



ГЛАВА 32 РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ВАЛЫ И ПРИВОДЫ КЛАПАНОВ

Изучение материалов главы 32 позволяет подготовиться к Студенческим сертификационным испытаниям в Технической области «ER = Engine Repair = Ремонт двигателя», в предметных областях (Профессиональной компетенции) «B» (Выполнение диагностики и ремонта головки цилиндра и привода клапанного механизма); в частности: решать следующие профессиональные задачи:



ER-B-8. Осматривает штанги толкателей, коромысла, втулки коромысел и оси на износ, изгиб, трещины, и ослабление крепления; проверяет на проходимость масляные каналы (отверстия); определяет перечень необходимых действий, и выполняет необходимые корректирующие действия.



ER-B-9. Осматривает состояние толкателей клапанов и гидравлических компенсаторов; выполняет необходимые действия по устранению выявленных неисправностей.



ER-B-10. Регулирует тепловые зазоры в приводах клапанов (с механическим или гидравлическим приводом).



ER-B-11. Осматривает и заменяет распределительный вал и приводной ремень/цепь; производит проверку на износ зубчатых шестерен/звездочек, свободный ход и осевой люфт шестерен/звездочек, износ звездочек и цепей, ведущего зубчатого шкива распределительного вала/валов, приводного ремня/ремней, механизмов натяжения ремня, направляющих элементов и успокоителей; проверяет работоспособность компонентов механизма изменения фаз газораспределения; проверяет состояние импульсного кольца (задающего диска, где применимо); определяет перечень необходимых действий, и производит необходимые корректирующие действия.



ER-B-12. Осматривает распределительный вал и измеряет вал на биение; определяет износ шеек вала, износ кулачков распределительного вала; определяет перечень необходимых действий, и выполняет необходимые корректирующие действия.



ER-B-13. Проверяет состояние несущих поверх-

ностей распределительного вала на износ и повреждения; производить выверку (визирование) опорных поверхностей распределительного вала/валов; определяет перечень необходимых действий, и выполняет необходимые корректирующие действия.



По завершении изучения и повторения пройденного материала читатель должен быть готовым:

- Описать, как функционирует распределительный вал и приводы клапанов
- Обсудить причины шума в работе привода клапанов
- Объяснить, как работает гидравлический компенсатор в приводе клапанов
- Описать назначение и принцип действия механизма изменения фаз газораспределения
- Описать принцип работы систем ступенчатого и вариативного управления ходом клапана.

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ ВАЛ

НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Основной функцией распределительного вала является открытие клапанов.

Распределительный вал представляет собой эксцентриковый вал, кулачки (эксцентрики) которого открывают клапаны, преодолевая силу сжатия клапанной пружины. Клапанная пружина закрывает клапан, когда кулачок вращающегося распределительного вала прекращает силовое воздействие на привод клапана. Кулачки (эксцентрики) распределительного вала преобразуют вращательное движение распределительного вала в поступательное движение клапана. Форма кулачков, или их конфигурация, является основным фактором, определяющим эксплуатационные характеристики двигателя.

ПАРЕДАЧА ДВИЖЕНИЙ

Распределительный вал может приводиться в движение:

- Шестеренчатой передачей
- Цепной передачей
- Зубчатым ремнем.

Зубчатая шестерня или звездочка распределительного вала имеет вдвое большее количество зубьев, по срав-

нению с ведущей шестерней/звездочкой коленчатого вала. Это позволяет получить один полный оборот распределительного вала за два полных оборота коленчатого вала. Следовательно, у 4-тактных автомобильных и мотоциклетных двигателей распределительный вал вращается со скоростью, в два раза меньшей скорости вращения коленчатого вала.

Форма кулачка распределительного вала оказывает наибольшее влияние на эксплуатационные характеристики двигателя, чем любая другая часть двигателя. Идентичные во всех отношениях двигатели, кроме формы кулачков распределительного вала, могут иметь совершенно различные эксплуатационные характеристики и производительность.

Смотри рисунок 32-1.



Рисунок 32-1: Этот высокопроизводительный распределительный вал имеет кулачок, который быстро открывает клапан и держит его открытым длительное время; источник: *Pearson Education, Inc.*

Кроме того, распределительный вал также воздействует на следующие компоненты:

- Механический привод топливного насоса (в карбюраторных двигателях, и двигателях с непосредственным впрыском топлива)
- Масляный насос
- Распределитель системы зажигания (если применяется).

Смотри рисунок 32-2.

РАСПОЛОЖЕНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА

Существуют две основные схемы расположения распределительного вала в двигателе.

В блоке цилиндров двигателя.

Эта схема названа «*Cam-in-block design*» = Конструкцией с распределительным валом в блоке. Распределительный вал устанавливается в тоннель с опорными подшипниками, выполненный в блоке цилиндров,

и приводится во вращение посредством шестеренчатой или цепной зубчатой передачи. Двигатели с кулачковым валом, расположенным в блоке цилиндров, называются «*Puschron*» = «штанговыми двигателями», или «*Overhead valve = OHV*» = «двигателем с верхним расположением клапанов».

Смотри рисунок 32-3.

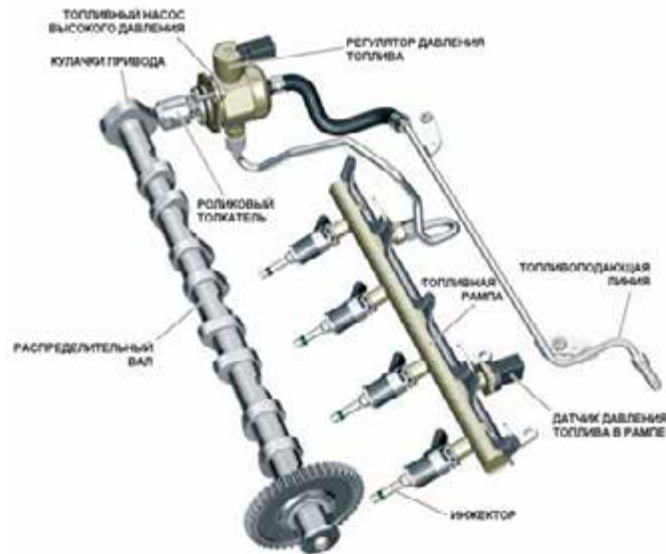


Рисунок 32-2: В двигателях с непосредственным впрыском топлива, в частности *TSFI*, привод топливного насоса высокого давления осуществляется от 4-кулачкового эксцентрика распределительного вала; источник: *SSP VW*



Рисунок 32-3: У типового двигателя с расположением распределительного вала в блоке цилиндров распределительный вал вращается в подшипниках, установленных в тоннеле блока цилиндров; источник: *Pearson Education, Inc.*

В головке цилиндров.

Двигатели с верхним расположением распределительного вала имеют один или два распределительных вала, расположенных в головке цилиндров, и

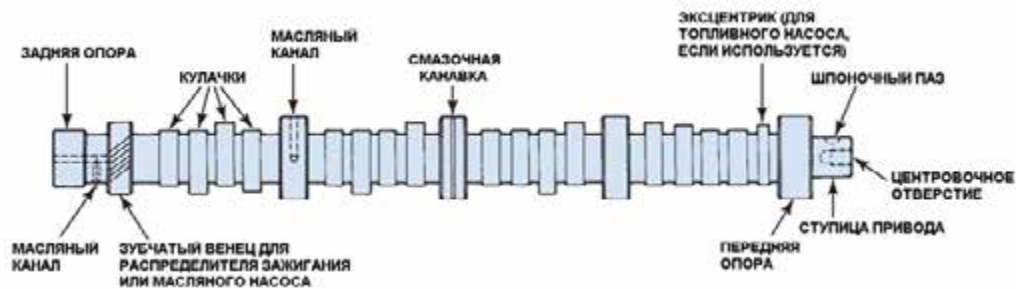


Рисунок 32-4: Отдельные конструктивные части распределительного вала, и их наименование; источник: *Pearson Education, Inc.*

приводятся в движение посредством цепи или зубчатой ременной передачи. Такая схема расположения распределительного вала названа «*Overhead camshaft (OHC)*» = «конструкцией с верхним расположением распределительного вала».

Если в головке цилиндров двигателя один распределительный вал приводит в действие клапаны, расположенные по обе стороны распределительного вала, то подобная схема классифицируется, как «*Single overhead camshaft (SOHC)*» = «двигатель с единым верхним распределительным валом».

Если в конструкции двигателя используется два верхних распределительных вала на блок цилиндров, этот тип двигателя называется «*Dual overhead camshaft (DOHC)*» = «двойной верхний распределительный вал».

КОНСТРУКЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА

МАТЕРИАЛИ И СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Многие производители двигателей изготавливают распределительный вал из цельной отливки из отбеленного чугуна, которая включает:

- Кулачки
- Опоры подшипников
- Проводные элементы аксессуаров.

Смотри рисунок 32-4.

Отдельные виды распределительных валов изготавливаются из следующих материалов:

- Кованый, стальной распределительный вал (применяется на дизельных двигателях)
- Стальной распределительный вал, выточенный на токарном станке из цельного куска стали.
- Композитные распределительные валы, в которых используют легкий полый вал с кулачками из закаленной стали, установленные прессовой посадкой на вал.

(Реальное производство композитных распределительных валов предполагает очень точное расположение кулачков относительно полого вала. Стальной шарик протягивают через полый распределительный вал, который, расширяясь, надежно фиксирует кулачки относительно полого вала.)

Смотри рисунок 32-5.



Рисунок 32-5: Композитный распределительный вал с одной стороны – легкий, с другой стороны – достаточно податливый, поскольку усилия, прилагаемые к кулачкам при открытии клапанов, достаточно велики; источник: *Pearson Education, Inc.*

ОПОРНЫЕ ЦАПФЫ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

В двигателях с расположением распределительного вала в блоке, отверстия под опорные цапфы распределительного вала должны иметь больший диаметр, чем высота кулачка, чтобы иметь возможность установки распределительного вала через подшипники, установленные в тоннеле распределительного вала.

В двигателях с верхним расположением распределительного вала могут встречаться варианты с разрезными подшипниками распределительного вала, кре-

пление которого производится посредством крышек опор распределительного вала. В этом случае распределительный вал может иметь большие кулачки и малые диаметры опорных шеек.

Если на двигателе применяется тоннельная схема установки распределительного вала, диаметр подшипников и опорных шеек уменьшается от передней шейки к задней шейке распределительного вала. Тем не менее, ряд двигателей используют один и тот же размер опорных шеек и подшипников распределительного вала.

ЖЕСТКОСТЬ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА

Распределительные валы старых конструкций имели плоские или выпуклые формы толкателей, выполненных из закаленного легированного чугуна. Это делает их устойчивыми к износу и обеспечивает необходимую прочность. Слишком высокая твердость материала распределительного вала или толкателя чревата сколами при пограничных нагрузках или при неосторожном обращении. Чугунные распределительные валы имеют практически одинаковую твердость по всему объему.

Перешлифованный вал должен быть подвергнут фосфатированию рабочих поверхностей.

Стальные распределительные валы изготавливаются обычно из конструкционной легированной стали 40ХФА или 38ХМА (стали марок *SAE 4160* и *SAE 4180*) и, как правило, проходят высокочастотную закалку. Индукционная закалка заключается в нагреве распределительного вала в высокочастотном поле (за счет возбуждения в металле индукционных токов) до вишневого цвета. Затем разогретый распределительный вал погружают в масляную ванну. Быстрое охлаждение вызывает поверхностную закалку изделия. Упрочнение распределительных валов может также осуществляться с использованием следующих технологий:

- Азотирование в жидкой среде — поверхность упрочняется на глубину от 0,001 дюйма до 0,0015 дюйма.
- Азотирование в газовой среде — поверхность упрочняется на глубину от 0,004 дюйма до 0,006 дюйма.

Типичные значения твердости для распределительных валов находятся в диапазоне от 42 до 60 по шкале «С» Роквелла.



РЕМАРКА:

- 4 Твердость по Роквеллу — это показатель твердости, измеренный по определенной методике. Шкала «С» — шкала значений твердости, используемая при данном

измерении. Чем выше число твердости по Роквеллу, тем тверже поверхность.

Обозначение *Rc60* означает твердость по Роквеллу, равную 60 единиц по шкале «С».

Если поверхностный слой изнашивается, вершины кулачков быстро стираются и форма кулачков распределительного вала быстро приобретает цилиндрическую форму. Пример такого износа показан на рисунке 32-6.



Рисунок 32-6: Изношенный распределительный вал с двумя кулачками, изношенными до такой степени, что стали практически круглыми; источник: *Pearson Education, Inc.*

СМАЗКА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА

Некоторые двигатели перемещают смазочное масло из главного масляного канала, ведущего масло к коленчатому валу, к подшипникам цапф распределительного вала или по каналам на наружных сторонах подшипников распределительного вала. В этом случае зазор в подшипниках распределительного вала играет существенную роль в работе всей системы смазки двигателя. Если зазор слишком большой, масло будет вытекать из подшипников распределительного вала, и подшипники коленчатого вала не будут получать достаточного количества масла.

В некоторых двигателях с верхним расположением распределительных валов в подшипниках цапф просверлены отверстия, через которые смазочное масло малыми порциями поступает к коромыслам (рокерам) приводов клапанов. В этом случае порции масла поступают на коромысла всякий раз, когда отверстия масляных каналов, используемых для смазки подшипников, и отверстия выходных каналов, направляющих масло к коромыслам, выстраиваются в ряд.

ЭКСЦЕНТРИКИ ТОПЛИВНОГО НАСОСА

В старых, в основном карбюраторных двигателях, механический топливоподкачивающий насос приводил-

ся в действие посредством эксцентрика, выполненного на распределительном валу. Смотри рисунок 32-7.

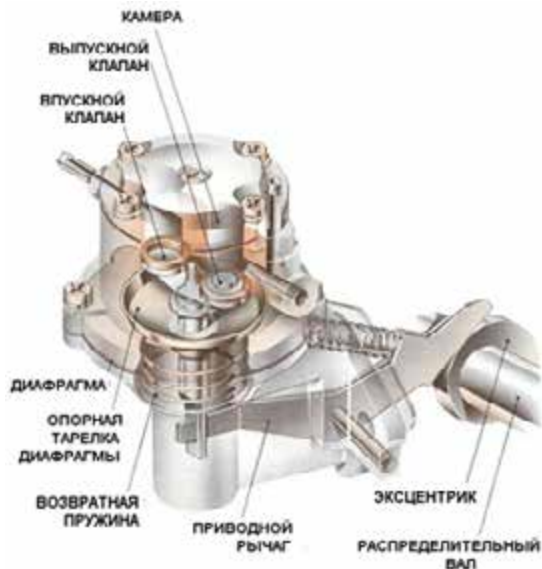


Рисунок 32-7: Приводной рычаг механического топливного насоса опирается на эксцентрик распределительного вала; источник: *howcarwork.ru*

Большая часть двигателей с распределенным впрыском топлива для подачи топлива в систему питания двигателя использует электрический топливный насос. В двигателях с непосредственным впрыском топлива топливный насос высокого давления приводится в действие эксцентриком, выполненным на распределительном валу. Смотри рисунок 32-8.

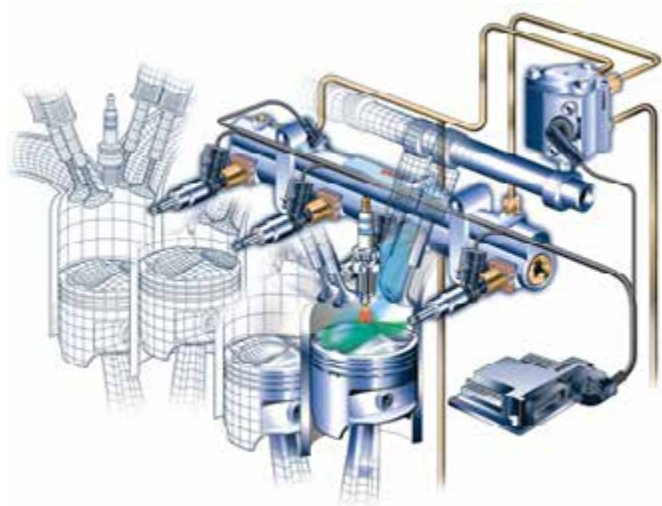


Рисунок 32-8: Топливный насос высокого давления двигателя с непосредственным впрыском топлива приводится в действие эксцентриком, выполненным на распределительном валу; источник: *Bosch*

На некоторых двигателях используются стальные эксцентриковые чашки, которые крепятся болтами к передней или задней части распределительного вала. Это позволяет быстро заменить поврежденный эксцентриковый привод без замены распределительного вала.

ПРИВОДЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА

НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Коленчатый вал передает вращение распределительному валу посредством одного из приведенных ниже способов:

- Зубчатыми колесами
- Цепью, связывающей две или более звездочки
- Зубчатым ремнем, оббегающего два или более зубчатых шкива.

Цепная передача часто снабжена устройством натяжения цепи, расположенном на ненагруженной ветви цепи. Подушка натяжителя изготовлена литьем из нилатрона (*Nilatron*[®]), который заполняется порошкообразным дисульфидом молибдена для придания материалу подушки низкого коэффициента трения. Натяжитель оказывает давление на втулочно-роликую цепь либо посредством пружины, либо усилием от давления масла.

Смотри рисунок 32-9.

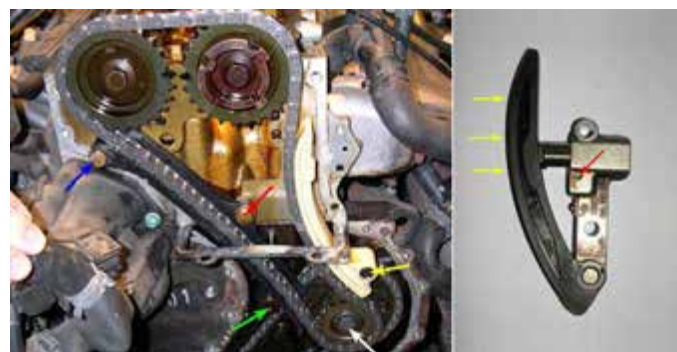


Рисунок 32-9: Гидравлический натяжитель втулочно-роликовой цепи привода распределительного вала; источник: *VW*

Зубчатые колеса или звездочки сконструированы так, чтобы они могли быть установлены на валах только в одном положении.

Зубчатые колеса или звездочки привода распределительного вала маркируются так, чтобы при совпадении меток на корпусе с метками на зубчатых колесах или звездочках выполнялось требование по взаимно-



Рисунок 32-10: Кольцо толерантности устанавливается между неподвижным корпусом и подвижным валом, обеспечивая защиту от перегрузок путем её распределения по всей поверхности расточенного отверстия; источник: *Rencol*

му позиционированию коленчатого вала и распределительного вала/распределительных валов.

На ряде двигателей в приводе распределительного вала применяется кольцо толерантности (*Tolerance ring*), которое фиксирует звездочку цепи на распределительном валу. Примером может служить привод втулочно-роликовой цепью модульного двигателя *Ford V-8s*. У этих двигателей нельзя снимать зубчатую звездочку с распределительного вала, если это напрямую не указано в руководстве по ремонту.

Если метки на корпусных деталях совместить с метками на шкиве коленчатого вала и метками на распределительном валу/распределительных валах, и установить втулочно-роликовую цепь, руководствуясь рекомендациями производителя двигателя, то впускные и выпускные клапаны будут открываться вовремя, согласуя свои движения с позицией поршня в цилиндре двигателя.

щим моментом и осевого скольжения между сопряженными деталями.

ЦЕПНЫЕ ПРИВОДЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ВАЛОВ

Приводное зубчатое колесо коленчатого вала и зубчатое колесо распределительного вала, как правило, изготавливают спеканием из стального порошка (методом порошковой металлургии).

Если привод распределительного вала осуществляется через зубчатые колеса, зубья колес должны изготавливаться из мягкого материала для снижения шумности работы привода.

В старых двигателях шестерни привода распределительного вала изготавливались из алюминия или из стекловолокон (фибергласса).



РЕМАРКА:

Что такое Tolerance ring = кольцо толерантности?

«Кольца толерантности» ограничивают движение между движущимися относительно друг друга частями, такими как вращающийся вал в глухом отверстии. Первый тип кольца толерантности представляет собой кольцевую полосу, устанавливаемую в зазор между наружной поверхностью вала и внутренней поверхностью отверстия. Кольцо толерантности ограничивает радиальное движение вала в отверстии, в то же время, поддерживая вращение. Кольцо толерантности представляет собой радиальный пружинный компонент, который используется в цилиндрических сопрягаемых деталях для получения экономичного и эффективного механического соединения. Изготовленные из высококачественной пружинной/углеродистой стали или сплавов эти трениевые элементы крепления способны обеспечить управляемую посадку подшипников, гидравлических трансформаторов крутящего момента, в том числе для обеспечения защиты от перегрузок крутя-

Смотри рисунок 32-11.

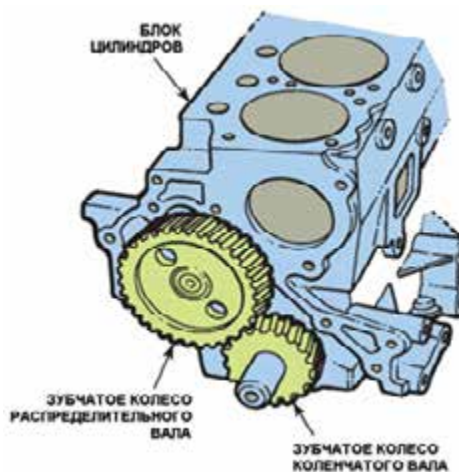


Рисунок 32-11: Крупные шестерни распределительных валов обычно изготавливаются из стекловолокна, и наделены спиральными нарезными зубьями, чтобы помочь уменьшить шум. Шестерня распределительного вала в два раза больше шестерни коленчатого вала, что позволяет поворачиваться распределительному валу на один оборот за каждые два оборота коленчатого вала; источник: *Pearson Education, Inc.*



РЕМАРКА:

Фибергласс, или стеклопластик – вид композиционных материалов – пластичных материалов, состоящие из стекловолоконного наполнителя (стеклянное волокно, волокно из кварца и др.) и связующего вещества (термореактивные и термопластичные полимеры).

Если в приводе распределительного вала используется втулочно-роликовая или зубчатая цепь, звездочка или зубчатое колесо распределительного вала может быть изготовлена из стали, или она может иметь алюминиевую ступицу, запрессованную в обойму с нейлоновыми зубьями для уменьшения шума.

В современных автомобилях используются два типа цепей:

1. Бесшумная зубчатая цепь (также известная, как сайлент-цепь, плоскозвенная цепь, или цепь Морзе) работает тихо, но имеет свойство растягиваться при длительной эксплуатации. Металлические связи сами по себе не «растянуты», но, вместо этого, штифт и втулки в каждом соединении изнашиваются, вызывая удлинение цепи.

Смотри рисунок 32-12 и 32-13.



Рисунок 32-12: Замена бесшумной (сайлент) цепи и зубчатого колеса. Оригинальное зубчатое колесо было с алюминиевой ступицей и нейлоновыми зубьями, которые позволяли снизить шум работы. Замена цепи и зубчатых колес не должна вызвать беспокойство по поводу появившегося шума, и должна обеспечить многие тысячи километров до следующей замены; источник: *Pearson Education, Inc.*



РЕМАРКА:

Когда цепь растягивается, фазы газораспределения сдвигаются в сторону запаздывания, и двигатель

теряет часть низкооборотной мощности. Растянувшаяся сайлент-цепь может повредить крышку картера, образуя утечку масла.

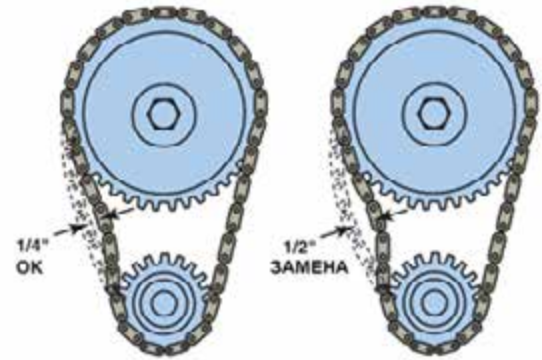


Рисунок 32-13: Отраслевой стандарт требует произвести замену сайлент-цепи, если её «игра» позволяет отклонять цепь на 1/2 дюйма, или 13 мм. Однако целесообразно произвести замену сайлент-цепи и приводных зубчатых колес, если производится разборка двигателя для текущего или капитального ремонта; источник: *Pearson Education, Inc.*

2. Втулочно-роликовые цепи работают шумнее, но они работают с меньшим трением и растягиваются меньше, чем сайлент-цепи.

