большой продолжительностью открывания клапанов в попытках добиться лучшего результата. Однако если вы используете один из этих гидротрансформаторов при обычном движении, то их эффективность на низких оборотах будет очень низкой. Топливная эффективность пострадает довольно сильно. Для автомобиля повседневного использования имеются более эффективные пути для улучшения разгона с низких оборотов.



## Резюме по выбору распределительного вала

Давайте подытожим основные элементы выбора распредвала. Во-первых, для повседневной езды максимальные обороты двигателя должны поддерживаться на уровне, не превышающем 6500 об/мин. Обороты, превышающие этот предел, будут заметно сокращать срок службы двигателя и увеличивать стоимость деталей. Хотя "обычный" двигатель может получать преимущества от как можно большего подъема клапанов, слишком большая величина подъема клапанов будет уменьшать надежность двигателя. Для всех распредвалов с высоким подъемом клапанов бронзовые направляющие втулки клапанов являются необходимым элементом для обеспечения долгого срока службы втулки, но для подъема клапанов в 14,0 мм и больше даже бронзовые направляющие втулки не могут уменьшить износ до уровня, приемлемого для обычных применений.

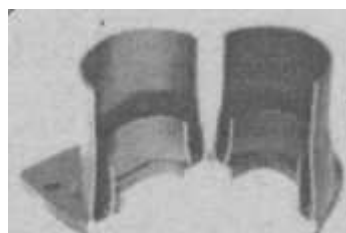
Чем дольше клапаны удерживаются открытыми, особенно впускной клапан, тем большую максимальную мощность будет выдавать двигатель. Однако из-за изменчивой природы фаз Газораспределения распредвала, если продолжительность открывания клапанов или перекрытие клапанов перейдут определенное значение, вся дополнительная максимальная мощность будет получена ценой качества работы на низких оборотах. Распредвалы с длительностью такта впуска до  $270^\circ$ , измеренного при нулевом подъеме клапана, являются "хорошей заменой для стандартных распредвалов. Для высокофорсированных двигателей верхний предел продолжительности такта впуска более  $295^\circ$  является принадлежностью чисто гоночного двигателя.

Перекрытие клапанов вызывает некоторые потери крутящего момента на низких оборотах, однако, эти потери уменьшаются, когда перекрытие тщательно подбирается для конкретного применения — примерно от  $40^\circ$  для распредвалов стандартных двигателей до  $75^\circ$  или более для специальных применений.

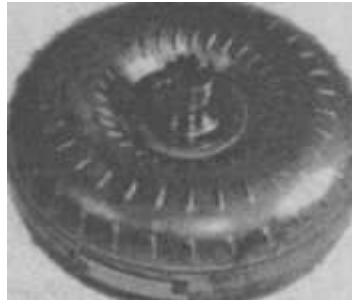
Продолжительность открывания клапанов, перекрытие клапанов, фазы газораспределения и углы между центрами кулачков связаны между собой. Невозможно настраивать каждую из этих характеристик независимо на двигателях с одним распредвалом.

К счастью, большинство специалистов по обработке распредвалов потратили многие годы на создание профилей кулачков для обеспечения мощности и надежности, поэтому они могут предложить распредвал, хорошо подходящий к вашим запросам. Однако, не воспринимайте слепо то, что мастера предлагают вам; теперь вы обладаете необходимой информацией для компетентного обсуждения особенностей распредвалов с их изготовителями.

В конце концов, распредвал является одной из деталей системы впуска. Он должен сочетаться с головкой блока цилиндров, впускным коллектором и выпускной системой. Объем впускного коллектора и размер труб выпускного коллектора должны быть подобраны так, чтобы соответствовать кривой мощности двигателя. В дополнение к этому, скорость потока воздуха в карбюраторе, число камер, тип активации вторичной камеры и т. д. также оказывают заметное влияние на мощность. Многие из этих взаимосвязей будут обсуждены в этой книге. Однако сейчас перейдем к серии деталей, которые соединяют кулачки распредвала со стержнями клапанов: механизму привода клапанов.



Выпускные коллекторы с антиреверсивным барьером противодействуют потерям мощности на низких оборотах, которые имеют место при использовании углов обеспечивающих максимальную мощность и позволяют двигателю выдавать более широкий диапазон мощностей практически без потерь в максимальной мощности.



Вообще говоря, большинство преобразователей крутящего момента (гидротрансформаторов) с высокими оборотами остановки представляют собой очень неэффективный путь для уменьшения потерь мощности на низких оборотах. Хотя некоторые из них лучше других, например этот узел с блокировкой от фирмы SLP ENGINEERING для последних моделей CHEVROLET CAMARO, PONTIAC FIREBIRD и CHEVROLET CORVETTE. Если вы используете методики, описанные в данной книге, то можете улучшить мощность, не делая больших "жертв" в крутящем моменте на низких оборотах.

Вы можете купить приспособление для принудительной остановки или изготовить его самостоятельно.

### Указания по выбору распределительного вала

#### Выбор распредвала для форсированного двигателя

Надежность является очень важной характеристикой форсированного двигателя, подобного показанному здесь двигателю MOPAR рабочим объемом 5572 см<sup>3</sup>. Максимальные обороты двигателя должны поддерживаться на уровне, не превышающем примерно 6500 об/мин, а подъем клапанов не должен превышать 12,7 мм. Распредвалы с продолжительностью такта впуска от 270 до 285° подходят для применений в форсированных двигателях, подобно показанной головке блока. Перекрытие клапанов не должно превышать 40° или же крутящий момент на низких оборотах будет ухудшен.

Всегда обсуждайте ваши требования с производителем распределительных валов и не верьте слепо тому, что вам там предложат; тщательно обсуждайте будущие профили кулачков вала. В заключение, головка, впускной коллектор и выпускная система должны сочетаться с выбранным вами распредвалом.