Если цепь привода содержит два расположенных рядом набора втулок и роликов, вращающихся вокруг одного пальца, цепь называется 2-рядной, или двойной роликовой цепью.

Смотри рисунок 32-14.



Рисунок 32-14: Замена высокопроизводительной двойной роликовой цепи. Хотя эта цепь немного шумнее, чем бесшумная (сайлент) цепь, втулочно-роликовые цепи растягиваются значительно меньше, и, следовательно, имеется возможность осуществлять более точное управление фазами газораспределения долгое время; источник: *Pearson Education, Inc.*

Некоторые рядные двигатели с двумя распределительными валами (*V*-образные двигателя с четырьмя распределительными валами) оснащены двухступенчатым приводом распределительных валов.

- Первая ступень осуществляет связь между коленчатым валом и распределительным валом
- Вторая ступень осуществляет связь между соседними распределительными валами.

Смотри рисунок 32-15.

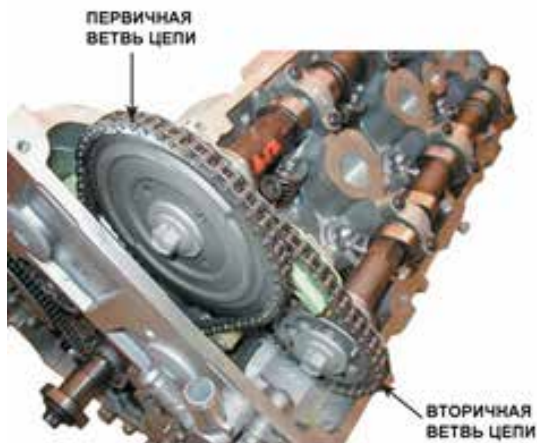


Рисунок 32-15: Этот *DOHC*-двигатель использует одну цепь для привода впускного распределительного вала, а вторая цепь осуществляет связь между соседними распределительными валами; источник: *Pearson Education, Inc.*

ПРИВОД РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА ЗУБЧАТЫМ РЕМНЕМ

У многих двигателей с верхним расположением распределительного вала в приводе распределительного вала вместо втулочно-роликовой цепи используется зубчатая ременная передача. Зубчатые (кулачковые) приводные ремни изготавливаются из резины и ткани, часто армированной стекловолокном или кевларом.

РЕМАРКА:

Кевлар (англ. *Kevlar*) – ткань пара-арамидного (полипарафенилен-терефталамидного) волокна, выпускаемого фирмой *DuPont*. Кевлар обладает высокой прочностью (в пять раз прочнее стали, предел прочности $\sigma_0 = 3620$ МПа). Впервые кевлар был получен группой Стефани Кволек в 1964 году, технология производства разработана в 1965 году, с начала 1970-х годов началось коммерческое производство этого материала.

Зубцы приводных колес и ремня могут иметь трапецеидальный или полукруглый профиль.



Рисунок 32-16: Схематическое изображение привода распределительного вала посредством ременной передачи с полукруглым профилем зубьев; источник: ООО «Резон»

Ременный привод обеспечивает малую шумность работы, не требует смазки и имеет меньший вес по сравнению с приводом втулочно-роликовой и сайлент-цепью. Однако зубчатый ремень требует замены при пробеге около 100000 км, или большем, в зависимости от рекомендаций изготовителя транспортного средства.

Смотри рисунок 32-17 и 32-18.



Рисунок 32-17: Этот ремень перестал передавать вращение на распределительный вал, поскольку при пробеге в 140000 км. Владелец не смог (или не захотел) произвести замену при рекомендуемом 100000 километровом пробеге, и заплатил сломанной головкой цилиндров; источник: *diaginfo.ru*

При обрыве ремня привода распределительного вала часто происходит серьезное повреждение двигателя, поскольку вращающийся из-за движения автомобиля коленчатый вал продолжает двигать поршни при неподвижных клапанах.

Freewheeling engine = двигатель с беспрепятственным вращением (конструкция двигателя с накатом) – это тот двигатель, который не вызывает никаких внутренних повреждений, если ремень привода распределительного вала обрывается во время движения автомобиля.



Рисунок 32-18: Это ремень привода распределительного вала порвался из-за течи масла из сальников распределительного вала. Попавшее на ремень масло ослабило тканевый пояс. Большинство экспертов рекомендуют заменить все сальники двигателя в передней части двигателя при каждой замене ремня привода распределительного вала. Если ремень привода ГРМ обеспечивает вращение циркуляционному водяному насосу, водяной насос и все роликовые натяжители должны быть заменены в качестве меры предосторожности; источник: *diaginfo.ru*

Interference engine = двигатели интерференционной конструкции (с помехой свободному вращению), могут получить серьезные повреждения при обрыве ремня привода ГРМ, поскольку принудительное вращении коленчатого вала вызовет удар поршня по открытым клапанам.

Смотри рисунок 32-19 и 32-20.

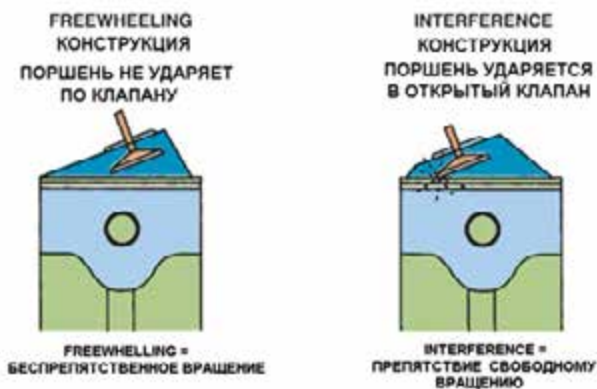


Рисунок 32-19: Многие двигатели имеют интерференционную конструкцию. Если ремень привода оборвется, движущиеся поршни ударят по клапанам, нанеся серьезное повреждение двигателю, в то время как двигатели с конструкцией, обеспечивающей свободное вращение, не получают никаких внутренних повреждений; источник: *Pearson Education, Inc.*



Рисунок 32-20: Эта головка цилиндров автомобиля Mercedes получила повреждение в результате перескока растянутой цепи привода через изношенные зубья. Когда это случилось, движущийся поршень ударил по клапанам, изогнув их; источник: *Pearson Education, Inc.*

МЕХАНИЗМЫ НАТЯЖЕНИЯ И УСПОКОИТЕЛИ КОЛЕБАНИЙ ПРИВОДНЫХ РЕМНЕЙ

Решающим фактором для безотказной работы ременного привода распределительного вала является правильное натяжение зубчатого ремня. Достаточно перескочить ремню на один зуб, и смещение фаз газораспределения приведет к потере производительности и ухудшению эксплуатационных характеристик автомобиля. Последствия дальнейшего смещения описаны выше.

В процессе эксплуатации приводной ремень растягивается благодаря усилию растяжения, создаваемого коленчатым валом, кроме того нормальные температурные колебания вызывают то удлинение, то укорочение ремня. Все это оказывает отрицательное влияние на режим синхронизации вращения коленчатого и распределительного валов. Современные устройства натяжения ремня позволяют компенсировать эти нежелательные колебания длины ремня. Но каждое обслуживание автомобиля должно сопровождаться проверкой дееспособности натяжного ролика, а также натяжение ремня привода распределительного вала.

КОНСТРУКЦИЯ НАТЯЖИТЕЛЯ

Существует два основных типа натяжителей ремня привода ГРМ:

- с ручной регулировкой
- с автоматической регулировкой

Смотри рисунок 32-21



Рисунок 32-21: Применение автоматического и ручного натяжителя на двигателях автомобилей семейства ВАЗ 2112.

Для устройств натяжения с ручной регулировкой правильное натяжение ремня устанавливается вручную, при комнатной температуре и при точном соблюдении предписанных производителем процедур регулировки и периодичности проверки натяжения ремня ГРМ. Преимуществами устройств с ручной регулировкой являются легкий монтаж и простота обслуживания и компактность конструкции.

Недостатками устройств с ручной регулировкой натяжения является отсутствие компенсации температурного растяжения, ответной реакции на изменение нагрузки и растяжения в процессе длительной эксплуатации.

Устройство с автоматическим натяжением самостоятельно натягивает ремень при монтаже. Встроенный комплект пружин гарантирует, что натяжение ремня останется практически неизменным на протяжении всего срока эксплуатации, адаптируясь к температурным и нагрузочным изменениям. Другим преимуществом устройств с автоматическим натяжением ремня привода ГРМ является их способность гасить вибрации ремня привода, что снижает шумность работы привода и увеличивает срок его эксплуатации.

Преимущества устройств натяжения с автоматической регулировкой.

- Обеспечивается автоматическое натяжение ремня привода при монтаже
- Компенсируются производственные допуски (диаметр, взаимное положение роликов и агрегатов,

длина ремня)

- Обеспечивается постоянное усилие ремня независимо от температуры, нагрузки и срока эксплуатации
- Предотвращаются перескоки зубьев ремня
- Снижается шумность благодаря демпфированию колебаний ремня привода
- Продлевается срок эксплуатации элементов привода распределительного вала.

НАТЯЖИТЕЛИ РЕМНЕЙ С МЕХАНИЧЕСКОЙ ФУНКЦИЕЙ ДЕМПФИРОВАНИЯ

Натяжители ремней с механической функцией гашения колебаний (демьфирования) используют цилиндрическую винтовую пружину (пружину, работающую на скручивание), создающую необходимое предварительное натяжение ремня.

Эффект гашения колебаний производится за счет механического трения между плоским фрикционным диском или коническим элементом трения.

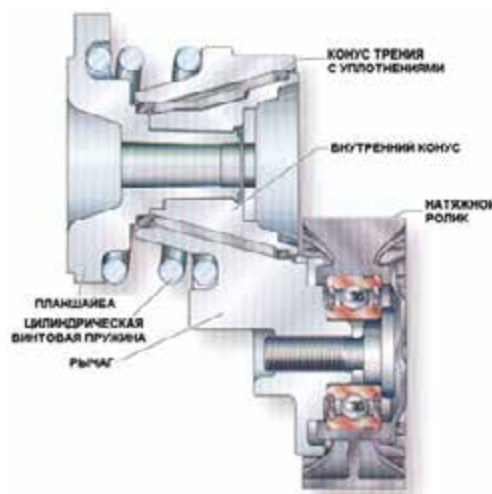


Рисунок 32-22: Натяжитель со спиральной пружиной и коническим фрикционным элементом механического гашения колебаний; источник: INA

Требуемое предварительное натяжение ремня обеспечивается усилием цилиндрической винтовой пружины, работающей на скручивание, и рычага, на котором установлен натяжной ролик.

Демьфирование колебаний ремня гасится за счет силы трения между фрикционным элементом, установленным между внутренним и внешним конусом. Сила трения обеспечивается силой сжатия спиральной пружины.

Смотри рисунок 32-22.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА НАТЯЖЕНИЯ РЕМНЯ ПРИВОДА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА



Рисунок 32-23: Устройство гидравлического натяжения ремня привода распределительного вала перед его установкой приведено в исходное состояние, и зафиксировано чекой, которую следует вынуть при завершении монтажа ремня ГРМ; источник: *europaparts.com*

Устройство натяжения с гидравлической функцией демпфирования колебаний использует давление пружины в гидравлическом элементе, которая создает предварительное натяжение ремня через натяжной ролик. Гашение колебаний (демпфирование) посредством встроенного в натяжитель гидравлического амортизатора, что способствует предотвращению чрезмерной циклической нагрузки на ремень, характерных для дизельных двигателей.



Рисунок 32-24: Рычажное устройство с пружинным натяжителем и гидравлическим гасителем колебаний ремня привода распределительного вала; источник: *INA*

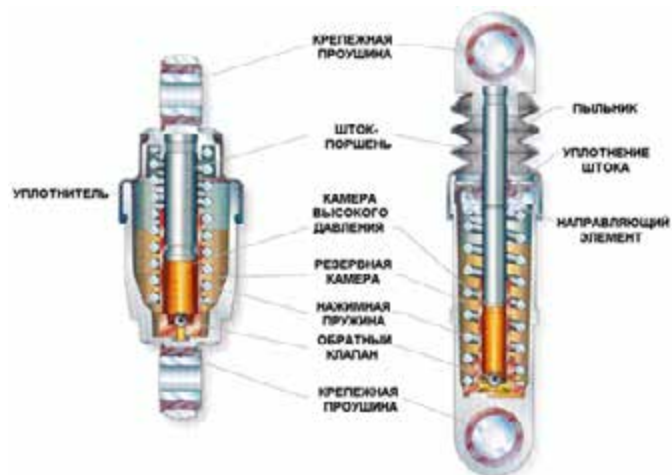


Рисунок 32-25: Устройства натяжения ремня с гидравлической функцией демпфирования; источник: *INA*

Сжатие гидравлического элемента сопровождается выдавливанием масла наружу из камеры высокого давления через зазор, обеспечивая демпфирование. Благодаря обратному клапану, разделяющему камеру высокого и низкого давления (резервную камеру) обеспечивается однонаправленный поток масла. При разжимании гидравлического элемента масло будет перетекать из резервной камеры в камеру высокого давления через обратный клапан.

Сила натяжения может регулироваться подбором силы сжатия нажимных пружин и длиной рычага, на котором установлен ролик натяжителя.

ПЕРЕЧЕНЬ РАБОТ ПО ПРОВЕРКЕ РЕМНЯ ПРИВОДА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА

1. Проверьте состояние зубчатого ремня
2. Изучите историю обслуживания автомобиля с целью определения, когда в последний раз заменялся ремень ГРМ и при каком пробеге
3. Имеются ли записи результатов предыдущих осмотров автомобиля, и регулярно ли проводится техническое обслуживание?
4. Узнайте у владельца, эксплуатировался ли автомобиль в сложных условиях, требующих укороченного интервала замены компонентов привода распределительного вала?
5. Проверьте состояние навесного оборудования, находящегося вблизи ремня ГРМ, не создают ли они необычного шума при работе, и нет ли следов протекания технических жидкостей?

6. Для обеспечения правильной регулировки натяжения ремня с ручным регулированием роликового натяжителя, используйте тензомер.

7. Проверьте пластиковые шкивы на отсутствие износа и сколов.

8. Проверьте уплотнения подшипников, и если это предписано производителем, замените все сальниковые уплотнения, обращенные в сторону ремня привода ГРМ.

9. Внимательно осмотрите ремень привода ГРМ на наличие следов контакта с маслом или охлаждающей жидкостью, проверьте состояние зубьев на ремне и зубчатых колесах, проверьте состояние кромок ремня.

10. Позволяет ли состояние ремня привода ГРМ быть уверенным в безопасном функционировании до следующего планового технического обслуживания? Если у Вас есть сомнения, посоветуйте клиенту включить в перечень работ замену компонентов натяжения ремня ГРМ.

ПРИВОД ГРМ. ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

- Натяжение ремня слишком сильное или слишком слабое
- Приводной ремень контактирует с загрязнениями
- Кромки ремня изношены
- Профиль зубьев ремня истерт
- Высохшие кромки уплотнителя подшипника вызывают свистящий звук
- Деформация внутреннего кольца подшипника натяжного ролика, вызванная чрезмерной затяжкой при регулировке натяжения.
- Повреждение рабочей поверхности натяжного ролика, повреждение рабочих поверхностей на зубчатом шкиве водяного циркуляционного насоса,

ДИНАМИКА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА

СТЛЫ ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ ВАЛ

На двигателях, оснащенных плоскодонным толкателем, кулачок распределительного вала двигает вверх толкатель, преодолевая силу сжатия клапанной пружины. При этом в самом распределительном вале формируются крутящая (тангенциальная) сила. После прохождения наивысшей точки кулачка происходит нисходящее движение толкателя по тыльной стороне кулачка. В это время в распределительном вале формируются крутящие силы, направление которых ме-

няется на противоположное. Это действие вызывает появление знакопеременных сил кручения, при набегавшем и нисходящем движении толкателей при их взаимодействии с каждым кулачком. Количество кулачков на распределительном валу кратно умножает эту знакопеременную силу кручения.

Ограничитель распределительного вала – это упорное устройство, предотвращающее продольное перемещение распределительного вала в блоке цилиндров или головке цилиндров двигателя. Каждый распределительный вал должен иметь средства, позволяющие ограничивать его осевые перемещения.

- Первый метод – использование упорной пластины между приводным зубчатым колесом или звездочкой и фланцем распределительного вала. Упорная пластина крепится к блоку двигателя с помощью винтов.
- Некоторые распределительные валы удерживаются от осевого перемещения посредством буртиков, пружины или фиксатора.

WHY FLAT-BOTTOM LIFTERS ROTATE ПРИЧИНЫ ВРАЩЕНИЯ ТОЛКАТЕЛЕЙ С ПЛОСКИМ ДНОМ



Рисунок 32-26: Небольшая конусность рабочей поверхности кулачка, и небольшая выпуклость дна толкателя, плюс смещение оси отверстия под толкатель относительно центральной плоскости сечения кулачка позволяют получить вращение толкателя и штанги толкателя при работе двигателя; источник: *Pearson Education, Inc.*

Приводные механизмы клапанов, которые используют толкатели с плоским днищем, на самом деле оснащены сферической (слабо изогнутой) поверхностью толкателя, обращенного к кулачку распределительного вала. Выпуклость дна толкателя совсем небольшая, составляющая всего 0,05 мм на всей ширине

днища толкателя. Кроме того, продольная ось толкателя смещена относительно центральной плоскости сечения кулачка распределительного вала. Это позволяет получить небольшое вращающее усилие на толкателе, которое заставляет толкатель поворачиваться, обеспечивая равномерный износ днища толкателя. В процессе эксплуатации контакт кулачка распределительного вала происходит по всей ширине днища толкателя, в то время как контакт кулачка с толкателем происходит только на стороне, наиболее удаленной от вершины конусности. Смотри рисунок 32-26.

Нагрузки в линии контакта кулачка с толкателем – пожалуй, самые высокие в двигателе. Эти сопрягаемые поверхности являются наиболее критичными точками в системе смазки двигателя.

ВЫСОТА РАБОЧЕГО ПРОФИЛЯ КУЛАЧКА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА

Высота рабочего профиля кулачка распределительного вала обычно выражается в миллиметрах, и показывает расстояние, на которое перемещается клапан или толкатель клапана. Суммарный подъем клапана – это высота рабочего профиля кулачка, или восходящее движение толкателя клапана, помноженное на передаточное отношение, определяемое соотношениями длин плеч коромысла. Смотри рисунки 32-27 и 32-28.

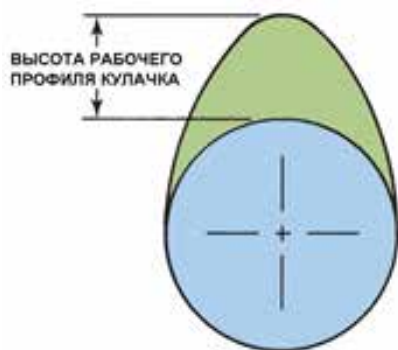


Рисунок 32-27: Высота рабочего профиля кулачка – это то расстояние, на которое кулачок распределительного вала поднимет толкатель. Круг голубого цвета представляет собой базовую окружность. Поскольку коромысло привода клапана вносит определенную поправку в фактический ход и продолжительность открытия клапана, эти параметры следует учитывать при проектировании кулачкового вала; источник: *Pearson Education, Inc.*

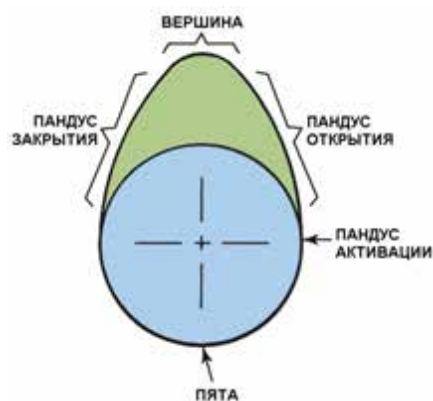


Рисунок 32-28: Пандусы кулачка позволяют клапанам открываться и закрываться быстро, но под контролем их скорости и ускорения, чтобы избежать повреждения компонентов привода клапанов, особенно при высоких оборотах двигателя; источник: *Pearson Education, Inc.*

Чем выше рабочий профиль кулачка возвышается над базовой окружностью, тем большее количество воздуха и топлива можно будет ввести в цилиндр двигателя. Чем больше воздуха и топлива будет участвовать в процессе сгорания внутри цилиндра двигателя, тем выше мощностной потенциал двигателя.

Суммарный подъем для впускных и выпускных клапанов может быть отличным для одного и того же цилиндра двигателя. Если в спецификации указаны различия хода клапанов, то распределительный вал называется ассиметричным. Если же ходы впускного и выпускного клапанов одинаковы, то распределительный вал называют симметричным.

Увеличение высоты подъема толкателя клапана влечет за собой увеличение сил, действующих на распределительный вал и другие части привода клапана. Как правило, распределительный вал с подъемом больше 13 мм непригоден для обычной дорожной эксплуатации, за исключением использования в двигателях, объем которых превышает 6 литров.

Фактический подъем клапана зависит не только от высоты рабочего профиля кулачка, но и от соотношения плеч коромысла или рокера. Если на двигатель устанавливается нештатное коромысло (например, штатные коромысла с соотношением длин плеч 1,6:1 взамен коромысел с соотношением длин плеч 1,5:1), ход клапана увеличится. Кроме того, поскольку качающееся коромысло покрывает большее расстояние при воздействии на шток клапана, коромысло может удариться о край замкового устройства клапана.



ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ

О чем следует предупредить заказчика

Техник заменил цепь привода распределительного вала и звездочки, так как автомобиль Chevrolet V-8 совершил большой пробег. Ремонт был выполнен в точном соответствии с рекомендациями производителя, но после запуска было выявлено, что двигатель потребляет чрезмерное количество масла. До замены деталей привода распределительного вала расход масла был минимальным.

Замена цепи привода распределительного вала восстановила нормальную работу двигателя, что привело к увеличению вакуума во впускных портах двигателя. Увеличение вакуума может заставить втягиваться через изношенные поршневые кольца и через изношенные направляющие впускных клапанов большее количество масла во время такта впуска. Повышенный расход масла может возникнуть всегда при неполноценном (частичном) ремонте двигателя с большим пробегом, так как у подобных двигателей, как правило, сильно изношены цилиндры, поршневые кольца и направляющие клапанов. Чтобы исключить жалобы владельца транспортного средства, технику пришлось разбирать и полировать цилиндры, и заменить поршневые кольца.

Поэтому все специалисты должны предупреждать клиентов, что повышенный расход масла может стать последствием практически любого ремонта двигателя с большим пробегом.

КОРОМЫСЛА (РОКЕРЫ)

НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Коромысла преобразуют восходящее движение штанги толкателя в нисходящее движение, прилагаемое к наконечнику клапана. Конструкторы двигателя всегда используют кинематические возможности коромысел.

Посредством тщательного подбора геометрических параметров коромысел можно добиться уменьшения высоты рабочего профиля кулачка и, соответственно, хода толкателя, при неизменном ходе клапана.

Как правило, соотношение длин плеч коромысел не превышает 1,5:1. При указанном соотношении клапан откроется на расстояние, в полтора раза превышающее ход толкателя. Это соотношение позволяет уменьшить максимальный диаметр шеек распределительного вала, что, в свою очередь, позволяет умень-

шить габариты всего двигателя.

Смотри рисунок 32-29.

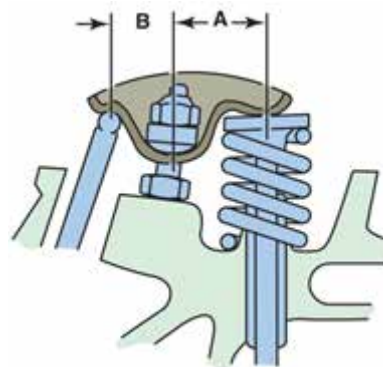


Рисунок 32-29: Соотношение плеч коромысла 1.5:1 означает, что плечо А в 1,5 раза больше длины плеча В, поэтому, если толкатель перемещается на 10 мм по кулачку распределительного вала, клапан будет послан вниз (открываться) на расстояние $10 \text{ мм} \times 1,5 = 15 \text{ мм}$; источник: Pearson Education, Inc.



Рисунок 32-30: Высокопроизводительное алюминиевое роликовое коромысло. Как узел соприкосновения штанги толкателя с коромыслом, так и узел, контактирующий со штоком клапана, оснащены роликами, чтобы помочь уменьшить трение для получения большей мощности и улучшения топливной экономичности; источник: Pearson Education, Inc.



ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ:

Использование коромысла с более высоким соотношением длин плеч может вызвать чрезмерное сжатие клапанных пружин. Ограничение сжатия пружин возникает, когда между витками пружин выбирается весь зазор. (Пружина полностью сжата). Когда происходит полное сжатие клапанной пружины...

жины, возможны такие повреждения, как согнутые штанги толкателей, сломанные коромысла, а также другие повреждения деталей механизма привода клапанов.

Смотри рисунок 32-30.

Коромысла привода клапанов могут быть изготовлены:

- Чугунным литьём
- Ковкой стали
- Штамповкой из стального листа

Кованые коромысла – наиболее прочны, но их изготовление сопряжено с применением дорогостоящих технологических операций. Коромысла могут иметь втулки или подшипники, установленные для уменьшения трения и увеличения долговечности.

Изготовление коромысел литьем дешевле остальных способов изготовления, причем, как правило, не требуется установка втулок, но отливка требует серии операций механической обработки. Литые коромысла не так прочны, как штампованные, но для обычного дорожного транспорта их прочности вполне достаточно.

Штампованные коромысла легкие и их использование экономически оправдано.

ОСЬ КОРОМЫСЕЛ

На двигателях с верхним расположением клапанов и на большинстве двигателей с одним распределительным валом коромысла установлены на осях, которые проходят по всей длине головки цилиндров.

Смотри рисунок 32-31

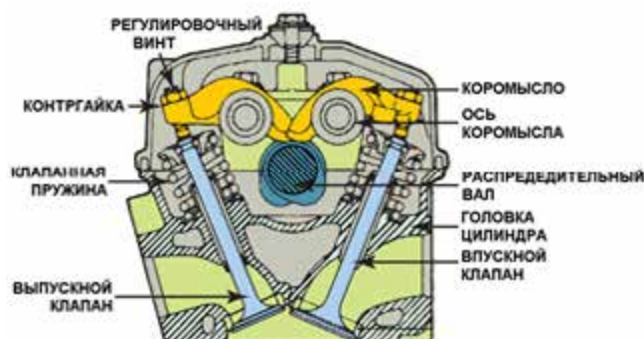


Рисунок 32-31: Некоторые современные двигатели используют оси коромысел, предназначенных для обеспечения качания коромысел. Как правило, это двигатели с одним верхним распределительным валом, расположенным в центре головки цилиндра; источник: *Pearson Education, Inc.*

Поскольку ось коромысел обеспечивает жесткую и стабильную платформу для коромысел, коромысла работают очень хорошо, даже на очень высоких оборотах двигателя. В то время как двигатели с распределительным валом в головке цилиндров, которые используют коромысла, оснащены регулирующими коромыслами, двигатели *OHV* (с распределительным валом в блоке), используют коромысла, не имеющие возможность регулировок.

Ось коромысел получают смазку через каналы, просверленные в головке цилиндров. Смазка поступает в полую ось и через отверстия в оси смазывают коромысла.

УСТАНОВКА КОРОМЫСЕЛ НА ШПИЛЬКАХ

Установка коромысел на шпильках применяется только на двигателях с верхним расположением клапанов (*OHV*). Коромысла надеты на шпильки, ввернутые одним концом в головку цилиндров.

Сфера в верхней части коромысла обеспечивает опорную поверхность, на которой коромысло может совершать необходимые повороты. Коромысла удерживаются на шпильке гайкой, с помощью которой можно производить регулировки теплового зазора.

В то время как эта конструкция выглядит менее стабильной, чем коромысла на оси, эта конструкция зарекомендовала себя надежной и недорогой в изготовлении.

Коромысла получают смазку под давлением через полые тяги.

Смотри рисунок 32-32.

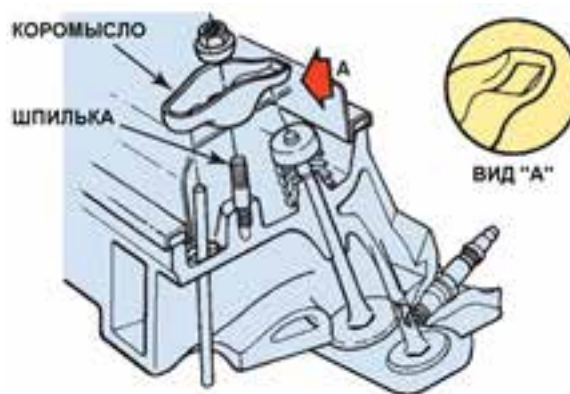


Рисунок 32-32: Типичная установка коромысла на шпильке; источник: *Pearson Education, Inc.*

В некоторых конструкциях двигателей применяется дополнительная направляющая пластина, которая устанавливается на шпильку.

Смотри рисунок 32-33.



Рисунок 32-33: Прикрепленные к головке цилиндров направляющие пластины обеспечивают стабильность штангам толкателя, особенно на высоких оборотах двигателя; источник: *Pearson Education, Inc.*

УСТАНОВКА КОРОМЫСЕЛ НА ПЬЕДЕСТАЛЫ

Установленные на пьедесталах коромысла внешне похожи на коромысла, устанавливаемые на шпильках, но шпильки в данной конструкции не применяются. Это конструкция коромысел применяется исключительно на двигателях с верхним расположением клапанов. Пьедестал обычно изготавливается из алюминия, а коромысло изготовлено из штампованной стали. Широкая опорная поверхность сопрягаемых деталей обеспечивает высокую стабильность работы коромысел, однако существенным недостатком этой конструкции является невозможность регулировки теплового зазора клапанов.

Смотри рисунок 32-34.



Рисунок 32-34: Конструкция коромысла, устанавливаемого на пьедестал, не обеспечивает возможности регулировки теплового зазора клапана. Если возникает необходимость в регулировках, необходимый тепловой зазор обеспечивается подбором штанг различной длины; источник: *Ford-trucks.com*

? ЧАСТО ЗАДАВАЕМЫЙ ВОПРОС

Как определить, являются ли клапаны регулируемы-ми?

Если шпилька имеет одинаковый диаметр по всей длине, коромысло может считаться регулируемым, а гайка крепления коромысла должна быть самоконтражающегося типа.

Если шпилька имеет различный на её длине диаметр, и гайка при наворачивании на шпильку упирается в буртик, коромысло можно считать нерегулируемым.

🔧 ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ

Ось коромысла может стать причиной заедания клапана

В процессе окисления масла в его составе образуются лаковые отложения. Лаковые отложения образуются на наиболее горячих частях двигателя, к числу которых относится головка цилиндров. На коромыслах и осях коромысел часто можно видеть лаковые отложения. Лаковые отложения препятствуют поступлению свежих порций масла к высоконагруженным деталям привода клапанов.

Кулачки распределительного вала открывают клапаны, но силы сжатия клапанных пружин может оказаться недостаточно для своевременного закрытия клапана, поскольку силы трения между деталями привода оказываются высокими из-за лаковых отложений. В результате двигатель может снизить производительность, причем потеря производительности может быть непостоянной.

Изношенные направляющие клапанов наряду с ослаблением клапанных пружин может стать причиной неустойчивой работы двигателя на холостом ходу, пропусков воспламенения и неровной работе двигателя.

ШТАНГИ ТОЛКАТЕЛЕЙ

НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Штанга толкателя является передаточным звеном между толкателем, оббегающим поверхность кулачка распределительного вала, и коромыслом, открывающим клапан.

Смотри рисунок 32-35.

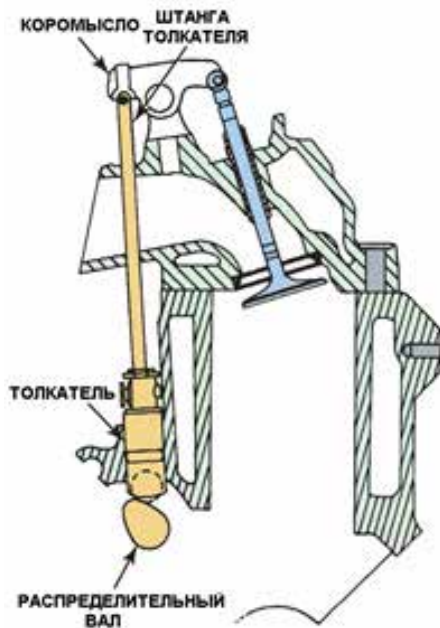


Рисунок 32-35: Двигатели с верхним расположением клапанов (ОНВ) оснащены длинной штангой толкателя, который передает движение от толкателя к коромыслу; источник: *Pearson Education, Inc.*

КОНСТРУКЦИЯ ШТАНГ ТОЛКАТЕЛЕЙ

Штанги толкателей должны быть легкими, при этом обладать достаточной жесткостью. Штанги могут быть как полнотельными, так и пустотельными. Если штанги используются для подачи масла к коромыслам, они должны быть пустотельными.

Штанги толкателей оснащены шаровым опорным элементом, устанавливаемым на конце, обращенном к толкателю. Второй конец штанги толкателя тоже может быть оснащен шаровым опорным элементом, если только штанга толкателя ни упирается в регулировочный винт коромысла. Если же штанга упирается в регулировочный винт, на конце штанги устанавливается вогнутая сфера, которая сопрягается с округлым концом регулировочного винта.



Рисунок 32-36: На снимке показаны штанги, которые были погнуты в результате разрыва цепи привода распределительного вала. Клапаны перестали двигаться, а поршни продолжали возвратно-поступательное движение, что привело к соударению тарелок клапанов с днищем поршня; источник: *Pearson Education, Inc.*

Перед установкой в двигатель все штанги прокатываются на ровной поверхности, чтобы проверить отсутствие их изгиба.

Смотри рисунок 32-36.



ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ

Засорение пустотелого толкателя

Многие компании, занимающиеся восстановительным ремонтом двигателя, отказываются от повторного использования полых штанг толкателей. Лаковые отложения, нагар и частицы грязи очень трудно удалить из внутреннего канала штанги толкателя. Когда отремонтированный двигатель запускается с использованными ранее штангами, возможно отслоение частиц грязи от стенок, и закупоривание масляных отверстий в шаровых или сферических опорах штанги. Это может вызвать поломку или быстрый износ деталей привода клапанов, работающих в условиях масляного голодания. Поэтому, при ремонте двигателя посоветуйте клиенту приобрести новый комплект штанг толкателей, вместо попытки очистить внутреннюю полость не подлежащей разборке штанги толкателя.



ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ

Пробуем поцарапать штангу толкателя

Все тяги, используемые с направляющими пластинами, должны иметь закаленные поверхности не только шаровых или сферических наконечников, но и закаленную боковую поверхность полого цилиндра. Для того, чтобы определить, закалена ли боковая поверхность штанги толкателя, попытайтесь поцарапать её острым ножом. Термически обработанную поверхность штанги толкателя невозможно поцарапать.

Смотри рисунок 32-37.



Рисунок 32-37: Во всех двигателях должны использоваться только закаленные штанги толкателей. Для того, чтобы определить, закален ли материал штанги, достаточно попробовать поцарапать штангу острым ножом; источник: *Pearson Education, Inc.*

Допуски в приводах клапанного механизма в ряде случаев позволяют использовать стандартные размеры штанг толкателей. Однако если одно или несколь-

ко из следующих изменений были внесены в ремонтируемый двигатель, необходимо подобрать штанги толкателей ремонтной длины.

- Подвергалась механической обработке сопрягаемая с головкой цилиндра поверхность блока цилиндров
- Подвергалась механической обработке сопрягаемая с блоком цилиндров поверхность головки цилиндров
- У заменяемого распределительного вала базовый диаметр кулачка отличен от базового размера устанавливаемого распределительного вала
- Увеличилась высота установки штока клапана
- Применяется толкатель клапана измененной конструкции.

ПРИВОД КЛАПАНОВ С ВЕРХНИМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА

ТЕРМИНОЛОГИЯ

Двигатели с верхним расположением распределительного вала могут оснащаться несколькими различными конструкциями приводов клапанов.

1. Первый тип привода производит открытие клапана непосредственным воздействием на толкатель ковшового типа.

Смотри рисунок 32-38.

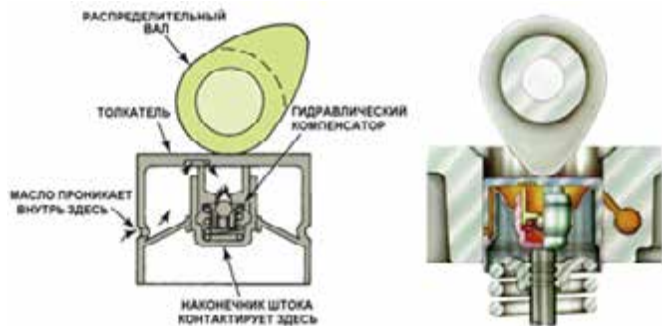


Рисунок 32-38: Гидравлический компенсатор может быть встроен непосредственно в толкатель ковшового типа, на который оказывает непосредственное воздействие кулачок распределительного вала; источник: *Pearson Education, Inc. u INA*

2. Второй тип привода использует толкатель, который в обиходе называют гидравлическим компенсатором пальцевого типа, и качающийся рычаг (рокер), который функционально схож с коромыслом привода клапана. В этом типе привода открытие клапана производится на величину, в полтора раза превышающую высоты рабочего профиля кулачка распределительно-

го вала. Точка опоры качающегося рычага (рокера) на стойку пальцевого типа может быть оснащена механизмом регулировки теплового зазора клапана, или гидравлическим регулятором, именуемым гидравлическим компенсатором (в просторечье – гидрокompенсатор).

Смотри рисунок 32-39.

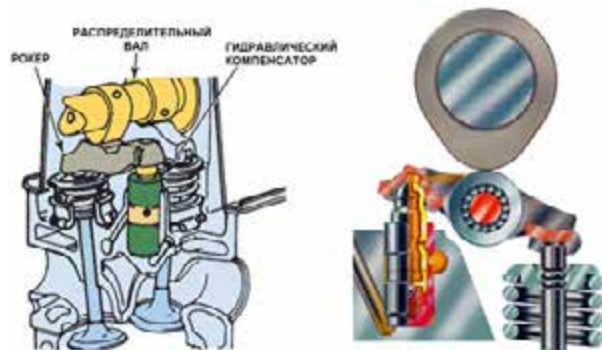


Рисунок 32-39: Использование гидравлического компенсатора вместо стойки пальцевого типа, являющегося опорой для качающегося рычага (рокера), позволяет избежать регулировки теплового зазора клапана; источник: *Pearson Education, Inc. u INA*

3. Третий тип привода осуществляет перемещение коромысла через штангу и роликовый гидравлический толкатель.



Рисунок 32-40: Гидравлический компенсатор встроен в толкатель привода клапанов в двигателе с верхним расположением клапана и распределительным валом в блоке цилиндров; источник: *INA*

4. В четвертом типе конструкции гидравлический компенсатор установлен прямо в коромысле, подоб-

ная конструкция получила название *Hydraulic Lash Adjusters (HLA)* = Гидравлический механизм регулировки теплового зазора. Смотри рисунок 32-41.

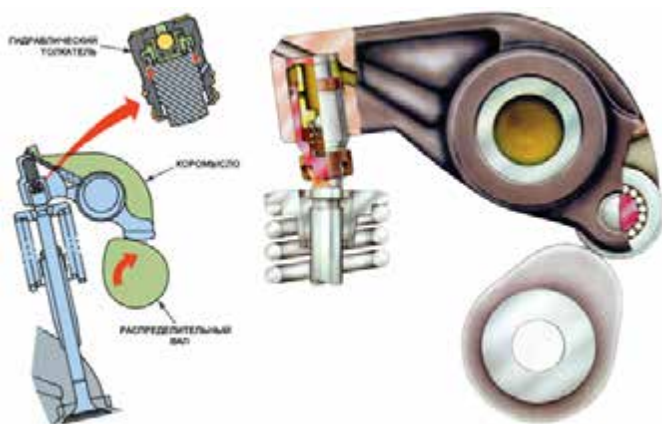


Рисунок 32-41: Гидравлический механизм регулировки теплового зазора (HLA) встроен в коромысло двигателя с распределительным валом, расположенным в головке цилиндров. Для корректной работы подобного механизма очень важна правильная подборка моторного масла по вязкости (SAE-рейтинг); источник: *Pearson Education, Inc. u INA*

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ОТКРЫТИЯ КЛАПАНА

Продолжительность открытия клапана (*Camshaft duration*) – число градусов поворота коленчатого вала (обратите внимание – не распределительного, и коленчатого вала), при котором клапан поднят с его седла (открыт). Спецификация длительности открытия клапана может быть выражена несколькими методами, которые следует учесть при сравнении одного распределительного вала с другим. Представим Вашему вниманию три наиболее распространенных метода:

1. Длительность открытия клапана при нулевых зазорах (клиренсах)

Если в приводе клапана используется гидравлический компенсатор, то тепловой зазор в приводе нулевой. Если используется жесткие толкатели, этот метод выражается фактической длительностью открытого состояния клапана после выборки теплового зазора между коромыслом и штоком клапана.

2. Продолжительность открытия клапана с учетом предварительного подъема клапана (хода толкателя клапана) на 1,27 мм (0,05 дюйма).

Поскольку этот метод спецификации учитывает выборку всех зазоров в приводе клапанного механизма, включая зазоры между толкателем и распределительным валом, этот метод считается предпочтительным при сравнении одного распределительного вала с другим. В некоторых спецификациях указывается продолжительность открытого состояния клапана с учетом предварительного хода толкателя на 0,254 мм (0,01 дюйма).

Важно помнить то, что техник должен применять эквивалентные методы оценки углов открытого состояния клапанов при сравнении двух распределительных валов.

РЕМАРКА:

Доли градусов обычно выражаются в единицах, именуемых минутами (').

Шестьдесят минут (60') составляют 1 градус (1°).

Например, 45' = 3/4° (3/4 градуса), 30' = 1/2° (1/2 градуса), 15' = 1/4° (1/4 градуса).

3. Угол открытого состояния клапана по SAE-спецификации.

SAE рекомендует производить измерение длительности открытого состояния клапана с предварительным ходом толкателя клапана 0,15 мм (0,006 дюйма). Этот метод отличается от методов, обычно рекомендуемых производителями транспортного средства или производителями распределительных валов.

При сравнении фаз газораспределения необходимо удостовериться в том, что для сравнения распределительных валов используются одни и те же методы.

ПЕРЕКРЫТИЕ КЛАПАНОВ

В ряде спецификаций распределительных валов указано число градусов так называемого перекрытия клапанов.

Перекрытие клапанов – числовое значение угла поворота коленчатого вала двигателя, при котором в одном из цилиндров двигателя оба клапана – и выпускной, и выпускной – остаются открытыми. Иными словами, происходит наложение траекторий движения впускного и выпускного клапана, которое наблюдается в конце такта выпуска и в начале такта впуска. Все распределительные валы обеспечивают некоторое перекрытие клапанов, чтобы улучшить производительность и топливную эффективность двигателя, особенно на высоких оборотах коленчатого вала. Меньшая длительность перекрытия клапанов обеспечивает устойчивую работу двигателя на холостом

ходу и на низких оборотах, однако малая длительность перекрытия означает, что на высоких оборотах двигатель будет отдавать меньшую мощность. Большое перекрытие клапанов делает неустойчивой работу на холостом ходу, и чревато снижением мощности на низких оборотах, однако выходная мощность двигателя на высоких оборотах увеличивается.

Пример 1: Распределительный вал, обеспечивающий 50° перекрытие клапанов, может использоваться на двигателях, для которых важна устойчивая работа на холостом ходу, и необходим высокий крутящий момент на низких оборотах коленчатого вала двигателя. Двигатели, комплектуемые автоматической трансмиссией с овердрайвом (повышающей передачей), обеспечивают выгоду от высокого крутящего момента на низкой скорости и топливную экономичность при малой длительности перекрытия клапанов.

Пример 2: Распределительный вал с 100° перекрытием клапанов больше подходит для использования в двигателях в сочетании с мануальной (механической) коробкой передач, для которых желательна повышенная мощность на высоких оборотах двигателя. Двигатель с распределительным валом, обеспечивающим длительность перекрытия клапанов более чем 100°, обладают плохой приемистостью на низких оборотах двигателя, и демонстрируют низкую топливную эффективность.

Смотри рисунок 32-42.



Рисунок 32-42: Графическое представление типичного распределительного вала, показывающее соотношения длительности открытия впускного и выпускного клапана. Затрихованная область показывает длительность периода перекрытия клапанов в 100°; источник: *Pearson Education, Inc.*

РАСЧЕТ ПЕРЕКРЫТИЯ КЛАПАНОВ

Двигатель укомплектован распределительным валом, который начинает открывать впускной клапан за 19° до достижения поршнем верхней мёртвой точки (BTDC = перед ВМТ), и закрывает выпускной клапан спустя 22° после прохождения поршнем верхней мёртвой точки (ATDC = после ВМТ).

Чтобы определить длительность периода перекрытия клапанов, необходимо суммировать значение угла от начала открытия впускного клапана до достижения поршнем ВМТ (19°) со значением угла от ВМТ до значения, при котором полностью закрывается выпускной клапан (22°).

$$\text{Длительность перекрытия} = 19^\circ + 22^\circ = 41^\circ$$

УГОЛ МЕЖДУ ЦЕНТРАЛЬНЫМИ ЛИНИЯМИ КУЛАЧКОВ

Другая спецификация распределительного вала, которая создает некоторую путаницу в понятиях, это угол между центральными линиями кулачков, или развал кулачков распределительного вала.

Интервал между центральными линиями впускного и выпускного кулачка может называться:

- Lobe center = Угол между центрами кулачков
- Lobe separation = Интервал между кулачками
- Lobe displacement angle (LDA) = Угол развала кулачков
- Lobe spread = Угол разворота кулачков

Исчисление угла между центральными линиями кулачков производится в градусах.

Смотри рисунок 32-43.

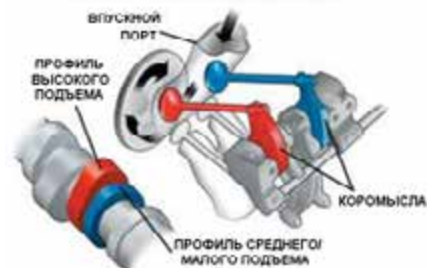


Рисунок 32-43: Если угол между центральными линиями кулачков уменьшить, не меняя профиль кулачков, то увеличится длительность перекрытия клапанов; источник: *Pearson Education, Inc.*

В двигателях с двумя распределительными валами (впускной и выпускной) с одинаковой высотой подъема (открытия) клапанов и одинаковыми профилями кулачков эксплуатационные характеристики могут варьироваться в широком диапазоне из-за изменений угла между центральными линиями кулачков.

1. Чем меньше угол между центральными линиями кулачков распределительных валов, тем больше длительность перекрытия клапанов. Например, угол 108° - это суженный угол между осевыми линиями.
2. Чем больше угол между центральными линиями

АКТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КЛАПАНОМ НА НИЗКОЙ СКОРОСТИ



АКТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КЛАПАНОМ НА ВЫСОКОЙ СКОРОСТИ



Рисунок 32-44: (слева) Каждый впускной клапан управляется посредством коромысла с помощью собственного кулачка распределительного вала – один кулачок с высоким профилем, а другой – с более низким профилем. Результирующее открытие клапанов в шахматном порядке увеличивает скорость поступления воздуха, в сферическую камеру сгорания, что увеличивает крутящий момент на низких оборотах двигателя.

(справа) Коромысла двух впускных клапанов каждого цилиндра заблокированы так, что оба коромысла совершают движение, обеспечиваемое кулачком с высоким профилем. Оба широко открытых клапана уменьшают сопротивление поступающего воздуха, позволяя получить высокую мощность на высоких оборотах двигателя.

кулачков распределительных валов, тем меньше длительность перекрытия клапанов. Например, угол 114° - это расширенный угол между осевыми линиями кулачков распределительных валов.



РЕМАРКА:

Некоторые двигатели, оснащенные двумя верхними распределительными валами и четырьмя клапанами на цилиндр, используют различные профили впускных клапанов каждого из впускных клапанов. Например, один из кулачков распределительного вала, приводящего в действие один из впускных клапанов для каждого цилиндра, может иметь такой профиль кулачка,

который спроектирован для получения максимально-го крутящего момента на низкой скорости вращения коленчатого вала. Другой кулачок впускного клапана этого же цилиндра, проектируется с расчетом на высокий крутящий момент при высоких оборотах двигателя. В результате двигатель способен обеспечить высокий крутящий момент во всем диапазоне частот вращения коленчатого вала двигателя.