#### Выбор распредвала для гоночного двигателя

Когда наиболее важным критерием является мощность, а надежность стоит на втором плане, то могут быть использованы высокие обороты двигателя и высокие значения подъема клапанов. Например, на двигателе с блоком цилиндров MOPAR рабочим объемом 5000 см<sup>3</sup> с распредвалом с роликовыми толкателями. Подъем клапанов обычно превышает 14,0 мм для двигателей для трековых гонок, а многие специальные

распредвалы используют величину подъема, превышающую 16,5 мм. Распредвалы с продолжительностью такта впуска от 285 до 295° подходят для использования в среднефорсированных гоночных двигателях (до 7000 об/мин). Тогда как конструкции с продолжительностью более 295° обычно лучше для чисто гоночных применений. В большинстве использований перекрытие клапанов часто превышает 75°. Очень важно, что фазы газораспределения, продолжительность тактов впуска и выпуска, перекрытие клапанов и углы между центрами кулачков связаны между собой и должны тщательно оптимизироваться, что потребует тесной кооперации с фирмами-производителями распредвалов. В заключение, оптимальная мощность любого гоночного двигателя может быть достигнута только тогда, когда объем впускного коллектора, размер труб выпускного коллектора, воздушный поток в карбюраторе и число его камер, степень сжатия, конструкция камеры сгорания, конфигурация канала и многие другие параметры должны быть включены в общую программу усовершенствований и испытаний

### **Настройка распредвала**

Каждая деталь имеет конструктивные допуски, и, когда несколько деталей соединяются вместе, эти допуски могут комбинироваться и образуют заметную ошибку. Некоторая часть мощности может быть потеряна, если собрать двигатель без проверки и если будет изменена настройка распредвала.

Первым шагом является нахождение верхней мертвой точки (ВМТ), так как метки, сделанные на заводе, могут отстоять от нее на несколько градусов. Выкрутите свечу зажигания из первого цилиндра. С помощью накидной головки и воротка медленно проверните коленвал по часовой стрелке до тех пор, пока воздух не начнет выходить из отверстия свечи. В этот момент прекратите проворачивание коленвала.

Приобретите приспособление для принудительной остановки. Вкрутите его в отверстие для свечи зажигания первого цилиндра; это предохранит поршень от прохождения полного пути до верхней части отверстия цилиндра при этой процедуре.

Установите диск с угломером на переднюю часть коленвала и изготовьте указатель из куска проволоки. Медленно проворачивайте коленвал в прежнем направлении (по часовой стрелке, глядя спереди), пока поршень не дойдет до стопора.

Замечание: для проворачивания коленвала воспользуйтесь большой отверткой, вставив ее между зубцами венца маховика, иначе можно повредить диск угломера. Отметьте карандашом на диске, с каким числом совпадает указатель.

Теперь медленно проверните коленвал в противоположном направлении, пока поршень не коснется стопора. Вновь пометьте на диске число градусов, соответствующее указателю. Точное положение ВМТ находится посередине между двумя сделанными вами пометками. Проведите для страховки эту операцию еще раз и проверьте положение заводской метки ВМТ. Если она отличается на 1° или более, то скорректируйте заводские метки.

Теперь после нахождения точного положения ВМТ, можно проверить положение распредвала относительно коленвала. опережение распредвала по отношению к коленвалу улучшит работу на низких оборотах, а запаздывание распредвала улучшит работу на высоких оборотах, но работа на низких оборотах ухудшится. При уменьшении фаз газораспределения распредвала нужно скорректировать момент зажигания, а если сделаны большие изменения, то нужно проверить зазор между поршнями и клапанами.

На табличке с данными, прилагаемой к распредвалу, указываются моменты открывания и закрывания впускных и выпускных клапанов в градусах (при подъеме клапанов в 1,27 мм).

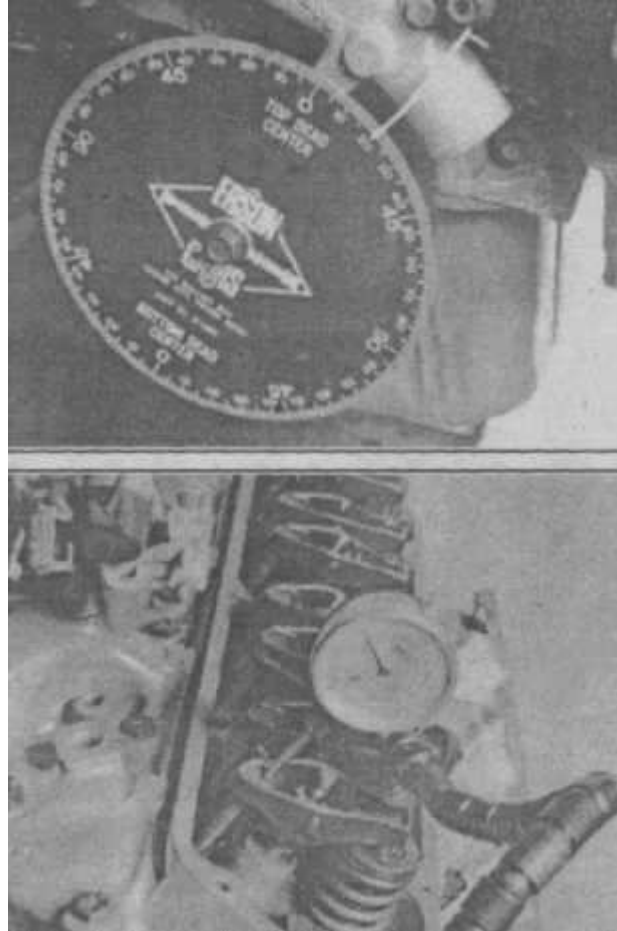
**Замечание.** Здесь приведены промышленные стандарты, если фирмы-производители используют другую величину подъема, то следуйте этим рекомендациям.

Начните проверку, когда двигатель находится в истинном положении ВМТ, а диск угломера установлен на нуль. Установите стрелочный индикатор на штангу впускного клапана первого цилиндра, как показано на рисунке. Вал щупа стрелочного индикатора должен быть точно совмещен с центральной осью штанги. Прижмите щуп индикатора примерно на 2,5 мм, а затем установите шкалу индикатора на нуль.

**Замечание.** Если головки блока не установлены, то установите индикатор так, чтобы он прижимался к толкателю.

Проверните коленвал по часовой стрелке, пока на стрелочном индикаторе не будет перемещение 1,27 мм.

**Установите диск с угломером на переднюю часть коленвала и установите указатель, как показано здесь.**



**Установите стрелочный индикатор соосно со штангой, как показано здесь.**

Отметьте положение указателя относительно угломерного диска. Запишите это значение и продолжайте вращать коленвал, пока толкатель не вернется снова к перемещению в 1,27 мм. Запишите положение угломера.