Смотри рисунок 32-44.

КОРОТКИЙ ГЛОССАРИЙ

Запомним некоторые параметры, описывающие распределительные валы и позиции кулачков распределительных валов.

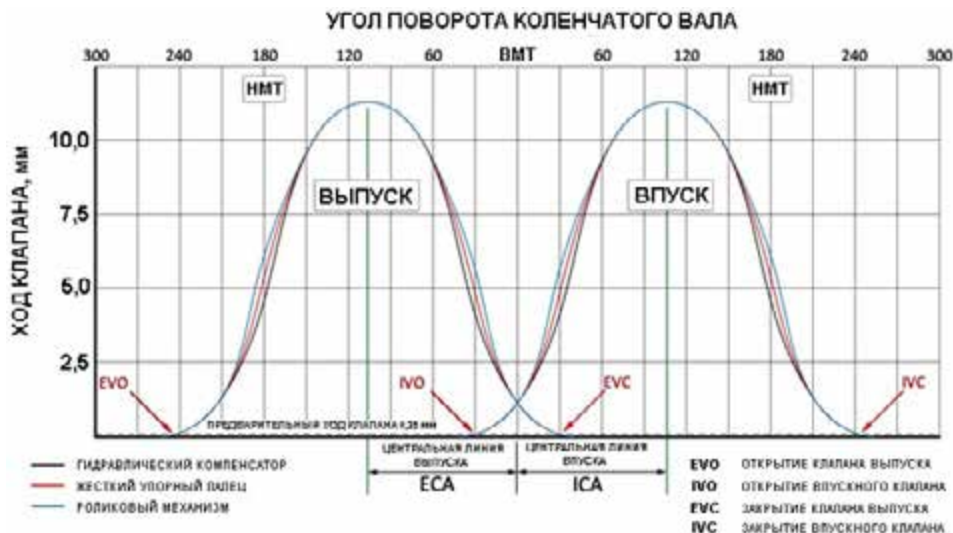


Рисунок 32-45: Эффект от применения гидрокompенсатора, жесткого упорного пальца и роликового толкателя.

1. **Duration** = Продолжительность – полная фаза от открытия клапана
 2. **Lobe separation angle (LSA)** = Разделение углов кулачков – полный развал кулачков распределительного вала, часто называемый **Lobe Center Angle (LCA)** = Углом между центральными линиями кулачков.
 3. **ICA – Intake center angle or Intake Centerline** = Центральная линия впуска или центральный угол впуска – графическое отображение момента, или угла на диаграмме, в которой впускной клапан поднят от седла на максимальную высоту.
 4. **ECA – Exhaust center angle or Exhaust Centerline** = Центральная линия выпуск или центральный угол выпуска – графическое отображение момента, или угла на диаграмме, в котором выпускной клапан поднят от седла на максимальную высоту.
 5. **Overlap** = Перекрытие – период времени, в который оба клапана – впускной и выпускной – находятся в открытом состоянии.
- Смотри рисунок 32-45.

Чтобы найти величину развала между впускным и выпускным кулачком распределительного вала, воспользуйтесь следующей формулой:

$$\frac{\text{Длительность впуска (}^\circ\text{)}}{4} + \frac{\text{Длительность выпуска (}^\circ\text{)}}{2} = \text{Величина развала в градусах}$$

Смотри рисунок 32-456

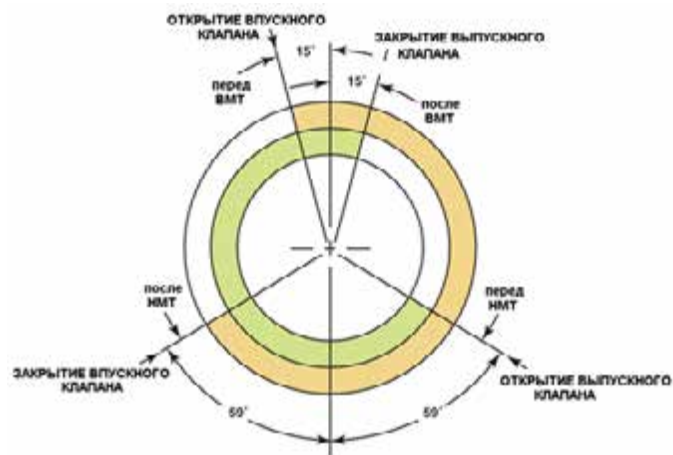


Рисунок 32-46: Типичная диаграмма фаз газораспределения; источник: *Pearson Education, Inc.*

Продолжительность угла открытия клапана может быть вычислена путем сложения угла опережения открытия клапана, половины полного угла поворота коленчатого вала, плюс угол запаздывания закрытия

клапана. На представленной типичной диаграмме фаз газораспределения длительности открытия представлены следующими вычислениями:

$$\text{Продолжительность впуска} = 15^\circ + 180^\circ + 59^\circ = 254^\circ$$

$$\text{Продолжительность выпуска} = 59^\circ + 180^\circ + 15^\circ = 254^\circ$$

Перекрытие клапанов может быть вычислено по следующей формуле:

$$\text{Перекрытие} = 15^\circ + 15^\circ = 30^\circ$$

Угол между центральными линиями кулачков впускного и выпускного клапана может быть вычислен следующим образом: Продолжительность впуска плюс продолжительность выпуска, поделенная на 4, минус длительность перекрытия клапанов, поделенная на два.

$$\frac{(254^\circ + 254^\circ)}{4} - \frac{30^\circ}{2} = \frac{508^\circ}{4} - \frac{30^\circ}{2} = 127 - 15 = 112^\circ \text{ (угол развала кулачков)}$$

ПОСЛЕДСТВИЯ УПРАВЛЕНИЯ УГЛОМ МЕЖДУ ЦЕНТРАЛЬНЫМИ ЛИНИЯМИ КУЛАЧКОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА

Смотри таблицу 32-1, демонстрирующую эффект от воздействия на угол между центральными линиями кулачков распределительного вала.

Таблица 32-1: Изменение угла между центральными линиями кулачков оказывает существенное влияние на работу двигателя

УГОЛ РАЗВАЛА КУЛАЧКОВ	СУЖЕНИЕ	РАСШИРЕНИЕ
Перекрытие клапанов	Увеличивается	Уменьшается
Открытие впускного клапана	Происходит раньше	Происходит позже
Закрытие впускного клапана	Происходит раньше	Происходит позже
Открытие выпускного клапана	Происходит позже	Происходит раньше
Закрытие выпускного клапана	Происходит позже	Происходит раньше
Качество холостого хода	Наихудшее	Наилучшее

СПЕЦИФИКАЦИИ УСТАНОВОК РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА

Технические характеристики установки распределительного вала указаны в численных значениях углов, когда клапаны открываются или закрываются, относительно коленчатого вала, установленного в позицию, соответствующую верхней мертвой точки (ВМТ) или нижней мертвой точки (НМТ).

Впускной клапан.

Впускные клапаны должны открываться чуть раньше, чем поршень достигнет верхней мертвой точки (ВМТ), и окончательно откроются уже на такте впуска. Это гарантирует, что всасывающий ход поршня будет происходить при уже открывшемся впускном клапане. Поток свежего заряда, проходящий через частично открытый клапан (особенно если рабочая фаска клапана выполнена под углом 45° вместо 30°), значительно снижается по сравнению с позицией клапана, когда он находится в полностью открытом состоянии.

Впускной клапан закрывается значительно позже того момента, когда поршень достигнет нижней мертвой точки (НМТ), поскольку движущийся свежий заряд, обладающий определенной массой, обладает и силой инерции. Даже после прекращения нисходящего движения поршня, наполнение цилиндра свежим зарядом продолжается, поскольку сила инерции движущихся газов заставляет притекать в цилиндр все новые и новые порции газа. Эффект заполнения цилиндра будет продолжаться даже после начального этапа восходящего движения поршня, поскольку значительное изменение угла поворота коленчатого вала вблизи мертвых точек не вызывает такого же значительного движения поршня.

Типичные технические характеристики впускного клапана предписывают его открытие за 19° перед верхней мертвой точки (до ВМТ) и закрытие клапана при 46° после нижней мертвой точки (за НМТ).

Выпускной клапан.

Выпускной клапан начинает открываться при нисходящем движении поршня на такте рабочего хода задолго до того, как поршень начнет вытиснять отработавшие газы во время своего восходящего движения на такте впуска.

Ранее открытие выпускного клапана на такте рабочего хода позволяет значительно снизить давление в цилиндре двигателя, поскольку сжатые газы устремляются в выхлопной коллектор за счет перепада дав-

ления, до того момента, когда поршень начнет вытиснять газы при своем восходящем поршне.

Выпускной клапан не закрывается даже после достижения поршнем верхней мертвой точки, и его последующем нисходящем движении на такте впуска. Поскольку выхлопные газы также обладают силой инерции, эти газы продолжают выходить из цилиндра через открытый выпускной клапан даже после остановки поршня в ВМТ. Продолжающееся инерционное движение выхлопных газов в порте выпуска и выхлопном коллекторе способно создать в камере сгорания цилиндра разрежение, которое втянет в цилиндр некоторое количество свежего заряда. Этот частичный вакуум называется продувкой (или очисткой), которая способствует более полной очистке цилиндра от отработавших газов, и втянуть некоторое количество свежего заряда в цилиндр.

Типичные технические характеристики выпускного клапана предписывают его открытие за 49° до прихода поршня в нижнюю мертвую точку (до НМТ), и закрытие клапана при 22° поворота коленчатого вала после прохождения поршня верхней мертвой точки (после ВМТ).

ДИАГРАММА УСТАНОВКИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА

В течение последовательного осуществления всех тактов 4-тактного двигателя коленчатый вал совершает 2 полных оборота, то есть совершает поворот на $2 \times 360^\circ = 720^\circ$.

Технические характеристики распределительного вала привязаны к углам поворота коленчатого вала. В примере, приведенном на рисунке 32-46, впускной клапан начинает открываться за 39° до ВМТ, остается открытым на протяжении всех 180° градусов такта впуска, и не закрывается до момента достижения угла поворота коленчатого вала 71° после НМТ.

Таким образом, продолжительность открытия впускного клапана составляет $39^\circ + 180^\circ + 71^\circ$, или 290° угла поворота коленчатого вала.

Выпускной клапан в том же примере открывается распределительным валом за 78° перед НМТ и закрывается через 47° после прохождения поршнем ВМТ.

Если линейный график технической характеристики клапана выпуска отработавших газов наложить на линейный график технической характеристики впускного клапана, на диаграмме хорошо будет видно перекрытие клапанов в виде наложения двух линейных характеристик. Для этого примера перекрытие клапанов составляет $39^\circ + 47^\circ$, или 86° угла поворота коленчатого вала.

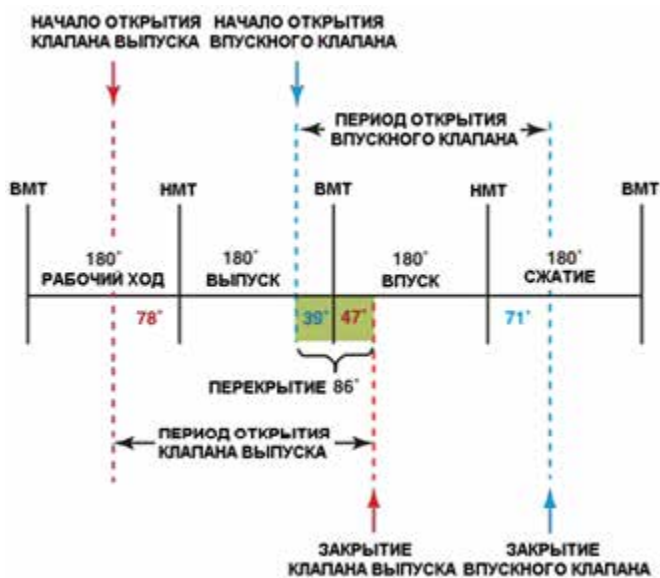


Рисунок 32-47: Линейная графическая характеристика типичного высокопроизводительного распределительного вала. Впускной клапан: продолжительность = $39^\circ + 180^\circ + 71^\circ = 290^\circ$. Выпускной клапан: продолжительность = $78^\circ + 180^\circ + 47^\circ = 305^\circ$. Поскольку технические характеристики впускного и выпускного клапана отличаются, шлифование распределительного вала называется асимметричной; источник: *Pearson Education, Inc.*

Продолжительность открытия клапана выпуска отработавших газов составит $78^\circ + 180^\circ + 47^\circ$, или 305° угла поворота коленчатого вала. Поскольку технические характеристики данного распределительного вала предписывают закрытие клапана выпуска при угле поворота коленчатого вала свыше 300° , этот распределительный вал следует использовать только там, где мощность важнее, чем экономия топлива.

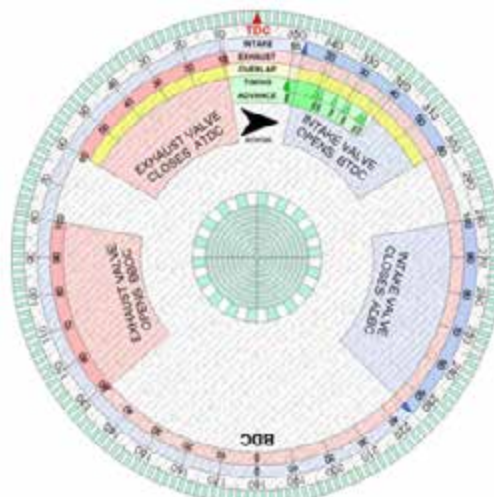


Figure 32-48: На рисунке слева представлена круговая диаграмма высокопроизводительного распределительного вала, справа на рисунке приведена круговая диаграмма, которая используется при исследовании фаз газораспределения собранного после ремонта двигателя, именуемого «degreeing» = дегриинг (от слова degree = градусная мера)

Обычный способ составления диаграммы фаз газораспределения представляет собой круговую диаграмму, иллюстрирующую продолжительность открытия впускного и выпускного клапана на спирали, отображающей два полных оборота коленчатого вала двигателя (720° угла поворота коленчатого вала).

На рисунок 32-48 отображена круговая диаграмма фаз газораспределения того же самого распределительного вала, линейная техническая характеристика которого была проиллюстрирована рисунком 32-47.

ПОДЪЕМНИКИ ИЛИ ТОЛКАТЕЛИ

НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Подъемники клапанов или толкатели должны точно следовать по наружному контуру кулачка распределительного вала. Эти механизмы обеспечивают преобразование вращательного движения кулачка в возвратно-поступательное движение привода клапанов.

В более ранних конструкциях подъемники клапанов имели относительно ровную поверхность, скользящую по кулачку распределительного вала. В большинстве современных двигателей толкатели оснащены роликом, который следует контуру кулачка распределительного вала.

Производители двигателей отдают предпочтение роликовым толкателям, поскольку они способны уменьшить силу трения в приводе клапанов до 8%. Снижение трения может оказать положительное влияние на топливную экономичность, что, в конечном счете, окупит затраты покупателя на оплату большей стоимости производства.

Смотри рисунок 32-49.

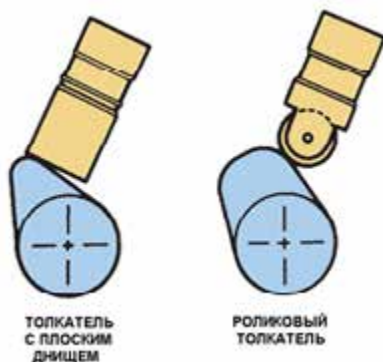


Рисунок 32-49: Старые двигатели использовали толкатели с плоским днищем, но, начиная с 1990 года, их вытеснили роликовые толкатели; источник: *Pearson Education, Inc.*

Все роликовые толкатели должны использовать фиксирующие или направляющие пластины для предотвращения вращения корпуса роликового толкателя. Фиксирующее устройство гарантирует, что ролик толкателя правильно ориентирован относительно поверхности кулачка. Смотри рисунок 32-50.



Рисунок 32-50: Все роликовые толкатели должны оснащаться фиксирующими, или направляющими устройствами, которые не позволяют толкателю повернуться вокруг его продольной оси; источник: *Pearson Education, Inc.*

КЛАПАННЫЙ ЗАЗОР

Зазор в приводе клапана, называемый клапанным зазором или тепловым зазором клапана, необходим, чтобы компенсировать тепловое расширение и износ деталей клапанного привода. Зазор в приводе клапана

не должен быть чрезмерным, поскольку это вызовет повышенный шум в работе двигателя, и вызовет преждевременный износ деталей.

Для того чтобы привести тепловые зазоры клапанов в соответствие со спецификацией, используются два основных метода.

- Первый метод предполагает наличие жесткого упорного пальца, наделенного регулировочным узлом, либо регулировочный узел, встроенный в коромысло клапана. При верхнем расположении распределительного вала подобный метод предполагает регулировки теплового зазора путем подбора толщины установленных в толкателе регулировочных шайб.
- Второй метод предполагает автоматическую регулировку теплового зазора путем встраивания в толкатель клапана или в коромысло клапана гидравлического регулятора, в просторечье именуемого гидрокомпенсатором.

ЖЕСТКИЙ ТОЛКАТЕЛЬ

Двигатели с верхним расположением клапанов с механическими толкателями клапанов, имеют регулировочный винт на конце толкателя, в коромысле или регулировочную гайку на сферическом шарнире коромысла, надетого на шпильку.

Регулируемые по длине штанги толкателей клапанов доступны для ограниченного числа специфичных моделей двигателей.

Регулировки привода клапанов, использующие жесткие толкатели или регулируемые упорные пальцы, должны обеспечивать некоторый зазор в приводе, который обеспечит плотное закрытие клапанов при любом температурном состоянии двигателя. Этот зазор будет постепенно выбираться при набегании на толкатель боковой стороны кулачка распределительного вала, называемой пандусом. (Кулачковые валы, предназначенные для применения с гидравлическими компенсаторами, не имеют подобных пандусов). Пандус позволяет плавно подвести толкатель клапана к его штоку, не вызывая соударения во время открытия клапана. На кулачке распределительного вала выполнен аналогичный пандус и на стороне, отвечающей за закрытие клапана.

Толкатель является жестким в том смысле слова, что он передает движение непосредственно от распределительного вала на штангу толкателя, на шток клапана, или на шток клапана, но через коромысло.

Жесткий толкатель клапана может представлять собой полый легкий цилиндр с углублением для установки регулировочной шайбы, легкий цилиндр с плоским или сферическим днищем, или оснащенный роликовым механизмом.

Толкатели клапанов, использующие гидравлическую компенсацию теплового зазора, внешне мало отличаются от жестких толкателей.

Смотри рисунок 32-51.



Рисунок 32-51: На рисунке показан жесткий толкатель клапана в разрезе. Поскольку в толкателе установлено седло штанги толкателя с отверстием для подачи масла на штангу толкателя, и на корпусе толкателя есть отверстия для подачи масла внутрь толкателя, его часто путают с толкателем, оснащенным гидрокompенсатором; источник: *Pearson Education, Inc.*

ГИДРОКОМПЕНСАТОРЫ

В состав гидравлического компенсатора входит полный корпус, охватывающий цилиндрический поршень (плунжер), седло толкателя, стопорное кольцо и обратный клапан. В качестве примера предлагаю рассмотреть устройство гидравлического компенсатора, встроенного в опорный палец коромысла привода клапана с верхним расположением распределительного вала.

Смотри рисунок 32-52.

Моторное масло под давлением подается к внешней стороне корпуса опорного пальца по каналам системы смазки двигателя. Проточка в корпусе опорного пальца позволяет маслу омывать всю поверхность корпуса. Затем масло через отверстие в плунжере проникает во внутреннюю полость плунжера. Через отверстия в корпусе опорного пальца масло под давлением проникает внутрь корпуса. Часть масла проникает в верхнюю часть плунжера, где установлена форсунка, разбрызгивающая масло на детали привода клапанного механизма. Часть масла через шариковый обратный клапан проникает в полость, расположенную в нижней части корпуса опорного пальца. Поступившее через обратный клапан масло воздействует на нижнюю часть плунжера, толкая его вверх.

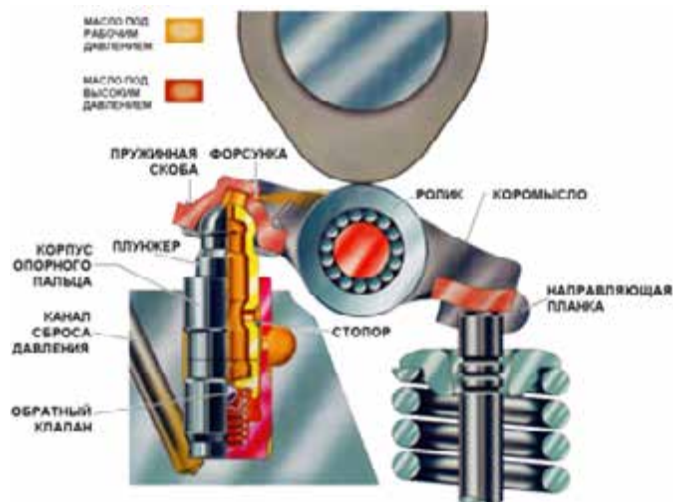


Рисунок 32-52: Устройство гидравлического компенсатора, встроенного в опорный палец привода клапана; источник: *INA*

Воздух из плунжера может удаляться через форсунку, а воздух из масляной магистрали системы смазки двигателя может быть вытеснен вместе с излишками масла через канал сброса давления.

Для удержания давления масла внутри плунжера на необходимом уровне, способном открыть обратный клапан, и проникнуть в полость между корпусом и плунжером, поток масла через форсунку ограничивается либо подбором диаметра отверстия в форсунке, либо установкой специального дозирующего клапана на выходе масла через форсунку. Масло, подаваемое через форсунку, проникает в открытый подшипник ролика, установленного в коромысле.

При набегании кулачка распределительного вала на ролик коромысла, последнее воздействует как на шток клапана, так и на плунжер опорного пальца, пытаясь вдавить его внутрь корпуса опорного пальца. Между корпусом опорного пальца и плунжером возникает высокое давление, которое, добавляя усилие сжатия пружины, удерживает шариковый или тарельчатый обратный клапан в закрытом состоянии. Часть масла может просочиться через зазор между плунжером и корпусом в напорную магистраль системы смазки, или наружу в картер газораспределительного механизма. После схода кулачка распределительного вала с ролика толкателя происходит закрытие обслуживаемого клапана, и ослабляется воздействие на плунжер. Вытекшее через зазоры масло компенсируется новой порцией масла, поступающего через обратный клапан из системы смазки двигателя.

Главная задача гидравлического компенсатора – выгнать все зазоры в механизме привода клапана.

Подчас, коленчатый вал двигателя сразу же после запуска разгоняют до высоких скоростей. Не успевший выбрать зазоры в приводе клапана гидравлический компенсатор не способен обеспечить корректную работу клапана, который под действием высоких динамических нагрузок совершает отскоки от седла клапана (клапанный поплавокый эффект). Гидравлический компенсатор выбирает все существующие зазоры в приводе клапана. Но если клапан производит отскок от седла, гидравлический компенсатор фиксирует его в этой позиции, не позволяя тарелке клапана плотно сесть на седло.

Этого явления не происходит, если после пуска двигателя некоторое время выдерживается в диапазоне скоростей, предписанных для прогрева двигателя.

СМАЗКА КЛАПАННОГО МЕХАНИЗМА

При верхнем расположении распределительного вала толкатели клапана получают смазку через каналы в головке цилиндров, в которые масло поступает из блока цилиндров. Если же в двигателе распределительный вал расположен в блоке цилиндров, масло к приводу клапанов подается через полые штанги толкателей клапанов, и далее через отверстия в штампованных из листовой стали коромыслах масло поступает к роликам коромысел и к штоку клапана. В двигателях с распределительным валом в блоке цилиндров гидравлические компенсаторы устанавливаются в цилиндрических выточках, выполненных в блоке цилиндров, и масло к гидравлическим компенсаторам подается по каналам, выполненным в блоке цилиндров.



РЕМАРКА:

В 5,7 литровом двигателе Chrysler 5,7 Hemi происходит противоположное. Масло к гидравлическим компенсаторам подается из головки цилиндров по полым толкателям клапанов.

Во всех остальных двигателях масло течет от гидравлического толкателя, установленного в блоке цилиндров двигателя, через полые штанги толкателей к приводу клапанного механизма.

Тем не менее, в двигателях Chrysler 5,5 Hemi, оснащенных системой отключения/подключения цилиндров (Multi-Displacement System или сокращённо MDS), масло подается к толкателям не для его последующей подачи к клапанному приводу через полые штанги толкателей, а для включения/отключения цилиндров путем принудительного закрытия/открытия клапанов гидравлическим способом.

СМАЗЫВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА

Распределительный вал, устанавливаемый в блоке цилиндров и верхним расположением клапанов (*OHV*) смазывается моторным маслом путем его разбрызгивания противовесами коленчатого вала. На низких скоростях вращения коленчатого вала может наблюдаться недостаточность смазывания распределительного вала. Для двигателей, оснащенных толкателями с плоским днищем, недостаточность смазки распределительного вала определяет необходимость работы двигателя на частоте вращения коленчатого вала около 2500 мин⁻¹ первые 10 минут после пуска двигателя. Высокие обороты холостого хода позволяют обеспечить достаточным количеством масляных брызг трущиеся поверхности распределительного вала, и позволяет моторному маслу поступить в каналы гидравлических компенсаторов, и далее по пустотельным штангам быть доставленным к механизмам привода клапанов в головке цилиндров.

ДИАГНОСТИКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ КЛАПАННОГО ПРИВОДА

СИМПТОМЫ

Частичный износ кулачков распределительного вала очень трудно диагностировать, не вскрывая двигатель.

Иногда изношенный привод клапана можно услышать по характерным звукам, напоминающим «тик, тик, тик». Тикающий звук может быть периодически появляющимся, что делает задачу поиска неисправности ещё сложнее.



Рисунок 32-52: Причина перебоев воспламенения в одном из цилиндров 3,1-литрового V-образного двигателя GM была выявлена после вскрытия крышки и обнаружения, что толкатель продавил насквозь коромысло; источник: Pearson Education, Inc.

Если двигатель имеет верхнее расположение распределительного вала (*ОНС*), как правило, сравнительно легко снять крышку клапанного механизма и сделать визуальный осмотр всех кулачков и остальной части клапанного механизма.

При верхнем расположении клапанов и распределительном вале в блоке цилиндров (*ОНV*), визуальный осмотр распределительного вала без его демонтажа становится невозможным. Однако всегда найдется альтернатива визуальной инспекции.

Смотри рисунок 32-53

ДИАГНОСТИКА ПО ЗВУКАМ РАБОТЫ КЛАПАНОВ

Толкатели клапанов при работе, особенно при старте холодного двигателя, издают довольно сильный шум. Когда двигатель останавливается, некоторые клапаны остаются открытыми. Сила сжатия клапанных пружин открытых клапанов вдавливает плунжеры гидравлических компенсаторов внутрь корпуса толкателя, выжимая из него масло. Поэтому многие автопроизводители считают тиканье клапанов при средних оборотах двигателя после пуска, считается нормой, особенно если тиканье «стихает» через 10...30 секунд работы двигателя.

Необходимо убедиться, что на двигатель установлен корректный масляный фильтр, и это фильтр оснащен встроенным обратным клапаном. Если фильтр вызывает у Вас сомнения, установите оригинальный фильтр, рекомендуемый производителем, и приобретенный через надежного дистрибьютера.

Если все клапаны «шумят», проверьте уровень масла. Если уровень масла низкий, возможен захват воздуха через масло-заборник, и подача воздушно-масляной смеси в систему смазки двигателя. Подобная смесь не позволяет нормально работать толкателям, оснащенными гидравлическими компенсаторами.

- Аэрация (попадание воздуха в масло) может быть вызвана следующими причинами:
- Низкое давление масла, которое способно вызвать шумность работы клапанов
- Уровень масла слишком высокий, поэтому масло перемешивается противовесами коленчатого вала, создавая масляную пену. Эта пена путешествует по системе смазки двигателя, поступая, в том числе, и в гидравлические компенсаторы.

Пена в гидравлических компенсаторах препятствует их нормальной работе, вызывая шумность работы толкателей. Если работы клапанов сопровождается аномальной шумностью, вскройте крышку клапанного механизма, и, нажимая на коромысла клапанов

работающего двигателя, определите, какие клапаны или приводы клапанов вызывают шумность работы двигателя.

Проверьте все нижеперечисленные элементы.

- Тепловые зазоры клапанов слишком велики
- Изношены кулачки распределительного вала
- Засорение, застревание, или износ гидравлических компенсаторов
- Изношенные коромысла (если транспортное средство оборудовано таковыми)
- Изношенные оси коромысел (см. рис. 32-54.)
- Изношены или погнуты штанги толкателей (если транспортное средство оборудовано таковыми)
- Сломаны или ослаблены пружины клапанов
- Застрявшие или деформированные клапаны

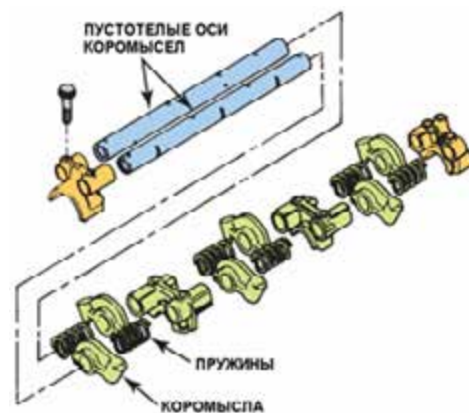


Рисунок 32-54: Коромысла на осях удерживаются в нужном положении пружинами и наборами шайб, которые необходимо демонтировать для тщательного осмотра состояния осей и коромысел; источник: *Pearson Education, Inc.*

Любая из вышеперечисленных причин может вызвать неустойчивость работы двигателя на холостом ходу, пропуски воспламенения, и обратные вспышки при разгоне двигателя.

СНЯТИЕ И УСТАНОВКА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА

ДВИГАТЕЛЬ С РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМ ВАЛОМ В БЛОКЕ ЦИЛИНДРОВ

Если вам предстоит ремонтировать двигатель с верхним расположением клапанов (*ОНV*), то конструкция этого двигателя предусматривает установку распределительного вала в блоке цилиндров над коленчатым валом двигателя.

Цепь привода распределительного вала (если двигатель оснащен токовой) должна быть снята вместе с

зубчатыми колесами сразу же после снятия крышки картера привода распределительного вала.

Ослабьте регулировочные винты коромысел, и выньте штанги толкателей.

Перед снятием распределительного вала выньте толкатели клапанов из блока цилиндров.



РЕМАРКА:

Если штанги толкателей и толкатели будут использоваться повторно, обеспечьте их взаимное хранение.



ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ:

Наблюдение за вращением штанг толкателей

Быстро и легко проверить состояние распределительного вала можно, наблюдая за штангами толкателя во время работы двигателя. Если штанги толкателей вращаются, то можно предположить, что распределительный вал в порядке.

Эта проверка уместна только на двигателях, у которых используются толкатели с плоским днищем. Благодаря небольшому углу рабочей поверхности кулачка, а также некоторому смещению оси толкателя относительно центральной плоскости кулачка, толкатель, и вместе с ним и штанга толкателя должна вращаться во время работы двигателя.

Чтобы наблюдать вращение, просто снимите крышку клапанного механизма и запустите двигатель. Если один или несколько штанг толкателей не вращаются, кулачок распределительного вала, или толкатель клапана изношен, и нуждается в замене.



ПОУЧИТЕЛЬНЫЙ ПРИМЕР

Шумная работа распределительного вала

Владельца автомобиля с 4-цилиндровым двигателем с верхним расположением распределительного вала (ОНС) беспокоит шумность работы двигателя.

После обращения в ряд авторемонтных мастерских, и предложения от нескольких техников заменить распределительный вал и толкатели, владелец пытается найти менее дорогостоящее решение проблемы. Наконец, один из техников заменил серпантинный ремень привода агрегатов в передней части двигателя, и «вылечил» шумный распределительный вал, «обломав» предыдущих диагностов.

Помните, ремень привода аксессуаров и его натяжители могут создавать шум, похожий на шумность работы клапанного механизма.

Многие двигатели были разобраны и/или перебраны из-за шума, причиной которого была одна из следующих неисправностей:

- Ослаблен или дефектен приводной ремень аксессуаров
- Ослаблены болты (гайки) крепления гибкой ведущей плиты гидротрансформатора.
- Неисправен механический топливоподкачивающий насос (если токовой применяется на двигателе).

ИЗМЕРЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ВАЛОВ

ИЗМЕРЕНИЕ БИЕНИЯ ЦИФЕРБЛАТНЫМ ИНДИКАТОРОМ

Все распределительные валы должны быть проверены на прямолинейность. Для этого распределительный вал укладывается крайними опорными шейками на V-образные опоры, и измеряется биение остальных опорных шеек на биение с помощью циферблатного индикатора.

Максимальное биение, измеряемое циферблатным индикатором, не должно превышать 0,05 мм (0,002 дюйма).

ИЗМЕРЕНИЕ ВЫСОТЫ КУЛАЧКА



Рисунок 32-55: Циферблатный индикатор используется для измерения высоты кулачка; источник: Pearson Education, Inc.

Иногда возникает необходимость измерения высоты профиля кулачков распределительного вала, чтобы

убедиться, что на двигателе установлен распределительный вал с предписанным профилем кулачков. Измерения производятся с помощью циферблатного индикатора, установленного в жестко закрепленный к головке цилиндров кронштейн, и полученные результаты измерений сравниваются со спецификацией. Смотри рисунок 32-55.



ПОУЧИТЕЛЬНЫЙ ПРИМЕР

«Горяченький» толкатель за 10 минут? Пожалуйста!

Техник, работающий в авторемонтной мастерской, обнаружил повышенный шум работы (неисправность) толкателя клапана на стареньком Chevrolet V-8.

Коллега поинтересовался, какое время займет замена толкателя, и услышал в ответ: «Меньше часа». (Заводская спецификация указывала, что эта работа занимает значительно большее время, чем заявленное техником «меньше часа»). Десять минут спустя техник вручил своему коллеге «горяченький» толкатель клапана, вынутый из двигателя.

Толкатель был извлечен из двигателя, благодаря выполнению следующих шагов.

1. Снимаем клапанную крышку.
2. Удаляем коромысло и штангу толкателя поврежденного клапана.
3. Удаляем распределитель зажигания.
4. Сильный магнит направляем через открытое отверстие распределителя в развал блоков цилиндров. (Если толкатель клапана не развалился, или нет лаковых отложений, неисправный толкатель может быть удален посредством сильного магнита).
5. Заменяемый толкатель прикрепляем к магниту, и направляем на его место через то же самое открытое отверстие распределителя зажигания.
6. Штангу толкателя используем для направления толкателя в гнездо блока цилиндров.

После обратной установки штанги толкателя и коромысла, и надлежащей регулировки теплового зазора двигатель был опробован, и возвращен заказчику менее чем через час.

ПОДБОР РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИСПОЛЬЗУЕМОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА

30 Как правило, при переборке двигателя используют распределительный вал той же спецификации, какой

применяется при заводской комплектации двигателя. Однако для автомобилей, которым требуется повышенная мощность, на двигатель может быть установлен широко-фазный (спортивный) распределительный вал, который имеет технические параметры, отличные от поставляемой заводской (стоковой) версии. Распространенная ошибка начинающих специалистов тюнинга двигателей – установка на двигатель чрезмерно широко-фазных распределительных валов, не соответствующих размерности двигателя. Чрезмерная длительность открытия клапанов не позволяет держать устойчивую частоту вращения холостого хода, не создает надлежащий уровень вакуума во впускном коллекторе и не позволяет получить достаточный уровень мощности на средних оборотах двигателя.

Например, гидравлический распределительный вал с длительностью открытия клапанов свыше 225° угла поворота коленчатого вала, измеренной при предварительном подъеме клапан от седла на 0,05 дюйма (1,27 мм), не предназначен для установки на обычный дорожный автомобиль с объемом одного цилиндра 350 куб. см. (см³). Этот двигатель не позволит производить частые остановки на светофорах, и/или перед пешеходными переходами, поскольку сброс газа через впускной клапан приведет к остановке двигателя.



РЕМАРКА:

Hydraulic Cam = гидравлический распределительный вал – вариант распределительного вала, пандусы кулачков которого выполнены для работы с гидравлическими компенсаторами

Hydraulic Roller Cam = гидравлический роликовый распределительный вал, предназначенный для совместной работы с роликовыми гидравлическими компенсаторами

Mechanical Roller Cam = механический роликовый распределительный вал предназначен для установки с роликовыми коромыслами

Solid Roller Cam = распределительный вал, предназначенный для работы с роликовыми жесткими толкателями

Solid Cam = жесткий распределительный вал – вариант распределительного вала, пандусы кулачков которого выполнены с учетом того, что без-роликовые рокеры привода клапанов одним концом упираются в регулируемый, или нерегулируемый жесткий палец.

Каждый из приведенных вариантов распределительного вала отличается не только профилем кулачков распределительного вала, но и термической обработкой материала кулачков и/или материалом кулачков распределительного вала.

Таблица 32-2: Сравнения, демонстрирующие эффект применения широко-фазного распределительного вала с различной высотой профиля кулачка на технические характеристики двигателя

ВАРИАНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	СЕДЕЛЬНАЯ ДЛИТЕЛЬНОСТЬ (В ГРАДУСАХ)	ПОДЪЕМ КЛАПАНА В ДЮЙМАХ/ МИЛЛИМЕТРАХ	ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ФАЗЫ ПРИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМ ОТРЫВЕ КЛАПАНА ОТ СЕДЛА 0,005 дюйма (1,27 мм)	ЭФФЕКТ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ
Дорожное движение	От 246 до 254	0,4/10,16	От 192 до 199	Ровная работа на холостом ходу. Диапазон от холостого хода до пика мощности = 4500 мин ⁻¹
Дорожное движение	262	0,432/10,97	207	Широкий диапазон мощности при устойчивых оборотах холостого хода. Диапазон от холостого хода до пика мощности = 4800 мин ⁻¹
Дорожное движение	266	0,441/11,20	211	Устойчивый холостой ход для объема до 350 см ³ на цилиндр. Диапазон от холостого хода до пика мощности = 5200 мин ⁻¹
Дорожное движение/дрэг стрип (дрэг рейсинг)	272	0,454/11,53	217	Низкие обороты холостого хода. Диапазон от холостого хода до пика мощности = 5500 мин ⁻¹
Дорожное движение/дрэг стрип (дрэг рейсинг)	290	0,5/12,7	239	Неустойчивые обороты холостого хода. Диапазон от холостого хода до пика мощности = 5500...6500 мин ⁻¹

Drag strip – короткий разгон автомобиля на прямой трассе или на треке

Drag racing – короткие заезды автомобилей по прямой с целью продемонстрировать разгонные характеристики тюнингованного автомобиля.

Seat Duration = седельная длительность – полная продолжительность фазы поворота коленчатого вала в градусах, во время которой кулачок распределительного вала лишает контакта тарелку клапана с седлом.



ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ

Обратитесь к рекомендациям производителя автомобильного двигателя для выяснения, какой распределительный вал наиболее подходит для ремонтируемого двигателя.

Будьте готовы представить им следующую информацию

Engine make and size = Марка двигателя и его литраж

Weight of the vehicle = Вес транспортного средства

Type of transmission = Тип трансмиссии

Final drive gear ratio = Передаточное отношение финальной (главной) передачи

Intended use of the vehicle = Планируемые условия эксплуатации автомобиля.

ВАРИАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ФАЗАМИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Обычно распределительные валы постоянно синхронизируются с коленчатым валом так, что они открывают впускные и выпускные клапаны в каждом из цилиндров в строго определенный момент времени каждого цикла работы двигателя. В двигателе впускной клапан открывается незадолго до прихода поршня в верхнюю мертвую точку (ВМТ), и закрывается спустя 60° угла поворота коленчатого вала, но после прихода поршня в нижнюю мертвую точку (НМТ), причем, эти параметры открытия и закрытия клапанов соблюдаются, независимо от скорости вращения двигателя. В современных автомобильных двигателях распределительному валу предоставили возможность изменять положение синхронизации относительно коленчатого вала, тем самым меняя характеристики двигателя в зависимости от скорости вращения коленчатого вала, и нагрузки на двигатель.

Таблица 32-3: Целью варьирования фазами газораспределения является получение большего крутящего момента двигателя и мощности в широком диапазоне оборотов двигателя и нагрузки.

ВАРИАНТЫ РЕЖИМОВ	ИЗМЕНЕНИЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА	ЦЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ	ПОЛУЧЕННЫЙ РЕЗУЛЬТАТ
Обороты холостого хода	Не изменяется	Минимизация длительности перекрытия клапанов	Стабилизация холостого хода
Малая моторная нагрузка	Задержка открытия и закрытия клапана	Уменьшение перекрытия клапанов	Стабильная мощность двигателя
Средняя моторная нагрузка	Смещение вперед открытия и закрытия клапана	Увеличение перекрытия клапанов	Улучшение топливной экономичности при снижении эмиссии
Низкие и средние обороты при высоких моторных нагрузках	Смещение вперед открытия и закрытия клапана	Раннее закрытие впускного клапана	Увеличение крутящего момента в средних и низких диапазонах скоростей
Высокие скорости вращения при высоких моторных нагрузках	Запаздывание открытия и закрытия клапана	Запаздывание закрытия впускного клапана	Увеличение выходной мощности двигателя

Многие производители автомобилей и автомобильных двигателей используют три основных способа изменения фаз газораспределения.

1. На 4-х и 6-цилиндровых двигателях с верхним расположением распределительных валов распределительный вал, отвечающий за открытие клапанов выпуска отработавших газов, может смещать углы открытия и закрытия выпускных клапанов
2. На многих двигателях возможностью смещать углы открытия и закрытия клапанов наделили оба распределительных вала: и впускной и выпускной
3. Представили возможность изменения положения распределительного вала относительно положения

коленчатого вала при установке распределительного вала в блоке цилиндров

Системы вариативного управления фазами газораспределения позволяют оперировать клапанами в расчетных точках полного цикла работы двигателя для получения большей мощности и снижения эмиссии вредных веществ.

Смотри таблицу 32-3.

Системы изменений фаз газораспределения стали широко использоваться следующими производителями транспортных средств:

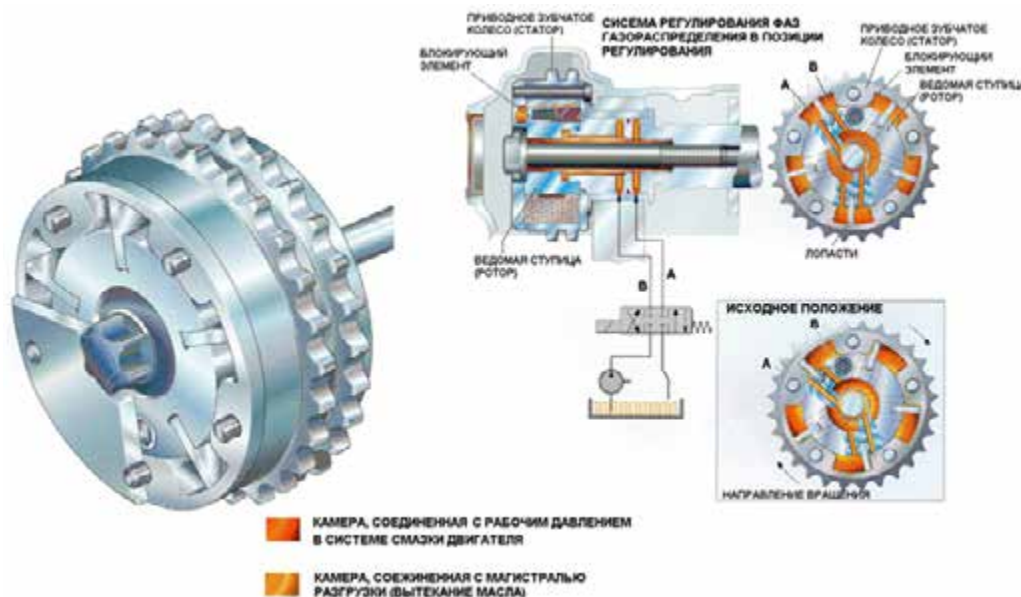


Рисунок 32-56: Система управления фазами газораспределения *NWFK* (Регулятор с лопастным приводом и цепной передачей), использующая лопастный исполнительный механизм перестановки распределительного вала, кулачки которого открывают впускные или выпускные клапаны; источник: *INA*

Таблица 32-4: Варианты систем изменения фаз газораспределения и регулирования хода клапана, применяемых различными производителями автомобилей (список неполный)

Производитель автомобиля	Применяемые системы изменения фаз газораспределения
<i>Alfa Romeo, Citroën, Geely, Hyundai, Iran Khodro, Kia, Lada, Peugeot, Renault, Volvo</i>	<i>CVVT (Continuous Variable Valve Timing)</i>
<i>Audi</i>	<i>Valvelift (Variable valve lift)</i>
<i>BMW</i>	<i>Vanos (нем. Variable Nockenwellensteuerung)</i>
<i>Chrysler, General Motors, Proton, Suzuki, Volkswagen Group</i>	<i>VVT (Variable Valve Timing)</i>
<i>Daihatsu, Perodua</i>	<i>DVVT (Dynamic Variable Valve Timing)</i>
<i>Ford, Yamaha</i>	<i>VCT (Variable Cam Timing)</i>
<i>General Motors</i>	<i>DCVCP (Dual Continuous Variable Cam Phasing)</i>
<i>Great Wall Motor</i>	<i>CVVL (Continuous Variable Valve Lift)</i>
<i>Honda, Acura</i>	<i>i-VTEC (Intelligence Variable Valve Timing and Lift Electronic Control)</i>
<i>Hyundai, Kia</i>	<i>VTVT (Variable Timing Valve Train)</i>
<i>Mazda</i>	<i>S-VT (Sequential Valve Timing)</i>
<i>MG Rover</i>	<i>VVC (Variable Valve Control)</i>
<i>Mitsubishi</i>	<i>MIVEC (Mitsubishi Innovative Valve timing Electronic Control system)</i>
<i>Nissan</i>	<i>VVL (Nissan Ecology Oriented Variable Valve Lift and Timing) N-VCT (Nissan Variable Cam Timing) N-VTCS (Nissan Valve Timing Control System)</i>
<i>Nissan, Infiniti</i>	<i>VVEL (Nissan Variable Valve Event and Lift) CVTCS (Continuous Variable Valve Timing Control)</i>
<i>Porsche</i>	<i>Vario Cam</i>
<i>Proton</i>	<i>CPS (CamPro engine)</i>
<i>Subaru</i>	<i>AVLS (Active valve lift system) I-AVLS (I-Active Valve Lift System) AVCS (Active valve control system)</i>
<i>Toyota, Lexus</i>	<i>VVT (Variable Valve Timing); VVT-i (Variable Valve Timing and Lift intelligent system); DVVT-i (Dual Variable Valve Timing with intelligence); VVT-iE (Variable Valve Timing — intelligent by Electric motor); Valvematic.</i>

В системе, которая управляет перестановкой только впускного распределительного вала, распределительный вал переставляется на ранее открытие и закрытие впускных клапанов на низких оборотах двигателя для повышения крутящего момента на низких оборотах. При высоких оборотах двигателя, впускной распределительный вал переставляется, например, с помощью косозубой (винтовой) шестерни, на более позднее открытие/закрытие впускного клапана с помощью давления масла в системе смазки двигателя. Если при перестановке распределительного вала на высоких оборотах впускной клапан закроется позднее, сила инерции быстро движущихся масс воздуха позволяет улучшить наполняемость цилиндра.

Система управления фазами газораспределения может производить перестановку только распределительного вала, отвечающего за выпуск отработавших газов. Двигатели, использующие подобную систему, например 4,2-литровый 6-цилиндровый двигатель *GM*, могут не иметь внешнюю систему рециркуляции выхлопных газов (*EGR*), поскольку ранее закрытие впускного клапана позволит оставить в цилиндре некоторое количество выхлопных газов, которые в иных двигателях направляются в цилиндр через клапан *EGR*.

В некоторых двигателях применяется система, которая управляет перестановкой как впускного, так и выпускного распределительного вала.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Исполнительное устройство изменения фаз газораспределения включает в себя два основных элемента:

- Лопастной регулятор фаз газораспределения, и
- Масляный регулирующий клапана.

Регулирующий клапан может направлять поток масла из системы смазки двигателя в одну из полостей лопастного регулятора: полость *A*, или полость *B*.

Смотри рисунок 32-56.

Механизм управления фазами газораспределения находится в передней части распределительного вала.