Повторите описанную операцию на соседнем толкателе (штанге) выпускного клапана и запишите результаты. Сравните данные с указанными на табличке распредвала фазами газораспределения. Если вы хотите быть полностью в курсе дела, то проверьте все цилиндры, так как не всегда распред-вал может быть правильно отработан.

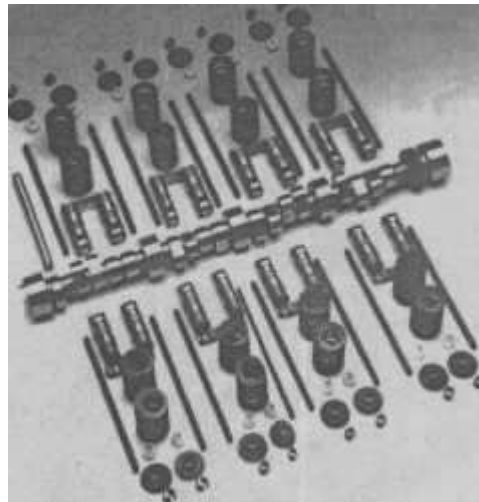
Полученные при измерениях данные могут отличаться на 2-4° поворота коленвала от данных, указанных в прилагаемой к распредвалу табличке. Если это имеет место, то, возможно, есть небольшая ошибка в положении отверстия для штифта на звездочке распредвала. Эти изменения могут быть скорректированы с помощью втулки для

смещения звездочки распредвала. Эти втулки выпускаются фирмами-производителями распредвалов. Руководствуйтесь прилагаемыми инструкциями.

**Замечание.** Некоторые фирмы-производители обеспечивают смещение в 1-2° для компенсации износа цепи привода и газораспределительного механизма.

### ***Механизм привода клапанов***

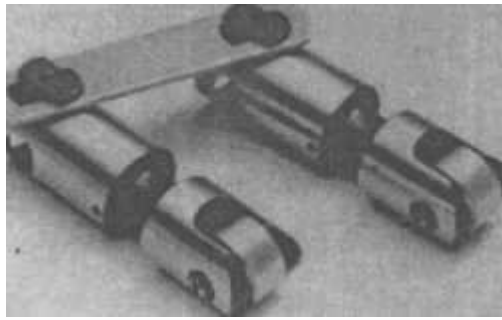
Распределительный вал во время своего вращения действует на клапаны, но не непосредственно. Толкатели, штанги и коромысла передают усилие от кулачков вала, преобразуя его в движение, которое открывает и закрывает клапаны. Детали механизма привода клапанов оказывают значительное влияние на характеристику двигателя, если детали не выполняют свои функции правильно. Следует учесть, что в течение срока службы двигателя во время нескольких миллиардов циклов детали испытывают нагрузки. На них действуют нагрузки, температура и вибрационные напряжения, удивительно, что детали функционируют довольно хорошо. Каждая из деталей привода клапанов имеет собственный перечень инженерных требований. Понимание функций и недостатков деталей поможет добиться максимальной мощности и надежности от любого двигателя.



**Приобретение полного комплекта распредвала обеспечит сочетаемость деталей.**



**Гидравлические толкатели можно определить по зажимам крепления в верхней части (стрелка).**



### **Специальные роликовые толкатели клапанов.**

#### **Подбор деталей механизма привода клапанов**

БОЛЬШИНСТВО фирм-производителей распредвалов выпускают специальные наборы, которые кроме распредвала включают в себя подобранные толкатели клапанов, клапанные пружины, штанги, фиксаторы и даже иногда коромысла. Приобретение всех деталей от одного производителя обеспечит сочетаемость деталей.

#### **Предупреждения**

- На распредвалах с механическими и гидравлическими толкателями не устанавливайте неновые толкатели с новым распредвалом. Неновые роликовые толкатели можно устанавливать с новым распредвалом, рассчитанным на работу с роликовыми толкателями, если толкатели в хорошем состоянии. Однако всегда лучше заменять все детали одновременно.
- Нанесите перед сборкой на все детали сборочную смазку. Следуйте инструкциям фирм-производителей. Дайте распредвалу и толкателям клапанов приработаться друг к другу, а затем регулярно заменяйте масло в двигателе.

#### **Типы толкателей клапанов**

Перед тем, как вы сделаете осознанный выбор распредвала, нужно кое-что знать об основных параметрах конструкции. Распредвалы должны быть предназначены для работы с определенным типом толкателей клапанов и не должны использоваться с другим типом. Существуют три основных типа толкателей клапанов: механические, гидравлические и роликовые. Механические толкатели являются самыми старыми, простыми и дешевыми. Из-за своего небольшого веса механические толкатели позволяют двигателю вращаться намного быстрее перед срабатыванием клапанов. Основными недостатками механических толкателей являются необходимость частой регулировки клапанов и шум от их работы.

Гидравлические толкатели являются наиболее популярным типом, используемым на двигателях V8. У них есть небольшая внутренняя камера, где накапливается моторное масло, и контрольный клапан для предотвращения обратного потока масла. Эти особенности позволяют толкателю автоматически компенсировать разницу в клапанных зазорах. Стандартные гидравлические толкатели относительно недороги и не требуют технического обслуживания, однако, на высоких оборотах они стремятся "прокачиваться" и клапаны застревают. Существуют специальные толкатели, которые расширяют диапазон оборотов достаточно высоко, чтобы удовлетворять потребностям практически любого двигателя. Гидравлические толкатели являются наиболее популярным типом толкателей, используемым на форсированных двигателях, и хорошо работают во всех условиях.

Роликовые толкатели клапанов являются лучшими и наиболее дорогими толкателями. Они увеличивают мощность и улучшают топливную экономичность путем уменьшения трения. Роликовые толкатели имеются и в механическом и в гидравлическом вариантах.

Если позволяют средства, приобретите роликовые толкатели и рассчитанный для работы с ним распредвал. Далее идут гидравлические, а механические — это самые нежелательные для форсированного двигателя.

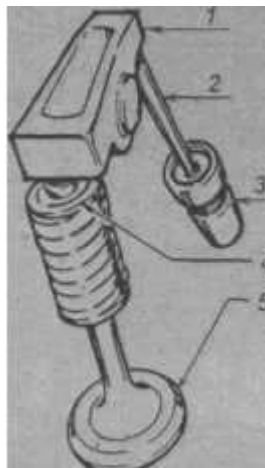
### Пояснение к техническим данным

Каждый двигатель имеет точное число оборотов, на которых он работает лучше всего, что является результатом "настройки" деталей для достижения оптимальной скорости потока топливоздушной смеси.

Основной причиной того, что двигатели не работают с максимальной эффективностью во всем диапазоне мощностей, является то, что воздух имеет массу и, следовательно, инерцию. Когда обороты двигателя возрастают, количество времени для того, чтобы газы поступили в камеру сгорания и вышли из нее, становится меньше. Изготовители распредвалов компенсируют это путем более раннего открывания клапанов и более длительного удерживания их в открытом состоянии. Однако фазы газораспределения, которые хорошо работают на низких оборотах, становятся неэффективными на высоких оборотах.

### Толкатели

Толкатели клапанов непосредственно контактируют с кулачками распределительного вала и преобразуют вращательное движение вала в возвратно-поступательное движение, которое управляет клапанами. Толкатели разделяются на две главные категории: жесткие и гидравлические. Внутри каждой из этих категорий имеются три типа, основанные на конфигурации поверхности контакта кулачка распредвала: обычный плоский толкатель, версия плоского толкателя с широким основанием и роликовый толкатель. Каждый распредвал специально сконструирован для работы только с одним типом толкателей, т. е. с жесткими, роликовыми, гидравлическими и т. д., и они не взаимозаменяемы между собой. Если распредвал был сконструирован для жестких толкателей, то кулачки вала располагаются так, что при использовании жестких толкателей клапаны будут открываться и закрываться в нужный момент времени. Установка гидравлических или роликовых толкателей на вал с профилем кулачков, предназначенных для плоских толкателей, не обеспечит клапанам требуемых фаз газораспределения. Фактически, даже роликовые толкатели не являются одинаковыми: некоторые из них имеют ролики большего размера. Нужно, чтобы распредвал был согласован с толкателями, разработанными для него фирмой-производителем.



**Распредвал не оказывает непосредственного воздействия на клапаны: толкатели, штанги и коромысла переводят движение кулачков распредвала в**

движении, которые открывают и закрывают клапаны. Каждая деталь механизма привода клапанов имеет свой собственный перечень инженерных требований и ограничений. Понимание функций деталей и их слабых сторон поможет вам увеличить мощность двигателя.

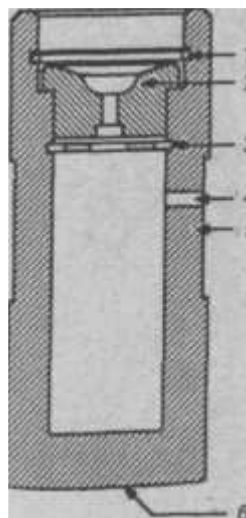
1 - коромысло; 2 - штанга; 3 - толкатель; 4 - крепление; 5- клапан.

### Жесткие толкатели

Жесткий толкатель представляет собой, по сути, цилиндр с плоской поверхностью на одном конце, которая контактирует с кулачком распредвала и "колпачком" выемкой на другом конце, в котором располагается штанга. Так как жесткий толкатель (иногда называемый механическим толкателем) не имеет системы гидравлического выбора зазора, то в механизме привода клапанов требуется наличие рабочего зазора, чтобы иметь возможность для расширения (термического) деталей. Типичный клапанный зазор составляет около 0,5 мм и обычно регулируется с помощью шариковой гайки коромысла клапана или регулировочного винта. Если клапанный зазор недостаточный для компенсации расширения деталей, то клапаны могут быть постоянно приоткрытыми.



Толкатели клапанов непосредственно контактируют с кулачками распределительного вала и преобразуют вращательное движение вала в возвратно-поступательное движение, которое воздействует на клапаны. Толкатели разделяются на две большие категории: гидравлические (слева) и жесткие.



- 1 - кольцо крепления;
- 2 - гнездо для штанги;
- 3 - клапан для дозировки масла;



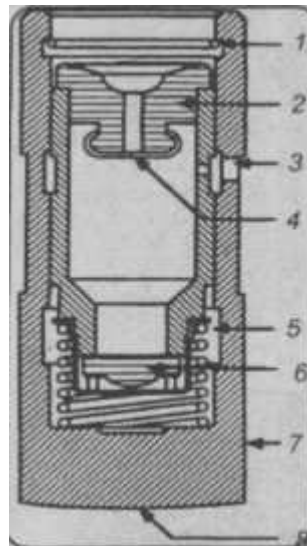
- 4 - капал для подачи масла;
- 5 - корпус толкателя;
- 6 - поверхность толкателя.

Жесткий толкатель состоит из цилиндра с плоской поверхностью на одном конце, которая контактирует с кулачком распредвала и с выемкой для штанги на другом конце. Положение выемки заметно изменяется и многие углы распредвал/толкатели требуют штанг толкателей специальной длины, чтобы конструкции толкателей и вала были согласованы. Показанный толкатель также дозирует масло через полую штангу к механизму привода клапанов.

Это приведет к драматическим потерям мощности и к преждевременному выходу из строя клапанов и/или седел клапанов. Регулировка клапанного зазора является операцией периодического технического обслуживания и должна производиться каждые 16 000 км (10 000 миль), что включает в себя снятие клапанных крышек и регулировки зазора с помощью плоских щупов.

### Гидравлические толкатели

Ручная регулировка зазоров на некоторых двигателях, особенно на последних моделях форсированных двигателей, может быть затруднительной. К счастью имеется неожиданно простая альтернатива: гидравлические толкатели. Гидравлические толкатели автоматически регулируют механизм привода клапанов, поддерживая нулевой зазор плунжера штанги на маленькой камере с моторным маслом под давлением. Камера со сжатым маслом, работающая совместно с точно контролируемым отводом масла, позволяет плунжеру перемещаться вверх и вниз, создавая нагрузку на систему и поддерживая нулевой зазор. Плунжер сразу же компенсирует тепловое расширение и/или износ деталей.



Гидравлические толкатели автоматически регулируют механизм привода клапанов, поддерживая нулевой зазор плунжера штанги на камере изменяемого размера с моторным маслом под давлением. Камера с маслом, работающая совместно с точно управляемой скоростью отвода масла, позволяет плунжеру двигаться вверх и вниз, создавая нагрузку на систему и поддерживая нулевой зазор.