Для обеспечения работы механизма управления во время старта двигателя внутри механизма управления установлен подпружиненный штифт, который блокирует механизм в исходном положении. Как только давление масла в системе смазки двигателя достигнет установленного уровня, блокирующий штифт отжимается давлением масла, и механизм переводится в состояние готовности к перестановке распределительного вала в требуемое положение. Трехпозиционный 4-ходовой золотниковый механизм двумя входам связан с каждой из двух полостей исполнительного механизма управления перестановкой распределительного вала. Моторное масло под давлением, обеспечиваемым масляным насосом системы смазки, подается к одному из входных отверстий золотникового механизма. Второе входное отверстие золотникового механизма связано со сливной магистралью.

Электромагнитная катушка золотникового механизма получает управляющий сигнал от модуля управления двигателем.

мается давлением масла, и механизм переводится в состоянии готовности к перестановке распределительного вала в требуемое положение. Трехпозиционный 4-ходовой золотниковый механизм двумя входам связан с каждой из двух полостей исполнительного механизма управления перестановкой распределительного вала. Моторное масло под давлением, обеспечиваемым масляным насосом системы смазки, подается к одному из входных отверстий золотникового механизма. Второе входное отверстие золотникового механизма связано со сливной магистралью.

Электромагнитная катушка золотникового механизма получает управляющий сигнал от модуля управления двигателем.

Смотри рисунок 32-57.

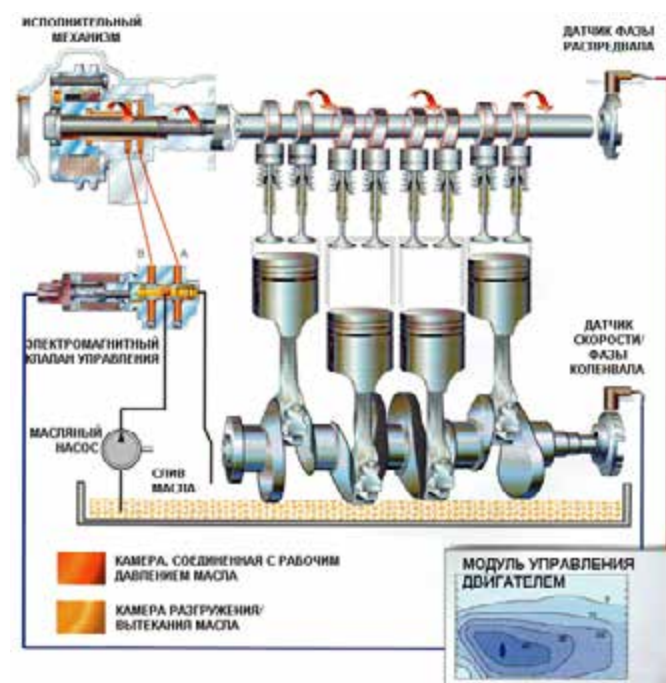


Рисунок 32-57: Схематическое изображение системы управления фазами газораспределения; источник: *INA*

Рисунок 32-55: Система управления фазами газораспределения *NWFK* (Регулятор с лопастным приводом и цепной передачей), использующая лопастной исполнительный механизм перестановки распределительного вала, кулачки которого открывают впускные или выпускные клапаны; источник: *INA*

Механизм управления фазами газораспределения находится в передней части распределительного вала.

Для обеспечения работы механизма управления во время старта двигателя внутри механизма управления установлен подпружиненный штифт, который блокирует механизм в исходном положении. Как только давление масла в системе смазки двигателя достигнет установленного уровня, блокирующий штифт отжи-

Управление фазами газораспределения производится модулем управления двигателем, в память которого внесена картография зависимости положения распределительного вала в зависимости от нагрузки и скорости двигателя. Информацию о скорости вращения модуль управления получает от датчика скорости/фазы коленчатого вала двигателя. Информация о нагрузке на двигатель рассчитывается по показаниям датчиков давления воздуха во впускном коллекторе, расходомера воздуха и датчика положения дроссельной заслонки. Исполнение команды о перестановке распределительного вала относительно приводного зубчатого колеса проверяется по показаниям датчика фазы распределительного вала.

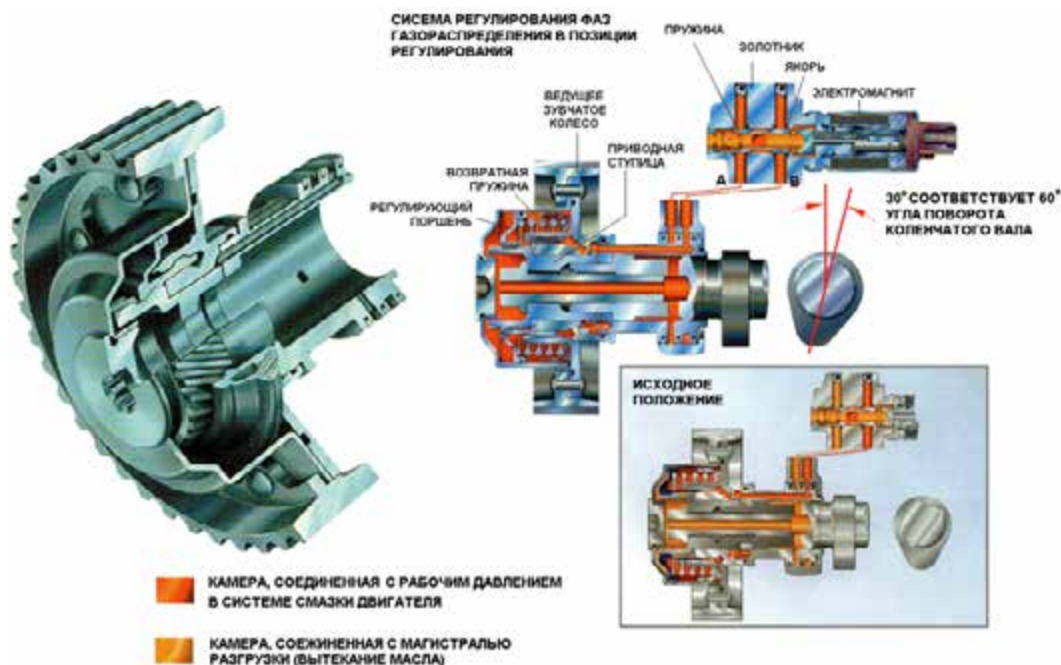


Рисунок 32-58: Механизм регулирования фаз газораспределения *NWER* (Регулятор с косозубым зацеплением в ременном приводе) путем перестановки распределительного вала давлением масла в системе смазки двигателя; источник: *ИТА*

Как было сказано выше, для каждого распределительного вала двигателя имеется отдельный электромагнитный клапан, который управляется модулем по отдельной картографии. Для распределительного вала, управляющего клапанами выпуска отработавших газов – своя картография, учитывающая необходимость перестановки вала выпуска отработавших газов и необходимость присутствия в камере сгорания части отработавших газов (*EGR*). Для распределительного вала, отвечающего за работу впускных клапанов – своя картография, учитывающая скорость и нагрузку на двигатель, и обеспечивающая наиболее выгодное формирование крутящего момента на каждом эксплуатационном режиме работы двигателя.

На рисунке 32-58 показана схема управления фазами газораспределения в случае обеспечения вращения распределительного вала зубчатым ремнем, и использующая иной метод перестановки распределительного вала относительно приводного звена.

В исходном положении регулятора фаз газораспределения возвратная пружина отжимает регулирующий поршень в позицию, соответствующую обычному (исходному) положению кулачкового вала, открывающего впускные клапаны.

Соленоид электромагнитного регулирующего масляного клапана (*OCV = Oil Control Valve*), являющегося исполнительным устройством систему управления фазами газораспределения, не получает электрического сигнала от модуля управления двигателем, и моторное масло из регулирующей ка-

меры может стекать через открытый золотник *OCV* в картер клапанного механизма, и далее в масляный поддон. В этом случае кулачок, отвечающий за открытие впускного клапана, находится в исходном положении, соответствующем открытию впускного клапана за 10° до ВМТ, и закрытием клапана 40° после НМТ. Получая сигналы от датчиков скорости вращения коленчатого вала и датчика позиционирования распределительного вала, модуль управления отслеживает за скоростью вращения и нагрузкой, воспринимаемой двигателем.

Если возникают условия перестановки распределительного вала, модуль управления двигателем подает управляющий сигнал на соленоид клапана *OCV*, и золотниковый механизм направляет моторное масло, находящееся под рабочим давлением, в управляющую камеру под регулирующей поршень. Поршень, преодолевая силу сжатия возвратной пружины, перемещается в сторону распределительного вала, и косозубое зацепление вынуждает распределительный вал повернуться относительно приводного зубчатого колеса на угол от 30° до 60° угла поворота коленчатого вала

Смотри рисунок 32-59.

Положение распределительного вала относительно приводного зубчатого колеса зависит от заполнения камер *A* и *B* моторным маслом. Управление золотником посредством электромагнитной катушки (соленоид), получающей импульсный сигнал различной

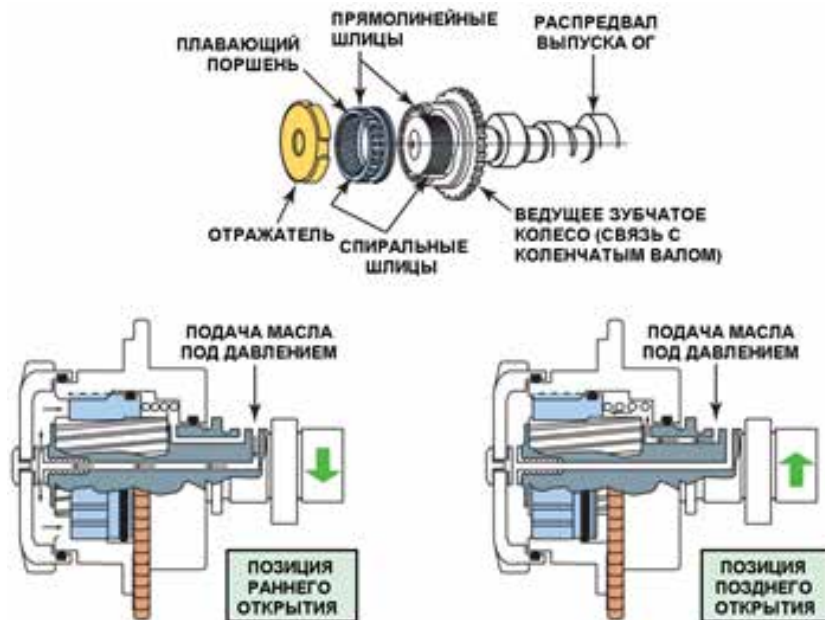


Рисунок 32-58: Узел регулирования положения распределительного вала со спиральным шлицевым механизмом; источник: *Pearson Education, Inc.*

длительности, позволяет плавно регулировать заполнение поршневой и пружинной полости. Это, в свою очередь, позволяет производить плавное регулирование угла поворота распределительного вала относительно приводного зубчатого колеса. Варьируя положение распределительных валов относительно приводных зубчатых колес, система управления позволяет обеспечить высокий крутящий момент на всех режимах работы двигателя, при этом снижая выбросы вредных веществ и обеспечивая высокую топливную эффективность.

Смотри таблицу 32-5.

Варьируя позицией распределительного вала, отвечающего за выпуск отработавших газов, производители автомобильных двигателей смогли обеспечить самые высокие требования по снижению содержания оксидов азота (NO_x) в отработавших газах, и исключили необходимость применения внешней системы рециркуляции выхлопного газа (*EGR*), переведя двигатель на так называемую внутреннюю рециркуляцию выхлопного газа. Модуль управления двигателем решает, какое количество выхлопных газов можно оставить в цилиндрах двигателя без ущерба для крутящего момента и мощности двигателя, но препятствуя образованию оксидов азота в камерах сгорания двигателя. Как правило, производители автомобильных двигателей наделяют возможностью плавной перестановки распределительного вала на угол от 0° до 50° относительно позиции коленчатого вала двигателя.

В настоящее время наибольшее распространение получили два способа измерения позиции распределительного вала относительно приводного зубчатого колеса, или относительно позиции коленчатого вала.

Шлицевой регулятор (*Spline phaser* = в техническом лексиконе «Слайн фазер» или «Шлицевой фазовращатель»)

В основном используется на двигателях с верхним расположением распределительных валов

Лопастной регулятор (*Vane phaser* = в техническом лексиконе «Вайн фазер» или «Лопастной фазовращатель»)

Используется как на двигателях с верхним расположением распределительных валов (*OHC*), так и на двигателях с расположением распределительного вала в блоке цилиндров (*OHV*).

СИСТЕМА СО СПИРАЛЬНЫМ ШЛИЦЕВЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ФАЗ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Система со спиральным шлицевым фазовращателем, часто называемая «*Valve Cam Phaser = VCP*», состоит из следующих компонентов.

- Модуля управления двигателем
- Узла перестановки распределительного вала
- Датчика фазы распределительного вала

Смотри рисунок 32-59.

Таблица 32-5: Изменение положения распределительного вала, отвечающего за выпуск отработавших газов, позволяет снизить эмиссию вредных веществ, в то время как перестановка распределительного вала, отвечающего за работу впускных клапанов, обеспечивает высокий крутящий момент и мощность на всех эксплуатационных режимах работы двигателя.

ИЗМЕНЕНИЕ ФАЗЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА	УЛУЧШЕНИЯ
Изменение фазы выпускного вала	Снижает эмиссию вредных веществ
Изменение фазы выпускного вала	Улучшает топливную экономичность, снижая насосные потери
Изменение фазы впускного вала	Увеличивает крутящий момент на низких скоростях
Изменение фазы впускного вала	Увеличивает мощность на высоких скоростях

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ СО СПИРАЛЬНЫМ ШЛИЦЕВЫМ МЕХАНИЗМОМ

Большая часть систем управления двигателем для управления исполнительным механизмом перестановки распределительного вала использует принцип широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Поток масла и уровень его давления регулируется управляющим золотниковым клапаном, который направляет масло в порты цилиндрического гидравлического распределительного устройства, установленного на распределительном валу двигателя. Из гидравлического распределителя масло под давлением подается к плавающему поршню регулятора фаз газораспределения. Плавающий поршень надет на спиральную ступицу, являющуюся частью распределительного вала. Этот же поршень имеет прямолинейные зубья на внешней

его поверхности, посредством которых поршень связан с ведущим узлом механизма – приводным зубчатым колесом.

Когда модуль управления двигателем подает команду на увеличение давления масла, поступающего к поршню, плавающий поршень начинает перемещаться внутри корпуса механизма управления фазами газораспределения. Прямолинейные зубья связывают поршень с ведущим звеном – приводным зубчатым колесом, а спиральные зубья связывают поршень с распределительным валом. Поршень преодолевает силу сжатия возвратной пружины, и чем глубже поршень будет погружен внутрь корпуса регулятора, тем на больший угол будет переставлен распределительный вал относительно положения приводного зубчатого колеса. Поворот распределительного вала относительно приводного зубчатого колеса вызывает

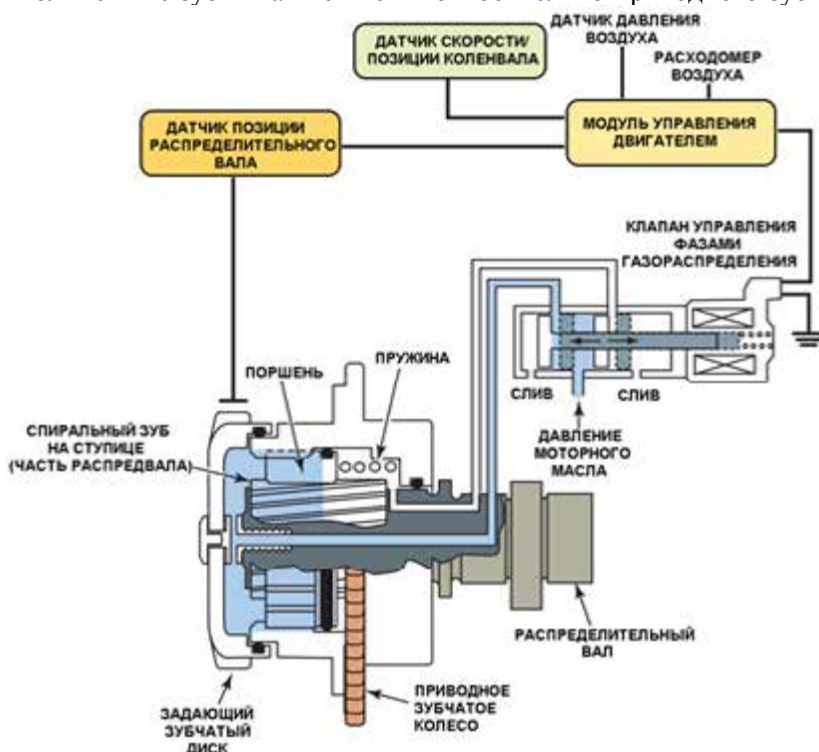


Рисунок 32-60: Принципиальная схема управления фазами газораспределения посредством исполнительного механизма со спиральными зубьями; источник: Pearson Education, Inc.

ранее открытие впускных клапанов, или запаздывание открытия выпускных клапанов, в зависимости от того, на каком из распределительных валов установлен фазовращатель.

Смотри рисунок 32-60.



РЕМАРКА:

Уникальная конструкция распределительный вал в распределительном вале (Cam-In-Cam) используется на 2008 и более новых V10 OHV двигателях Dodge Viper. Такая конструкция позволяет кулачкам, отвечающим за выпуск отработавших газов, поворачиваться на угол до 36°, снижая эмиссию вредных веществ с выхлопными газами.



Рисунок 32-61: Технология Cam-In-Cam (CIC) предусматривает «сложение» двух отдельных распределительных валов – отвечающего за впуск и отвечающего за выпуск – вместе. Распределительный вал, отвечающий за выпуск, установлен внутри распределительного вала, отвечающего за впуск. Кулачки выпускного распределительного вала могут поворачиваться вместе со вставляемым выпускным распределительным валом на угол до 36° относительно положения впускного распределительного вала; источник: Mahle



ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ

Проверьте защитные экраны на масляном регулирующем клапане, если возникают проблемы в работе двигателя

Если в выхлопных газах повышено содержание NOx, или в памяти модуля управления двигателя записан код неисправности, связанный с фазами газораспределения, снимите контрольный клапан и проверьте засорение масляного экрана. Нерегулярная замена моторного масла может вызвать засорение экрана, тем самым препятствуя нормальной работе клапана.

Неустойчивый холостой ход – весьма распространенная жалоба, связанная с невозможностью вернуть распределительный вал в положение холостого хода после длительной поездки.

Смотри рисунок 32-62.

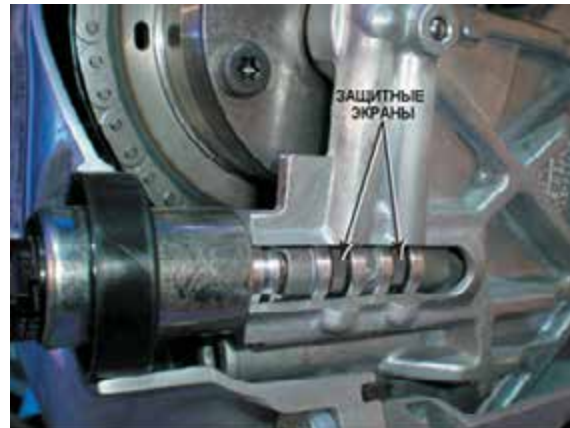


Рисунок 32-62: Засорение защитных экранов, предназначенных для защиты управляющего клапана от мусора и грязи, может сделать неработоспособной систему управления фазами газораспределения. Эта неисправность фиксируется в виде диагностического кода P0017 (ошибка, связанная с синхронизацией распределительного вала по отношению к коленчатому валу); источник: Pearson Education, Inc.

СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ФАЗ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ С ВЕРХНИМ РАСПОЛОЖЕНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА ЛОПАСТНЫМ МЕХАНИЗМОМ

Система регулирования фаз газораспределения для двигателей с верхним расположением распределительного вала (ОHC) использует датчики положения распределительного вала (Camshaft Position Sensor = CMP) для каждого из распределительных валов. Каждый распределительный вал имеет свой привод и собственный масляный регулирующий клапан (Oil Control Valve = OCV). Вместо исполнительного механизма с винтовыми шлицами используется исполнительный механизм лопастного типа с четырьмя лопастями (лопастной фазовращатель), установленный на конце распределительного вала. Ротор, соединенный с распределительным валом, установлен внутри статора, который винтами прикреплен к ведущей звездочке привода распределительного вала. Статор и ротор фазовращателя не имеют механического соединения. Давление масла контролируется с обеих сторон лопастей ротора, создавая гидравлическую связь между двумя частями фазовращателя. Масляный регулирующий

ющий клапан устанавливает баланс давлений по обе стороны лопастей, тем самым управляет положением распределительного вала относительно приводного звена.

Возвратная пружина, установленная под задающим зубчатым кольцом исполнительного механизма, помогает вернуть в исходное положение, или нулевое положение регулировки фаз газораспределения.

Смотри рисунок 32-63.

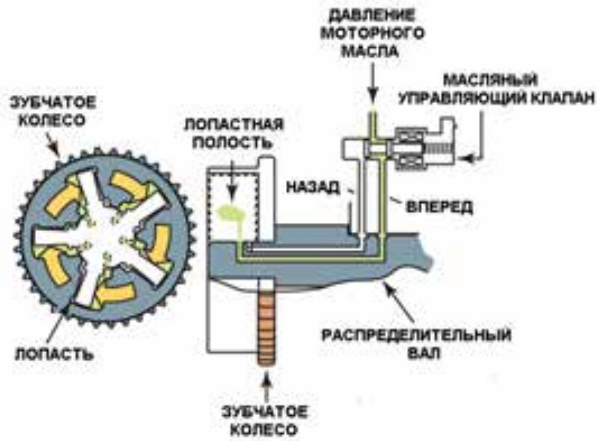


Рисунок 32-63: Лопастной регулятор фаз газораспределения поворачивает распределительный вал относительно приводного зубчатого колеса за счет давления масла, формируемого по обе стороны лопастей с помощью масляного управляющего клапана; источник: *Pearson Education, Inc.*

МАГНИТОУПРАВЛЯЕМЫЕ ЛОПАСТНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ ФАЗ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Этот тип регулятора использует 12-вольтовые сигналы, подаваемые модулем управления двигателем на электромагнитное исполнительное устройство, которое оперирует золотником масляного управляющего клапана (ОСУ). Модуль управления двигателем формирует 12-вольтовый электрический сигнал широтно-импульсной модуляции.

Магнитоуправляемый регулятор фаз, как правило, используют на двигателях с двумя распределительными валами, установленными в головке цилиндров: один – для управления впускным валом, второй – для управления распределительным валом, отвечающим за выпуск отработавших газов.

Масляный управляющий клапан направляет поток моторного масла под давление в камеру опережения или запаздывания лопастного исполнительного механизма, который переставляет распределительный вал относительно углового положения коленчатого вала. Смотри рисунок 32-64.

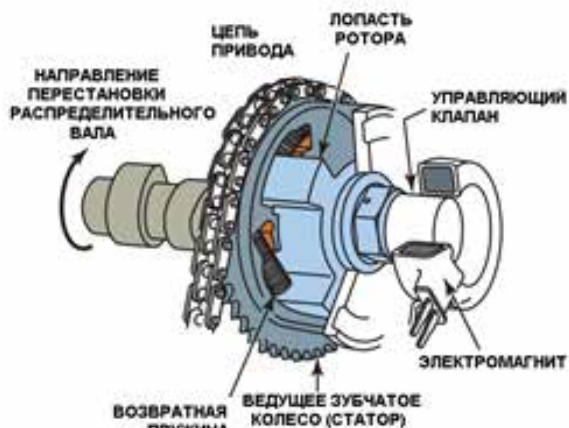


Рисунок 32-64: Магнитоуправляемый лопастной регулятор фаз газораспределения; источник: *Pearson Education, Inc.*

При изменении ширины импульса электрического сигнала происходит следующее.

Ширина импульсного сигнала 0%. Масло под давлением направляется в камеру опережения исполнительного механизма распределительного вала, отвечающего за выпуск отработавших газов, и в камеру запаздывания исполнительного механизма впускного распределительного вала.

Ширина импульсного сигнала 50%. Модуль управления двигателем удерживает распределительный вал в ранее установленной позиции.