- 1 - кольцо крепления; 2 - гнездо для штанги;
- 3 - канал подачи масла; 4 - дозирующий клапан;
- 5 - регулировочная полость; 6 - контрольный клапан;
- 7 - корпус толкателя; 8 - поверхность толкателя.

Распредвал с гидравлическими толкателями уменьшает все проблемы, связанные с регулировкой клапанных зазоров и обеспечивает тихую (благодаря нулевому зазору) и безотказную работу при условии чистоты моторного масла. Многие из распредвалов, которые вы, вероятно, будете использовать, не требуют никаких более экзотических деталей, чем стандартные гидравлические толкатели. Конечно, при установке нового распредвала должны устанавливаться новые толкатели (для предотвращения ускоренного износа при начальной приработке). При правильном использовании общая стоимость и надежность современных гидравлических устройств делают их очень привлекательными.

### **Работа гидравлики**

Нормальный гидравлический толкатель, имеет плунжер, расположенный на уровне масла в маленькой камере. Каждый гидравлический толкатель позволяет контролируемому количеству масла выходить из камеры. Этот выходящий объем обычно намного меньше объема масла, который может попасть в толкатель из двигателя. Однако если скорость выхода масла увеличивается более определенного значения, то толкатель будет сжат или "опустошен" за тот интервал времени, за который он открывает клапан, преодолевая усилие клапанной пружины. Это эффективно уменьшает подъем клапана и продолжительность открывания клапана и обычно считается достаточной причиной для того, чтобы выбросить изношенные толкатели. Однако, если утечка масла точно контролируется по конструкции, а толкатели используются со специальным распредвалом, то общий эффект состоит в уменьшении "радикальной" природы распредвала при низких оборотах, когда толкатели имеют достаточно времени для уменьшения продолжительности открывания клапанов и их подъема. При более высоких оборотах двигателя, однако, интервал открывания клапана такой короткий по времени, что толкатель не может на заметную величину уменьшить подъем клапана или продолжительность их открывания и на клапаны передаются полные профили кулачков распредвала. Этот тип толкателя называется толкателем с быстрой или умеренной скоростью выхода масла (в зависимости от его расчетной скорости выхода масла) и, как вы можете представить себе, это может дать преимущество при его использовании в форсированных двигателях.

**Если скорость выхода масла увеличивается, то толкатель будет сжиматься или "сливаться" под воздействием клапанной пружины. Следует отметить паз для входа масла на этом толкателе с высокой скоростью выхода масла (стрелка). Это уменьшает подъем клапанов и продолжительность их открывания при низких оборотах двигателя, сглаживая "радикальную" природу распредвала для форсированного двигателя.**

Высокие скорости утечки масла из толкателей предотвращают появление у распредвала характеристик, обеспечивающих полную передачу профиля его кулачков на механизм привода клапанов. В результате такие толкатели часто слишком сильно ограничивают распредвал, предотвращая реализацию его полного потенциала в области высоких оборотов, хотя они обеспечивают заметный рост крутящего момента на низких оборотах. Проще говоря, толкатели с высокой скоростью утечки масла помогают улучшить крутящий момент на низких оборотах, вакуум, приемистость и т. д., но они часто уменьшают мощность на высоких оборотах.

Лучшим подходом к полноценному применению толкателей с увеличенной скоростью вытекания масла является использование только толкателей со средними скоростями вытекания масла, которые будут смещать продолжительность открывания клапанов в большую сторону примерно на 10° при низких оборотах. Другими словами, у вас есть

выбор. Вы можете выбрать распредвал, который имеет большую на  $10^\circ$  продолжительность открывания клапанов, и позволяет толкателям сглаживать его работу на низких оборотах или использовать толкатели с умеренной скоростью вытекания масла с имеющимся распредвалом и получить преимущества в улучшении крутящего момента на низких оборотах. Последний выбор является более разумным, особенно для тяжелых автомобилей и автоматических трансмиссий с гидротрансформаторами со стандартными оборотами блокировки.

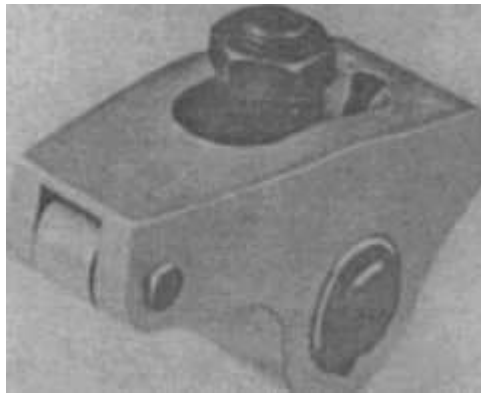
### **Роликовые толкатели**

Третьим типом толкателей, обычно используемых в форсированных двигателях (и во многих стационарных и промышленных агрегатах), являются роликовые толкатели. Эти толкатели имеют ролик вместо плоской поверхности в месте контакта с кулачком распредвала. Так как эти толкатели катятся по кулачку вместо того, чтобы тереться об него, они являются более надежными при высоких нагрузках и на высоких оборотах. Фактически, кроме стоимости, они являются отличным выбором в любом двигателе, который использует усилие на седло примерно более 63 кг.



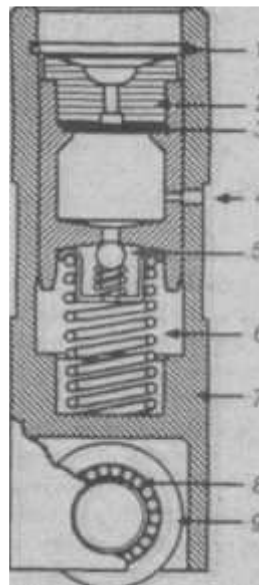
**Толкатель с высокой скоростью утечки масла показан слева, а толкатель с умеренной скоростью утечки масла справа**

Роликовые толкатели позволяют использовать очень высокие значения подъема клапанов и очень высокие скорости открывания. Распредвалы с такими характеристиками обеспечивают мощность, но они определенно не подходят для использования в стандартных двигателях. Существуют профили кулачков, которые имеют быстрые, но нежесткие скорости открывания, которые характеризуют качественные распредвалы для форсированных двигателей. Многие из профилей находятся за пределами плоских толкателей, но те же самые скорости открывания, обеспечиваемые профилем ролика, являются в большей степени преимуществами. Качественный распредвал с роликовыми толкателями для повседневных применений часто обеспечивает увеличение мощности на 20 - 30 л.с. по сравнению с тем же валом с толкателями плоского профиля, однако, плохой новостью будет то, что этот узел будет стоить в 2 - 3 раза больше.