100% ширина электрического импульсного сигнала. Масло под давлением направляется в камеру запаздывания исполнительного механизма распределительного вала, отвечающего за выпуск отработавших газов, и в камеру опережения исполнительного механизма распределительного вала, отвечающего за впуск свежего заряда в цилиндры двигателя.

Кулачок распределительного вала, отвечающего за впуск свежего заряда, может переставляться на угол до 40°, а распределительный вал, отвечающий за выпуск отработавших газов – на угол до 50°.

Чтобы обеспечить наилучший крутящий момент во всем диапазоне частот вращения коленчатого вала, при этом обеспечить наименьшую эмиссию, модуль управления двигателем использует сигналы от следующих датчиков:

- скорости двигателя = *Engine speed (RPM)*
- абсолютного давления = *MAP sensor*
- позиции коленчатого вала = *Crankshaft position (СКР)*
- позиции распределительного вала = *Camshaft position (СМР)*

- барометрического давления = *Barometric pressure (BARO)*



РЕМАРКА:

УСТРОЙСТВО ПЕРЕСТАНОВКИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА, УСТАНОВЛЕННОГО В БЛОКЕ ЦИЛИНДРОВ

В двигателях с распределительным валом, установленным в блоке цилиндров, магнитоуправляемый исполнительный механизм отвечает за позиционирование распределительного вала по отношению к положению коленчатого вала двигателя. Этот тип регулятора не способен изменять продолжительность открытия или ход клапана. Внутри исполнительного механизма установлен лопастной ротор, который крепится к распределительному валу двигателя.

Давление масла из системы смазки подается на лопасти исполнительного механизма, которые поворачивают ротор механизма вместе с распределительным валом относительно статора, связанного цепной передачей с коленчатым валом двигателя. Золотник электромагнитного клапана исполнительного механизма направляет поток масла либо в полость опережения открытия, либо в полость запаздывания открытия клапанов.

Смотри рисунок 32-65.

Модуль управления двигателем посылает широтно-импульсный сигнал на электромагнитный соленоид, управляющий клапаном позиции распределительного вала. Осевое перемещение золотника в корпусе клапана используется для перенаправления потока масла под давлением к лопастному исполнительному устройству. Чем больше ширина импульса электрического сигнала, тем больший поток масла направляется к исполнительному устройству, и тем больше изменяется угол поворота распределительного вала.



Рисунок 32-65: Золотниковый механизм электромагнитного клапана, используемого для регулирования фаз газораспределения поворотом распределительного вала, установленного в блоке цилиндров; источник: Pearson Education, Inc.

Когда двигатель останавливается, и давление масла снижается до нуля, возвратная пружина исполнительного механизма поворачивает ротор вместе с распределительным валом в исходное положение, и фиксирующий штифт соединяет ротор со статором. Это необходимо для предотвращения шума во время пуска двигателя, когда давления масла ещё не достигло уровня, необходимого для активации исполнительного механизма перестановки коленчатого вала. После запуска давление масла отжимает фиксирующий штифт, и исполнительное устройство начинает активную работу по регулированию фаз газораспределения.

ВАРЬИРУЕМЫЙ ХОД КЛАПАНА И СИСТЕМА ДЕАКТИВАЦИИ ЦИЛИНДРА

СИСТЕМА ВАРИАТИВНОГО ОТКРЫТИЯ КЛАПАНА

Continuous Variable Valve Lift (CVVL)

Самой ранней системой регулирования высоты подъема клапанов принято считать систему *VTEC Honda*, в которой величина открытия клапана производилась путем переключения в выбранной пороговой точке между медленным и быстрым вращением распределительного вала. Такой дискретный механизм не только формирует ступеньку в кривой мощности (которая воспринимается как «грубое переключение»), но это является в некотором роде компромиссом между мощностью и топливной экономичностью.

В идеале, система переменной высоты подъема клапана должна подчиняться следующим требованиям: чем выше скорость вращения коленчатого вала, тем больше должен подниматься клапан от своего седла, обеспечивая больший приток воздуха в цилиндр.

Если произвести сравнительную оценку работы си-

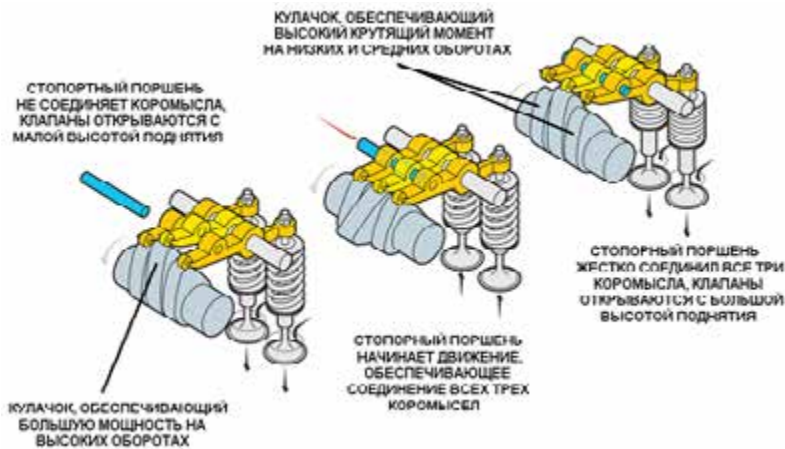


Рисунок 32-66: Стопорный поршень выдвинут, что позволяет каждому из трех коромысел описывать профиль каждого из трех кулачков, но среднее коромысло не оказывает воздействие на клапаны. Если стопорный поршень соединяет три коромысла, все коромысла вынуждены описывать профиль среднего кулачка, обеспечивая большой подъем тарелки клапана относительно седла; источник: *Honda*

стемы впуска воздуха с фиксированной высотой подъема клапана с желаемой характеристикой наполнения цилиндра, можно проследить, что нарушение соответствия наблюдается в диапазоне от средних до максимальных частот вращения коленчатого вала двигателя, поскольку фиксированная высота подъема клапана не обеспечивает полноценного заполнения цилиндра необходимым количеством свежего заряда. На низких оборотах высоту подъема желательно уменьшить, чтобы обеспечить высокую скорость движения потока газов в цилиндре двигателя во время его наполнения. Однако, плавное регулирование высоты подъема клапана позволяет столь же плавно регулировать выходную мощность двигателя, не прибегая к использованию дроссельной заслонки, тем самым уменьшая насосные потери.

Пример: *Honda/Acura VTEC*

Компания *Honda/Acura* использует систему вариативного управления распределительным валом и ходом клапана, получившая название *VARIABLE VALVE TIMING and LIFT ELECTRONIC CONTROL (VTEC)*. Эта система использует два различных кулачка распределительного вала для высоких и для низких оборотов вращения коленчатого вала. Когда двигатель работает на холостых оборотах и скоростях ниже примерно 4000 мин⁻¹, клапаны открываются кулачками распределительного вала, оптимизированного на максимум крутящего момента и топливной экономичности. Если частота вращения двигателя достигает заданной скорости, (которая зависит от марки и модели автомобиля), компьютер включает соленоид, открывая золотниковый клапан. После открытия золотникового клапана масло из си-

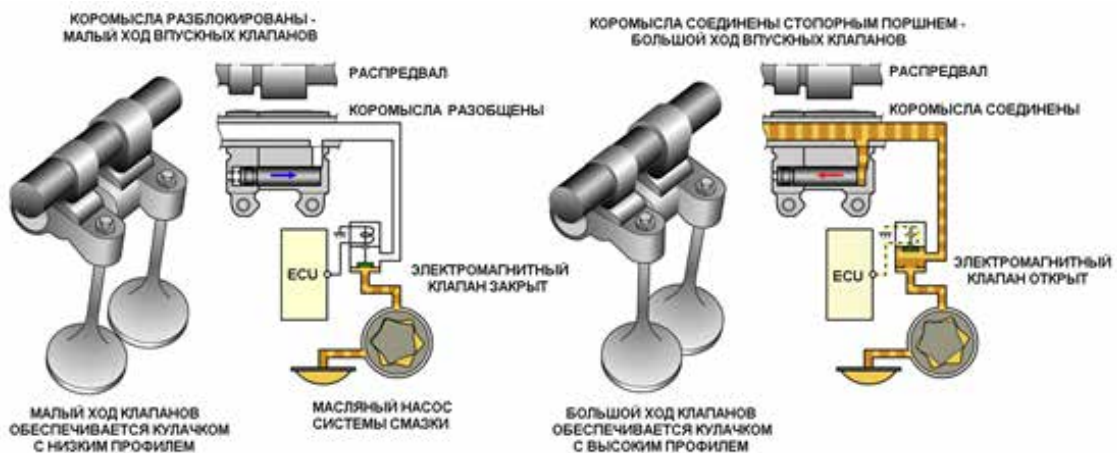


Рисунок 32-67: Если *ECU* (модуль управления двигателем) откроет электромагнитный клапан, давление масла из системы смазки поступит к торцу стопорного поршня, и все коромысла будут вынуждены описывать профиль высокого кулачка распределительного вала; источник: *Honda*

стемы смазки двигателя под давлением поступает к торцевой части стопорного поршня, который блокирует три впускных коромысла, заставляя их работать как единое целое. Соединенные стопорным поршнем коромысла следуют профилю кулачка, оптимизированного на максимальную мощность при высоких оборотах вращения коленчатого вала.

Процесс переключения с кулачка распределительного вала, обеспечивающего высокий крутящий момент, на кулачок, обеспечивающий высокую мощность, длится около 100 миллисекунд (0,1 секунды).

Смотри рисунок 32-66 и 32-67.

Пример: *BMW Valvetronic*

Дебют *Valvetronic* состоялся в 2001 году на автомобиле *BMW 316ti Compact*, в котором впервые плавное регулирование высоты подъема клапана было внедрено в серийное производство.

Главной целью внедрения *Valvetronic* было не повышение мощности, а улучшение топливной экономичности. В зависимости от положения педали газа, регулирование выходной мощности производится путем изменения высоты подъема клапана. Это позволяет уменьшить насосные потери за счет отказа от установки дроссельной заслонки. Применение *Valvetronic* позволило снизить расход топлива на 10%.



Рисунок 32-68: Система плавного регулирования высоты подъема клапана, примененная *BMW*, получила название *Valvetronic*; источник: *BMW*

В сравнении с обычным двигателем, *Valvetronic* нуждается в электрическом моторе привода регулятора, эксцентричном вале и дополнительном коромысле на каждый впускной клапан. Впускной распределительный вал действует на промежуточные коромысла через роликовые подшипники. Если водитель желает получить большую мощность, электрический мотор привода поворачивает эксцентричный вал, который отталкивает промежуточные коромысла, и те, в свою очередь, заставляют клапан открываться на большую высоту.

На рисунке 32-69 показаны два положения промежу-

точного рычага, которые позволят понять изложенное выше описание принципа действия.

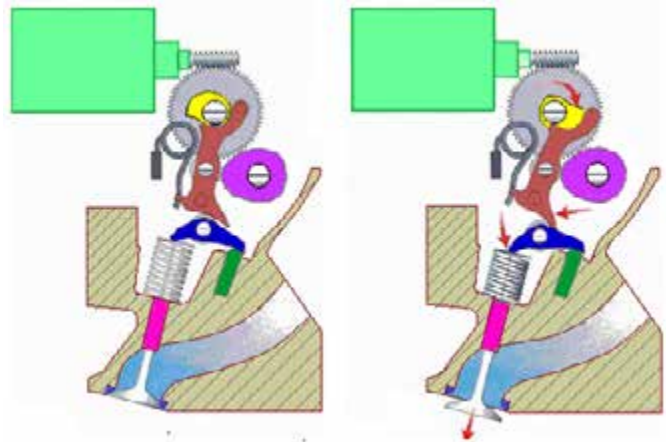


Рисунок 32-69: Принцип действия *Valvetronic*.

Хотя *Valvetronic* позволяет эффективно снизить расход топлива при частичной нагрузке, это не идет на пользу формирования мощности на высоких оборотах, поскольку ее дополнительные компоненты, в результате дополнительных сил трения и инерции, ограничивают возможности двигателя удовлетворить требованиям дорожной динамики. Этот недостаток сдерживал появления *Valvetronic* на автомобилях, с высокими претензиями на динамику. Другим недостатком этой системы является её габариты. Система занимает большое пространство над головкой цилиндров.

Пример: *Nissan VVEL*

Nissan представил на рынке свой *Variable Valve Event and Lift (VVEL)* в 2007 году, таким образом, заняв второе место в условной гонке внедрения систем регулирования фаз газораспределения с регулируемым ходом клапана. Первое серийное применение было произведено на V6 двигателе автомобиля *Infiniti G37 Skyline Coupe*.

В сравнении с *BMW Valvetronic*, система *VVEL Nissan* более компактна, содержит меньшее количество деталей и обеспечивает меньшую потерю энергии, поэтому она подходит и для высокопроизводительных двигателей.

Хотя *VVTL* содержит меньше деталей, и её конструкция компактней, но понять принцип её работы на приведенной схеме понять трудно.

РЕМАРКА:

Воспользуйтесь поисковой системой *Internet* для запуска фильма, демонстрирующего принцип действия системы *VVTL* от *Nissan*. Если Вы обучаетесь очно,

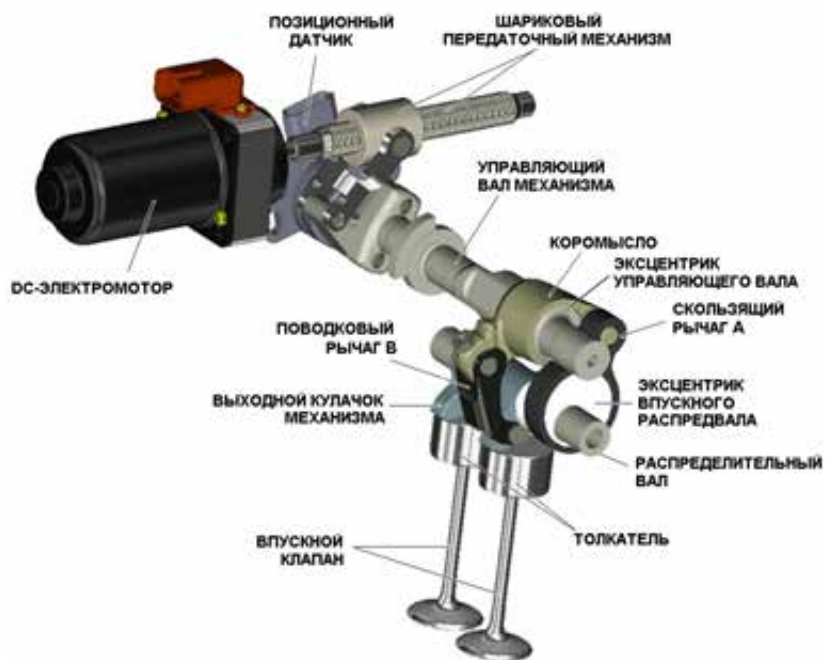


Рисунок 32-70: Механизм плавного регулирования высоты подъема клапана; источник: Nissan

автор подготовил анимационное пояснение принципа работы этой сложной системы в PPT-файле, сопровождающем урок по Главе 32

Приведенный рисунок показывает конструкцию механизма, которая не похожа на обычную схему привода клапанного механизма. В системе VVEL не используется обычный распределительный вал. Каждый клапан приводится в действие с помощью выходного

кулачкового механизма, который воздействует на толкатель клапана, при этом, начало и конец закрытия клапана целиком и полностью зависят от работы кулачкового вала. Вместе с тем, впускной кулачковый вал системы VVEL коренным образом отличается от обычного кулачкового вала, в котором от профиля кулачка зависит вся кинематика движения клапана. Кулачки вала, отвечающего за впуск свежего заряда,

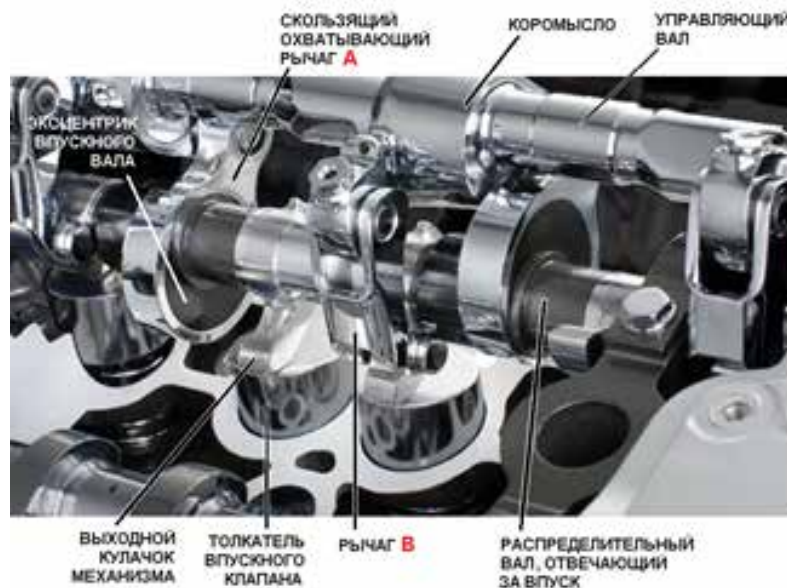


Рисунок 32-71: На снимке хорошо виден эксцентриковый вал распределительный вал, отвечающий за открытие впускных клапанов, и охватывающий скользящий рычаг, передающий качающее движение на коромысло, надетое на эксцентриковый управляющий вал механизма VVEL. Выходные кулачки механизма надеты на распределительный вал, но не связаны с ним, используя вал, как ось, на которой эти кулачки могут свободно совершать колебательные движения; источник: Nissan

представляют собой эксцентрики, которые вращаются внутри охватывающего скользящего рычага.

Смотри рисунок 32-71.

Колебательные движения выходного кулачка механизма *VVEL* происходят под воздействием рычага *B*, связывающего выходной кулачок с коромыслом. В свою очередь, коромысло, имеющее возможность совершать колебательные движения на эксцентрик управляющего вала, получает движение от скользящего охватывающего рычага *A*.

Наружные поверхности эксцентриков вала, отвечающего за открытие впускных клапанов, скользят по внутренней поверхности охватывающего рычага, обеспечивая ему движение, подобное движению шатуна в кривошипно-шатунном механизме двигателя. Это позволяет верхней части скользящего рычага *A* обеспечивать колебательные движения связанному с ним коромыслу.

Увеличить или уменьшить ход клапана можно, повернув эксцентрики управляющего вала. Поворот эксцентриков меняет передаточное отношение коромысла, поскольку меняется положение оси, на которой качается это коромысло. Плечо коромысла, связанного с охватывающим скользящим рычагом *A*, совершает неизменяемое по величине угловое колебание, в то время как величина углового колебательного движения плеча, связанного с рычагом *B*, зависит от положения «точки опоры» рычага. Перемещая точку опоры ближе к связи с охватывающим скользящим рычагом *A*, увеличивает высоту подъема клапана над его седлом (увеличиваем ход клапана), и наоборот, перемещая точку опоры ближе к рычагу *B*, уменьшаем ход клапана.

Применение системы *VVEL* позволяет избавиться от дроссельной заслонки, тем самым устраняя насосные потери, связанные с наличием дроссельной заслонки. По утверждению *Nissan* плавное регулирование хода клапана позволяет сэкономить до 10% топлива

при работе на малых и средних оборотах, однако не уточняется, получили ли прибавку в мощности на высоких оборотах.

Двигатель *VQ37VHR* производит на 8% больше лошадиных сил, чем его предшественник – не оснащенный системой *VVEL* двигатель *VQ35HR*.

Приняв во внимание увеличение степени сжатия и незначительное увеличение рабочего объема, эту прибавку можно «списать» на эти факторы. Дополнительное трение в многосвязном механизме привода клапанов «съедает» дополнительную мощность, которую можно получить, устранив отрицательное влияние дроссельной заслонки.

Однако двигатель *VQ37VHR* может достигать скорости 7500 мин⁻¹, доказывая, сто *VVEL*, в отличие от *Valvetronic*, не является компромиссом между производительностью и топливной экономичностью.

Пример: *Toyota Valvematic*

Toyota представила на рынок систему плавного регулирования хода клапана в 2008 году, запустив в серийное производство двигателя, оснащенные системой *Valvematic*.

Сравнивая *Valvematic* с *BMW Valvetronic* и *Nissan VVEL*, *Valvematic* кажется лучше во многих отношениях: конструкция системы относительно проста; она компактна и не увеличивает высоту головки цилиндров; и, самое главное, она не добавляет сил и сил трения, тем самым не ставит под угрозу получение дополнительной мощности на высоких оборотах.

Toyota утверждает, что применение системы *Valvematic* позволяет увеличить мощность на 10% при снижении потребления топлива на 5...10% при движении в городском цикле.

В головке цилиндров двигателя, укомплектованного системой *Valvematic*, установлен шток управляющего механизма (на рисунке 32-72 это вал, или шток, окра-

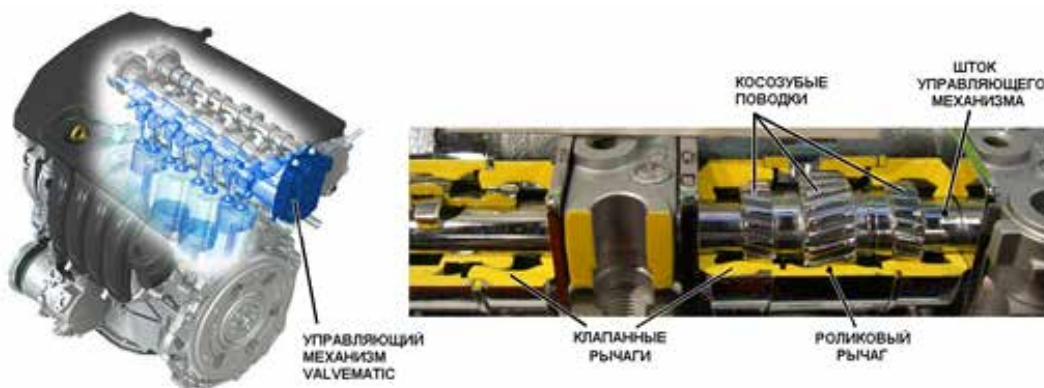


Рисунок 32-72: Устройство регулирующего механизма *Valvematic* от *Toyota*

шен голубым цветом). Управляющий шток оснащен приводным элементом для каждого цилиндра двигателя. Каждый приводной элемент выполнен из двух клапанных рычагов, и роликового рычага, которые надеты на косозубые приводные элементы, связанные со штоком приводного механизма. Смотрите рисунок 32-73.



Рисунок 32-73: Два клапанных рычага и роликовый рычаг имеют противоположное направление угла наклона зубьев, что позволяет при продольном перемещении косозубого приводного элемента (в середине внизу) обеспечить движение клапанных рычагов относительно роликового рычага, подобно лезвиям ножниц, меняя угловое положение двух клапанных рычагов относительно роликового рычага; источник: Toyota

Продольное перемещение косозубого приводного элемента позволяет менять угловое положение роликового рычага относительно двух клапанных рычагов. Продольное перемещение управляющего штока обеспечивается контроллером *Valvematic*, установленным на задней стороне головки цилиндров. Контроллер состоит из электрического мотора и планетарного редуктора, который преобразует вращательное дви-

жение ротора электромотора в поступательное движение штока. Позиция управляющего штока относительно корпуса контроллера определяется датчиком, установленным на роторе электромотора. За счет высокого передаточного отношения между ротором электромотора и управляющим штоком обеспечивается необходимая «чуткость» датчика.

Роликовый рычаг находится в контакте с кулачком впускного распределительного вала. При набегании кулачка распределительного вала на ролик, рычаг меняет свое угловое положение относительно штока, заставляя участвовать в движении косозубый приводной элемент и два клапанных рычага. Таким образом, роликовый рычаг заставляет отклоняться клапанные рычаги, которые воздействуют на роликовые коромысла, открывая впускные клапаны.

На рисунке 32-74 хорошо видно, что узкий угол между роликовым рычагом и клапанным рычагом вызывает малое открытие впускного клапана. Если между роликовым и клапанным рычагом угол широкий, клапан поднимается над седлом на большую высоту (большой ход клапана). Таким образом, *Valvematic* может регулировать высоту подъема клапана, меняя угол между клапанным и роликовым рычагом.

У первого 2,0-литрового двигателя, оснащенного *Valvematic*, ход клапана варьировался от 0,97 мм до 11 мм. Отказ от дросселирования потока воздуха на входе во впускной коллектор позволил снизить насосные потери, и расход топлива в области частичных нагрузок. Большое открытие клапана позволяет увеличить мощность двигателя на высоких оборотах.