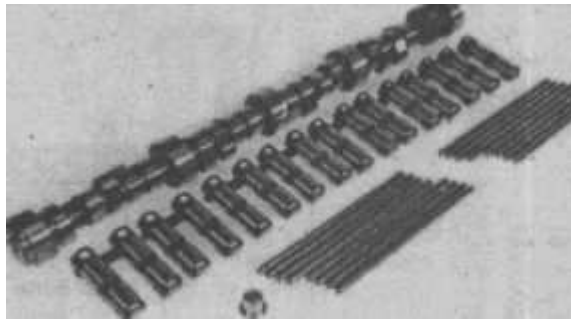
**Роликовые толкатели уменьшают трение, увеличивают мощность и обеспечивают более стабильный клапанный зазор.**

Попытайтесь выбрать распредвал, который использует легкие роликовые толкатели, т. к. это уменьшит требования к усилию пружины и улучшит надежность, но сначала убедитесь, что вы используете роликовые толкатели, которые предназначены для вашего конкретного распредвала. Толкатели используют различные диаметры роликов, разные высоты выемок для штанг и уникальные механизмы против вращения. Толкатели не взаимозаменяемы! Всегда точно следуйте рекомендациям фирм-производителей распредвалов.

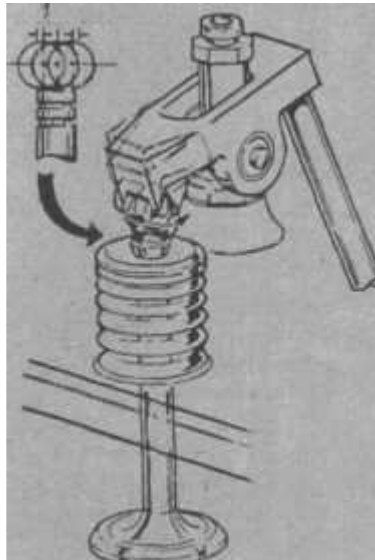


1 - зажим крепления; 2 - выемка для штанги; 3 - дозирующий клапан; 4 - отверстие для подачи масла; 5 - контрольный клапан; 6 -регулировочная полость, с маслом; 7 - корпус толкателя; 8 - роликовые подшипники; 9 - ролик толкателя.

Роликовые толкатели являются более надежными для применения в двигателях с высокими оборотами и с большой нагрузкой, т. к. они катятся по куличку вместо того, чтобы тереться об него. Роликовые толкатели дороги для использования в стандартных двигателях, но в сочетании с профилями обычных распредвалов, которые имеют высокие, но не "жесткие " скорости открывания, их полезно проанализировать, особенно потому, что теперь есть и гидравлические версии.



Качественный узел "обычного" распределительного вала с роликовыми толкателями будет часто выдавать на 20 - 30 л. с. больше чем такой же узел, но с толкателями плоского профиля, но этот узел стоит в 2- 3 раза больше.



Когда клапан открывается, то место контакта коромысла сдвигается по концу клапана. Пока пятно контакта остается на верхней части стержня клапана, не ближе чем примерно в 0,75 мм от края, можно считать геометрию коромысла правильной. Если пятно контакта начинается слишком близко к внутреннему краю, то вероятно, штанга слишком короткая. Если при максимальном подъеме клапана пятно контакта сдвигается слишком близко к наружному краю, то штанга слишком длинная. 1 - не ближе 0,75 мм к краю стержня клапана.

Если вы используете распредвал с роликовыми толкателями, убедитесь в том, что вами приняты меры по предотвращению "шатаний" распредвала вперед - назад в блоке цилиндров. Если этого не сделать, то есть опасность того, что толкатель может наскочить на соседние кулачки вала! Такие проблемы имеются для блоков цилиндров "Шевроле" и конструктор должен установить надежный буфер (или другой механизм крепления) внутри клапанной крышки, чтобы удержать распредвал на месте.

### Геометрия штанг и коромысел

Штанга соединяет толкатель с коромыслом, и если подобраны правильные детали механизма привода клапанов, и они правильно собраны, то штанга стандартного типа будет очень надежной. Только при создании гоночного двигателя, работающего с оборотами 7000 об/мин или выше, необходимо использовать упрочненные штанги. Штанги предназначены для переноса усилия только в одном направлении. Они не служат

долго, когда подвергаются боковым нагрузкам. Для обеспечения надежности проверьте, что они равные, длина их правильная для оптимальной геометрии коромысел и что они не встречают помех при своем движении. Проверка на ровность состоит в простом катании штанг по плоской поверхности для выявления неровностей; затем проведите заключительную проверку на двух V-образных блоках (подставках) с помощью стрелочного индикатора. Если обнаружена какая-либо деформация, не пытайтесь выправить штангу; погнутая штанга, вероятно, уже не будет такой прочной, как новая. Единственным исключением будет изгиб штанги не более чем на 0,25 мм. В таких случаях тщательное выправление может не оказать плохого влияния.

Обычной проблемой механизма привода клапанов, связанной с неправильной длиной штанги, является неправильная геометрия между рычагом коромысла и концом стержня клапана. Коромысло начинает контактировать с концом клапана рядом с внутренним краем (ближайшим к шарниру коромысла) и когда клапан открывается, линия контакта расширяется через центр конца клапана по направлению к наружному краю. Пока пятно контакта остается на верхушке стержня клапана, не ближе, чем в 0,75 мм от края, то можно сказать, что геометрия коромысла будет правильной. Однако если это пятно контакта движется правильно к краю или от него, нагрузки на механизм привода клапанов существенно увеличиваются. Стержень клапана будет прижиматься сбоку в направляющей втулке, приводя к износу втулки, а конец клапана начнет "обрабатывать" площадь контакта на коромысле. Усилие, действующее на детали, будет передаваться через штанги, часто приводя к их изгибу.

Необходимо проверять геометрию коромысел при каждой замене деталей механизма привода клапанов (распредвала, толкателей, клапанов, коромысел и т. д.) или если перешлифовываются сопрягаемые плоскости головки блока и блока цилиндров (это передвинет головку ближе к распредвалу). Легче всего сделать эту проверку перед сборкой двигателя, но можно также проверить и полностью собранный двигатель. Когда предварительно установлен коленчатый вал и механизм привода клапанов хотя бы одного цилиндра (если возможно, с проверяемыми пружинами), поверните коленчатый вал и наблюдайте за пятном контакта на коромысле впускного клапана. Если геометрия правильная, то пятно контакта не должно достигать внутреннего края на конце клапана при нулевом подъеме клапана и должно быть очень близко к центру конца клапана, когда клапан открывается примерно на половину своего максимального подъема. Если пятно контакта слишком близко к внутреннему краю конца клапана, то штанга, вероятно, слишком короткая. Продолжайте вращать коленчатый вал, пока клапан не поднимается на максимальную величину, чтобы проверить, что пятно контакта не достигло наружного края на конце клапана.

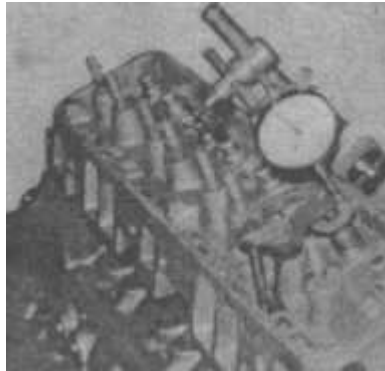
Выполните такую же операцию на коромысле выпускного клапана. Если пятно контакта сдвигается слишком близко к наружному краю или от конца стержня клапана при максимальном подъеме клапана, то штанга слишком длинная.

Когда многие производители распределительных валов изготавливают распредвал с высокими значениями подъема клапанов, они начинают со стандартного вала. Чтобы добиться большего подъема клапанов, основная окружность распредвала делается меньше (базовая окружность — это участок кулачка, по которому движется основание толкателя, когда на него не давит кулачок). Это опускает толкатель и сторону коромысла, на которой находится штанга, иногда достаточно того, чтобы создать проблемы с геометрией. К счастью, большинство распредвалов для форсированных двигателей открывает клапаны на 12,7 мм или больше и не требуется значительно уменьшить диаметр базовой (основной) окружности. Однако когда устанавливается нестандартный распредвал, то всегда следует проверить геометрию коромысел.

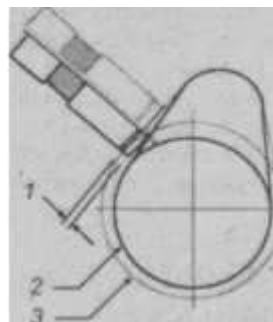
Если сопрягаемые плоскость блока цилиндров и/или головки блока перешлифовывались, то геометрию коромысел следует проверить еще раз перед окончательной сборкой двигателя. Более чем вероятно, штанги нужно будет укоротить на

некоторую величину для компенсации изменений в геометрии. Однако, если с блока или с головки (головок) будет убран лишь очень тонкий слой (иногда это делается для очистки), то изменения в геометрии будут малые и могут, если вам повезет, сместить уменьшенную базовую окружность на кулачке.

Нарушения геометрии не являются единственной причиной, из-за которой могут быть изогнуты штанги. На некоторых двигателях, в частности, на блоках цилиндров "Шевроле" используются направляющие штанги для предотвращения поворота коромысел. Эти направляющие пазы в головке блока цилиндров или же пластины направляющих, укрепленные болтами на головке, иногда бывают неодинаковыми по длине, когда используются с распредвалами, обеспечивающими высокий подъем клапанов. В таких ситуациях штанга будет ударяться в конец паза, что приводит к ее изгибу. Если на это не обратить внимания при сборке двигателя, то вы узнаете об этом довольно скоро, т. к. штанги могут даже выскочить из своих гнезд и клапаны перестанут открываться.



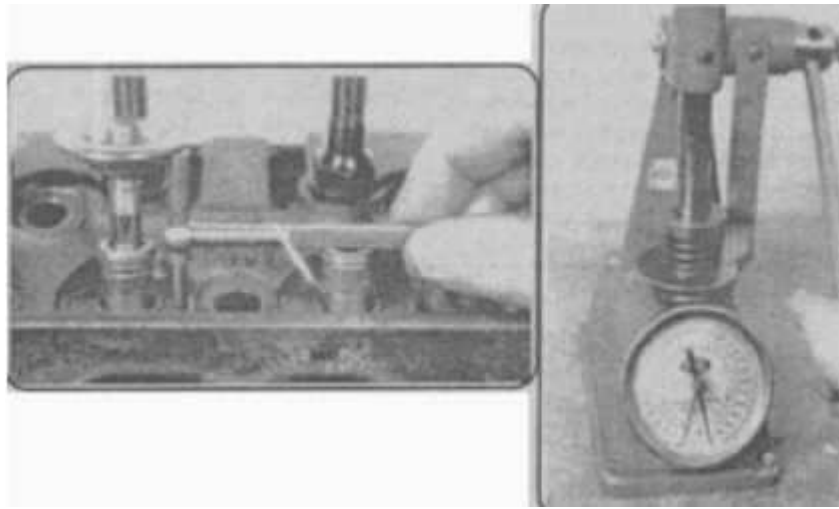
Когда предварительно собраны коленчатый вал и механизм привода клапанов хотя бы на одном цилиндре (с проверяемыми пружинами клапанов), поверните коленчатый вал и наблюдайте за пятном контакта на коромысле впускного клапана, Если геометрии правильная, то пятно контакта не должно достигать внутреннего края клапана при нулевом подъеме клапана и должно быть очень близко к центру конца клапана, когда клапан открывается примерно на половину своего максимального подъема.



Чтобы получить больший подъем, базовая окружность кулачка распредвала должна быть уменьшена. Это опустит толкатель и сторону коромысла, обращенную к штанге, иногда достаточно для образования проблем с геометрией, не устанавливая более длинные штанги. 1 - изменение в подъеме; 2 - новая базовая окружность; 3 - старая базовая окружность.



Некоторые двигатели, подобно показанному здесь двигателю **FORD** используют направляющие пластины или пазы для предотвращения поворота коромысел. Направляющие иногда бывают неодинаковыми по длине, и штанга может касаться конца паза. Если на это не обратить внимания при сборке двигателя, то вы узнаете об этом довольно скоро, т. к. штанги изогнутся и могут даже выскочить из своих головок.



Все клапанные пружины должны иметь нужный зазор между витками, включая внутренние пружины и демпферы из плоской проволоки. Удобно использовать стенд для проверки клапанных пружин, который позволяет сжимать пружину для измерения ее установочной высоты. Убедитесь, что крепления пружины и все промежуточные детали в гнезде находятся на своих местах, когда пружина сжимается на стенде.

Подобный драматический конец может наступить и в том случае, если распредвал имеет величину подъема, достаточную для того, чтобы витки клапанных пружин сомкнулись и прижались друг к другу. Если воздействовать на сжатые пружины, то весь дополнительный подъем будет поглощен путем изгиба различных деталей, составляющих механизм привода клапанов. Вероятнее всего, этой деталью будет штанга. Хотя сжатие пружин также жестко действует на коромысла, шпильки, крепления клапанных пружин и сухари клапанов, не говоря о распредвале и толкателях. Никогда не заводите двигатель, не будучи абсолютно уверенным в том, что все клапанные пружины имеют одинаковый зазор между витками, включая внутренние пружины и демпферы из плоской проволоки. Помните о том, что если вы устанавливаете шайбы клапанных пружин, то вы уменьшаете подъем клапанов, а пружина будет амортизировать, пока витки не сомкнутся.

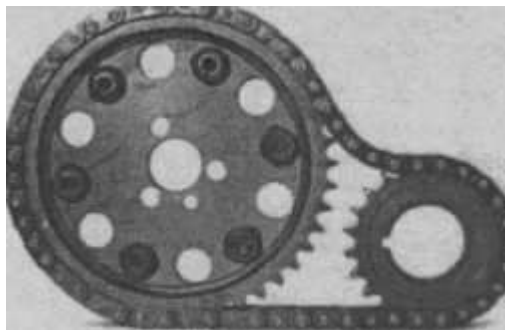
### Роликовые коромысла

На первый взгляд может показаться, что использование коромысел гоночного типа с роликами на концах на обычном форсированном двигателе для повседневного



использования является лишней мерой. Однако если роликовые коромысла используются в вашем двигателе, то они дают несколько неочевидных на первый взгляд преимуществ.

Из-за того, что рабочий конец роликового коромысла катится по концу стержня клапана, боковые нагрузки на стержень клапана серьезно уменьшаются, что продлевает срок службы стержня и направляющей втулки клапана. Так высокие значения подъема клапана могут сильно увеличить боковые нагрузки и износ. Это происходит при использовании коромысел из штампованной стали, установленных на шпильках. Поэтому роликовые коромысла часто делают такие значения подъема (порядка 0,7 мм) более практичными для двигателей повседневного применения.



**Устройство, которое называется "регулируемым" механизмом привода клапанов. Основной деталью этого устройства является цепной привод распредвала фирмы АРТ с легко регулируемой верхней звездочкой.**

### **Передаточное число коромысла**

Возможно, преимуществом роликовых и других специальных коромысел, на которые не обращают внимания, является наличие на некоторых моделях передаточных чисел коромысел, больших, чем у стандартных деталей. Передаточное число коромысла — это соотношение между расстоянием, которое проходит клапан и расстоянием, которое проходит штанга. На большинстве обычных двигателей со штангами точка поворота коромысла смещена по направлению к концу, на котором находится штанга, т. е. общее передаточное число составляет от 1,4 до 1,7. К примеру, если передаточное число составляет 1,5, то перемещение распредвала (движение штанги) увеличивается с помощью коромысла так, что величина подъема (перемещения) клапана будет в 1,5 раза больше. Математически передаточное число коромысла определяется путем деления расстояния от центральной линии точки поворота коромысла до центральной линии выемки для штанги на расстояние между центральной линией точки поворота и центром ролика на конце коромысла (т. е. соотношением плеч рычага).

Многие двигатели изначально оснащены коромыслами с передаточным числом 1,5:1 (хотя многие стандартные коромысла не достигают этого числа). Чтобы определить расчетное значение подъема клапана, умножьте расстояние, которое проходят вверх толкатель и штанга под действием кулачка распредвала, на передаточное число. Если кулачок поднимает толкатель на 7,5 мм, то величина подъема клапана будет 11,25 мм ( $7,5 \text{ мм} \times 1,5 = 11,25 \text{ мм}$ ). Однако для определения истинного подъема клапана нужно воспользоваться стрелочным индикатором часового типа, установленном на креплении клапанной пружины, чтобы плунжер (щуп) индикатора был параллелен стержню клапана. Когда клапан закрыт, установите индикатор на нуль. Когда клапан достигает максимального подъема, определите значение, показываемое стрелочным индикатором. Это измеренное значение будет складываться из истинного передаточного числа плюс разные "изгибы" в клапанном механизме.

Если передаточное число коромысла увеличивается, то подъем клапана также увеличится. Рассмотрим предыдущий пример с 1,5. Если мы заменим эти коромысла коромыслами с передаточным числом 1:1,6 без других изменений, то подъем клапана увеличится до 12,0 мм ( $7,5 \text{ мм} \times 1,6 = 12 \text{ мм}$ ), т. е. увеличится на 0,75 мм. Такой прием является хорошим средством увеличения хода клапана, не изменяя распредвал и продолжительность открывания клапанов. Помните, что увеличение подъема клапанов часто увеличивает крутящий момент на низких оборотах и максимальную мощность, особенно если изначальный подъем клапанов составлял менее 12,7 мм.

Однако, как практически во всех механических системах, имеются практические ограничения значений, до которых можно увеличивать передаточное число коромысла. Когда оно увеличивается то нагрузка на коромысла, валы коромысел или их шпильки, стержни клапанов и на клапанные пружины также увеличивается. Но увеличение передаточного числа на 0,1 (например, от 1,5 до 1,6) обычно не сопровождается какими-либо побочными эффектами. А в некоторых случаях, особенно при использовании специальных шпилек (опор) коромысел и тщательной регулировке механизма, передаточные числа, такие высокие как 1,7 могут быть успешно использованы в форсированных двигателях повседневного применения. Но будьте готовы к тому, что эти коромысла со специальным передаточным числом будут недешевыми.

Установка коромысел с передаточным числом 1,6 может (в зависимости от распредвала) слегка расширить кривую мощности и добавить более 18 л.с. двигателю мощностью 300 л.с. В большинстве случаев эта дополнительная мощность получена исключительно благодаря увеличению подъема впускных клапанов. Установка коромысел с передаточным числом 1,6 на выпускные клапаны не приводит к дальнейшему росту мощности.