Для сравнения: 2,0-литровый двигатель, оснащенный *Valvematic*, способен обеспечить выходную мощность 158 лошадиных сил, а 2,0-литровый двигатель, осна-

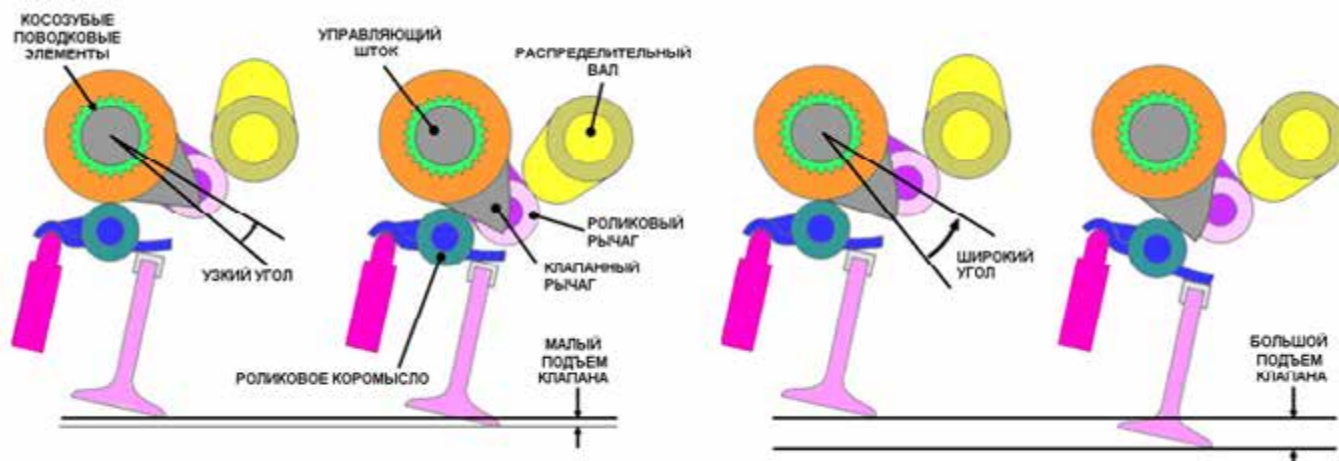


Рисунок 32-74: Изменение углового положения роликового рычага относительно клапанного рычага вызывает изменение подъема (хода) клапана при воздействии на этот механизм кулачка распределительного вала; источник: Toyota



Рисунок 32-75: Двухцилиндровый 900 см³ двигатель автомобиля *FIAT 500*, мощностью 84 лошадиные силы оснащен системой гидравлического управления впускными клапанами; источник: *FIAT*

ценный только системой регулирования *VVT-i (Variable Valve Timing with intelligence)*, способен обеспечить на выходе 143 лошадиные силы.

Пример: *FIAT Multiair*

Рассмотренные выше системы вариативного управления высотой подъема клапанов, такие как *BMW Valvetronic*, *Nissan VVEL* и *Toyota Valvematic* способны изменять ход клапана в широком диапазоне в соответствии с потребностью. Совместная работа системы управления фазами газораспределения и вариативного управления высотой подъема клапана, казалось бы, должна удовлетворить все потребности в мощности и

крутящем моменте. Однако, эти системы ещё далеки от совершенства.

Идеальная система управления клапанами должна разрешить неограниченную гибкость клапанной стратегии – иными словами, любая высота подъема клапана в любой момент – для достижения желаемого эффекта от сгорания топлива. Ни одна из рассмотренных выше механических систем не способна достичь желаемого результата. Многие производители и конструкторы двигателей пытаются достичь желаемых результатов путем разработки электромагнитного привода клапанов. Однако конструкторы сталкиваются с трудно-преодолимыми проблемами, такими как: вес, размер, стоимость и энергопотребление.

Вместо электромагнитного привода инженеры концерна *FIAT* разработали более практичный, но все же не обладающий необходимой гибкостью гидравлический привод управления впускным клапаном. Они называли свою разработку «*Multiair*». Первое появление этой системы было анонсировано в 2009 году на двигателе 1,4 *FIRE*, а затем дополнено новой версией 2-цилиндрового 900 см³ двигателя.

Смотри рисунок 32-76.

Бесспорно, что *Multiair* не сегодняшний день является наиболее гибкой системой вариативного управления подъемом клапана. Из графиков, приведенных ниже, Вы можете увидеть, что применение *Multiair* позволяет, по крайней мере, 5 различных типов стратегий управления впускным клапаном для удовлетво-

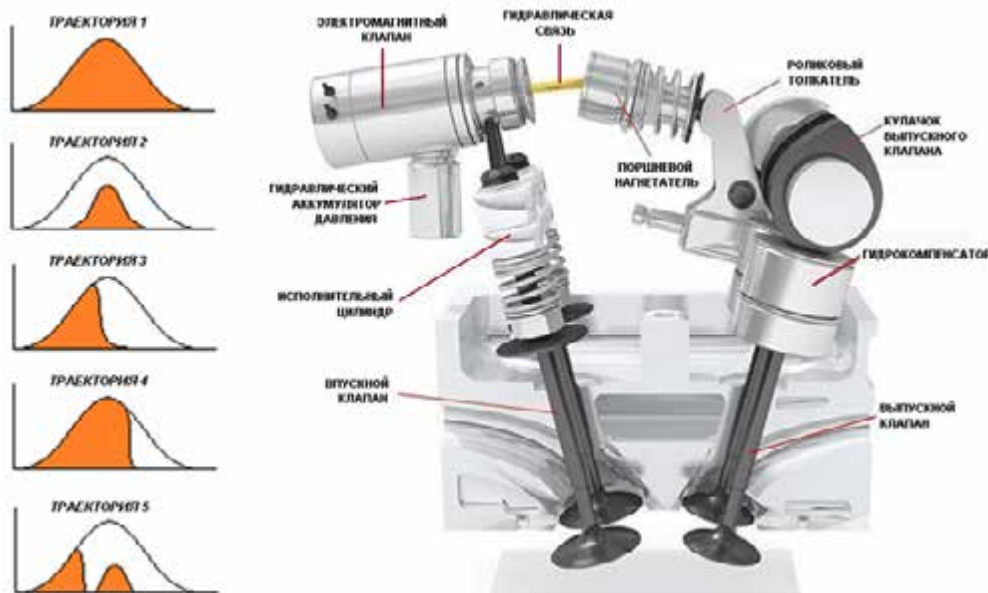


Рисунок 32-76: Схема электронно-гидравлической системы *Multiair* и графики, характеризующие возможности этой системы; источник: *FIAT*

рения требований при различных условиях эксплуатации. Помимо обычных вариантов открытия клапана на большую и малую длительность фазы впуска, большую и малую высоту подъема клапана, система способна произвести несколько подъемов клапана во время такта впуска!

Рассмотрим принцип действия этого электронно-управляемого механизма.

Система *Multiair* изначально проектировалась для двигателя *SOHC* с 4-клапанной конструкцией, поскольку для установки гидравлических цилиндров требуется место, которое занимает один их распределительных валов в двигателе *DOHC*.

Единственный распределительный вал управляет выпускными клапанами в обычном режиме, в то же время впускные клапаны приводятся в действие следующей цепочкой компонентов:

Эксцентрик распределительного вала, отвечающий за впуск свежего заряда Роликовый толкатель, преобразующий вращательное движение эксцентрика в поступательное движение поршня Гидравлический поток из поршневого нагнетателя к электромагнитному клапану, управляемому модулем управления двигателем Рабочий гидравлический цилиндр
Толкатель клапана Впускной клапан.

В представленной цепочке есть и механические и гидравлические и электронно-управляемые компоненты.

Конструкторы предусмотрели следующий аварийный вариант: если электромагнитный клапан окажется обесточенным, он окажется в открытом состоянии, и поток гидравлики из поршневого нагнетателя будет достигать исполнительного цилиндра напрямую. Поскольку жидкость – практически несжимаема, механическое движение поршня в нагнетателе будет передаваться за счет потока жидкости на поршень исполнительного (рабочего) цилиндра, а движение поршня исполнительного цилиндра будет открывать клапан. Режим работы, когда электромагнитный клапан обесточен, и жидкость свободно перетекает из поршневого нагнетателя в исполнительный цилиндр и обратно, вынуждает формировать профиль эксцентрика, отвечающего за впуск свежего заряда, приближенный к профилю обычного впускного кулачка распределительного вала. При этом профиль эксцентрика должен обеспечить большую мощность при высоких оборотах коленчатого вала, поскольку на этом режиме работы электромагнитный клапан не вмешивается в работу гидравлической передачи.

Если на электромагнитный клапан подается напряжение, он открывается, позволяя жидкости течь из

поршневого нагнетателя в гидравлический аккумулятор давления. Гидравлический аккумулятор давления – подпружиненный цилиндр, в который помещаются «излишки» жидкости, поскольку производительность поршневого толкателя рассчитана на длительное открытие клапана и на максимальную высоту его подъема от седла клапана. В результате открытия электромагнитного клапана, поток масла перенаправляется от поршневого нагнетателя в гидравлический аккумулятор, с которым получает связь и исполнительный цилиндр клапана. В результате, впускной клапан закрывается под действием силы сжатия клапанной пружины. Подавая напряжение на электромагнитный клапан в любой момент такта впуска, система способна закрывать впускной клапан когда угодно (смотри траектории открытия 3 и 4 на рисунке 32-74)

Если возникает необходимость открытия клапана на небольшую высоту, то в начальной фазе воздействия эксцентрика на поршневой нагнетатель электромагнитный клапан следует открыть, и часть масла отправить в гидравлический аккумулятор давления. Затем, электромагнитный клапан закроется, и жидкость начнет поступать в исполнительный цилиндр, открывая впускной клапан. Поскольку часть жидкости на первой фазе воздействия кулачка эксцентрика на поршневой нагнетатель была «утеряна», клапан не сможет открыться на полную высоту. Снижение высоты подъема клапана зависит от периода открытого состояния электромагнитного клапана в начальной фазе подачи жидкости от поршневого нагнетателя, причем, чем дольше этот период времени, тем меньшая высота открытия клапана будет достигнута в результате действия потока жидкости из поршневого нагнетателя на поршень исполнительного цилиндра.

Таким образом, система *Multiair* способна не только варьировать длительность фазы открытия впускного клапана, но и регулировать высоту подъема клапана (смотри тип 2 открытия клапана на рисунке 32-74).

Предлагаю снова обратиться к графикам, отражающим траектории подъема впускных клапанов.

Траектория 1 отражает движения клапана при максимальной мощности на высоких оборотах коленчатого вала.

Траектория 2 характерна для работы двигателя на частичных нагрузках. Позднее открытие впускного клапана способствует созданию в камере сгорания разрежения. В дополнение к разрежению, малая высота подъема клапана обеспечивает высокую скорость вхождения газа в цилиндр двигателя через узкую щель между седлом и тарелкой клапана. Эти факторы создают высокую турбулентность свежего заряда, по-

ступившего в цилиндр двигателя. Это способствует улучшению топливной экономичности и ограничению эмиссии вредных веществ.

Траектория 3 подходит для широкого диапазона частичных нагрузок. В зависимости от требуемой мощности, поток свежего заряда можно ограничить ранним закрытием впускного клапана. Возможность регулирования наполнения цилиндров свежим зарядом путем раннего или позднего закрытия впускного клапана устраняет необходимость в установке дроссельной заслонки, что приводит к 10% экономии топлива за счет снижения насосных потерь.

Траектория 4 отражает открытие и закрытие клапана при низких частотах вращения, но при необходимости создания высокого крутящего момента. Подобное явление происходит, когда автомобиль начинает разгоняться. Ранее закрытие впускного клапана предотвращает обратный выброс части свежего заряда во впускной коллектор, поскольку скорость вращения коленчатого вала мала, а клапан открыт на полную высоту, и свежий заряд, не обладающий достаточной инерцией, «не подталкивается» потоком движущихся газов во впускном порте.



РЕМАРКА:

На двигателях, оснащенных регулятором фаз газораспределения, обратный выброс свежего заряда во впускной коллектор устраняется поворотом распределительного вала, позволяющим кулачкам распределительного вала раньше закрыть впускные клапаны. Поскольку «фазовращателя» на двигателях Multiair нет, клапан закрывается раньше посредством открытия электромагнитного клапана и перенаправления части жидкости в гидравлический аккумулятор давления.

Траектория 5, получившая название «*Multilift*» подходит для работы двигателя на сверхнизких оборотах коленчатого вала. Эта комбинация траекторий 2 и 3 сочетает в себе регулируемое поступление свежего заряда через узкую щель между тарелкой клапана и седлом, и преимущества раннего закрытия впускного клапана, оказывая благотворное влияние на процесс смесеобразования.

Комбинируя режимы открытия впускных клапанов, система *Multiair* позволяет получить прибавку мощности в 10%, увеличить крутящий момент на низких оборотах до 15%, при этом улучшить топливную экономичность до 10%. Кроме того, во время холодного пуска и прогрева двигателя содержание *CO/HC* в вых-

лопных газах снижается от 40% до 60%, а снижение *NOx* достигается за счет внутренней рециркуляции выхлопного газа.

Технология *Multiair* показала хорошие результаты при её установке на дизельные двигатели. Тем не менее, у этой системы тоже есть ряд недостатков: во-первых, её применение ограничивается двигателями *SOHC*, поскольку требуется довольно большое пространство под клапанной крышкой для компактной «упаковки» всех компонентов этой системы. Это значит, что система *Multiair* способна обеспечить превосходную управляемость впускным клапанам, но оставляет без внимания эффект от вариативного управления выпускными клапанами.

Технология «*Cam-In-Cam*» может позволить сочетать все достоинства вариативного управления впускными и выпускными клапанами, что, кстати, достигнуто на *Dodge Viper V10* с 8,4-литровым двигателем. Но это – суперкар, а внедрения в семейство бюджетных автомобилей сочетания *Valveair* с *Cam-In-Cam* дело ближайшего будущего.

Во-вторых, в конструкции *SOHC* и сложном электрогидравлическом механизме может создаваться дополнительное трение, таким образом, единый распределительный вал не очень подходит высокопроизводительных двигателей, что является общей проблемой с *BMW Valvetronic*. Эта система хорошо зарекомендовала себя на небольших двигателях, оснащенных газотурбинным наддувом.

Наконец, электрогидравлический механизм, какой бы текучестью ни обладала гидравлика, система весьма инертная, и достичь высоких показателей в работе этой системы на высоких оборотах двигателя вряд ли удастся.

СИСТЕМЫ ЦИЛИНДРОВОЙ ДЕАКТИВАЦИИ

Для улучшения топливной экономичности и удовлетворения жестких норм эмиссии вредных веществ многие современные двигатели оснащены системой цилиндровой деактивации. Это означает, что при малых нагрузках из 8 цилиндров активно работают только 4, или из 6 цилиндров – только три. Модуль управления двигателем анализирует частоту вращения, температуру охладителя, позицию дроссельной заслонки и воспринимаемую двигателем нагрузку, и определяет возможность отключения цилиндров. Как правило, отключение цилиндров производится не только прекращением топливopодачи в отключаемые цилиндры, но и прекращением открытия впускных клапанов путем использования 2-ступенчатых толкателей клапанов.

При обычной эксплуатации наружный толкатель кла-

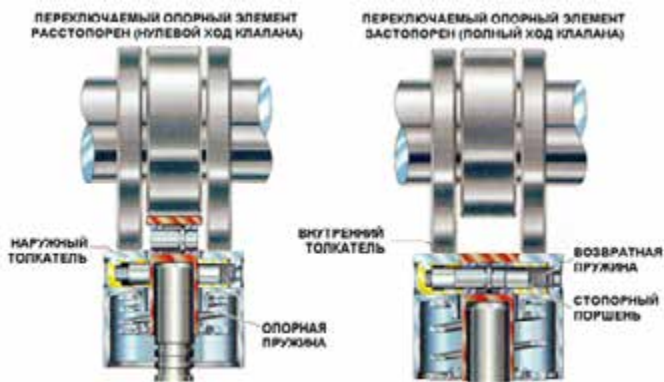


Рисунок 32-77: Толкатель клапана с переключаемым элементом, позволяющим отключать цилиндр, прекратив открытие впускного клапана; источник: INA

пана и внутренний толкатель клапана соединены вместе стопорным поршнем, и оба толкателя работают как единое целое, открывая впускной клапан.

Когда модуль управления двигателем решит, что можно отключать цилиндры, он подает электрический сигнал на электромагнитный клапан, который подает масло из системы смазки в канал, позволяя маслу поступить к торцевой части стопорного поршня. Стопорный поршень перемещается внутрь цилиндра, преодолевая силу сжатия возвратной пружины, и разобщает внутренний и наружный толкатель. Наружный толкатель продолжает отслеживать поверхность кулачка, совершая возвратно-поступательное движение, а внутренний толкатель, опирающийся на шток клапана, остаётся неподвижным. Электромагнитный клапан по команде модуля управления двигателем открывает или закрывает масляный канал, соединенный с толкателями отключаемых цилиндров.

При обычной эксплуатации наружный толкатель клапана и внутренний толкатель клапана соединены вместе стопорным поршнем, и оба толкателя работают как единое целое, открывая впускной клапан. Когда модуль управления двигателем решит, что можно отключать цилиндры, он подает электрический сигнал на электромагнитный клапан, который подает масло из системы смазки в канал, позволяя маслу поступить к торцевой части стопорного поршня. Стопорный поршень перемещается внутрь цилиндра, преодолевая силу сжатия возвратной пружины, и разобщает внутренний и наружный толкатель. Наружный толкатель продолжает отслеживать поверхность кулачка, совершая возвратно-поступательное движение, а внутренний толкатель, опирающийся на шток клапана, остаётся неподвижным. Электромагнитный клапан по команде модуля управления двигателем открывает или закрывает масляный канал, соединенный с толка-

телями отключаемых цилиндров.

Первоначально GM назвал эту систему «Displacement On Demand = DOD = Рабочий объем двигателя по требованию», но в дальнейшем система была переименована в «Active Fuel Management = AFM = Активное топливное управление».

Chrysler называет эту систему «Multiple Displacement System = MDS = Системой изменения рабочего объема».

На двигателях с верхним расположением клапаном и установкой распределительного вала в блоке цилиндров, применяется переключаемый роликовый толкатель.

Смотри рисунок 32-78.

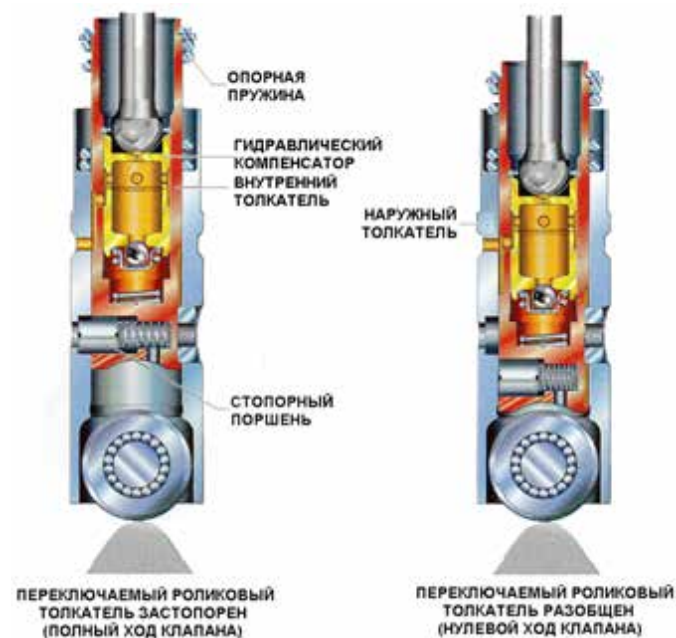


Рисунок 32-78: На двигателях с распределительным валом в блоке цилиндров переключаемый роликовый толкатель установлен в блоке цилиндров. Подача масла по каналу в блоке цилиндров к переключаемым роликовым толкателям осуществляется электромагнитным клапаном по команде модуля управления двигателем; источник: INA

Гидравлическое управление деактивацией цилиндров производится по команде модуля управления двигателем, который оценивает необходимость отключения нескольких цилиндров, опираясь на сигналы, исходящие от датчиков систем управления двигателем. Если автомобиль оснащен системой электронного управления трансмиссией, команда на отключения цилиндров двигателя согласуется с модулем управления трансмиссией и системой электронного управления торможением.

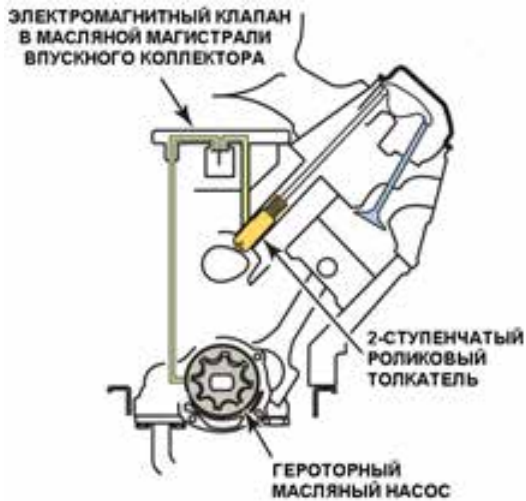


Рисунок 32-78: Активное топливное управление имеет множество дополнительных компонентов и изменений, внесенных в обычную систему смазки двигателя. Это делает плановую замену масла ещё более важной на двигателях, оснащенных этой системой; источник: Pearson Education, Inc.



Краткое изложение изученного материала



РЕМАРКА:

Термины и основные формулировки приведены на двух языках: английском и русском. Конечно же, Вы можете проигнорировать формулировки, приведенные на иностранном языке, однако, повседневная работа потребует знания языков, и часто Вам придется быть один-на-один с Manual Repair; неважно, в бумажном или электронном виде. Поэтому, рекомендуем Вам постепенно набираться опыта в переводе текста «с листа».

Работодатель крайне заинтересован в этом умении. Егоне интересуется, умеете ли Вы говорить, и понимать устную речь, сможете ли Вы «выжить» за рубежом, не зная языка. Ему важно только Ваше умение читать по-русски английские/немецкие тексты, и безошибочно находить необходимую информацию, установочные и регулировочные параметры, читать и понимать указания производителя транспортного средства.



Термины, которые необходимо знать!

50

Aerated = Газированный (жидкость заполнена пузырьками газа)

Asymmetrical = Асимметричный

Bucket = Ковш (ковшеобразный)

Cam chucking = Ограничитель распределительного вала

Cam follower = Толкатель распределительного вала

Cam-in-block = Распределительный вал в блоке цилиндров

Camshaft bearings = Подшипники распределительного вала

Camshaft duration = Продолжительность открытия клапана

Composite camshaft = Составной распределительный вал

Double roller chain = Двойная роликовая цепь

Dual overhead camshaft (DOHC) = Двойной верхний распределительный вал

Finger follower = Гидравлический компенсатор пальцевого типа

Flat-link type = Плоскозвенная (или бесшумная) цепь

Freewheeling engine = Двигатель с беспрепятственным вращением

Hydraulic lash adjusters (HLA) = Гидравлический регулятор теплового зазора (гидрокомпенсатор)

Hydraulic valve lifter = Гидравлический подъемник клапана (гидрокомпенсатор)

Interference engine = Двигатель интерференционной (оказывающей помеху вращению) конструкции

Lobe = Кулачок (распределительного вала)

Lobe centers = Угол между центрами кулачков

Lobe displacement angle (LDA) = Угол развала кулачков

Lobe lift = Высота рабочего профиля кулачка

Lobe separation = Интервал между кулачками

Lobe spread = Угол разворота кулачков

Morse type = Цепь Морзе (плоскозвенная зубчатая цепь)

Oil control valve (OCV) = Масляный регулирующий клапан

Overhead camshaft (OHC) = Распределительный вал в головке цилиндров

Overhead valve (OHV) = Верхнее расположение клапанов (аббревиатура применяется для обозначения двигателя с распределительным валом в блоке цилиндров)

Pump-up = Отскок тарелки клапана от седла

Ramp = Пандус (кулачка)

Reciprocating motion = Возвратно-поступательное движение

Roller chain type = Втулочно-роликовая цепь

Scavenging = Продувка (камеры сгорания)

Seat duration = Седельная длительность

Silent chain type = Бесшумная зубчатая цепь

Single overhead camshaft (SOHC) = Двигатель с еди-

ным верхним распределительным валом
Solid valve lifter = Жесткий упорный палец
Symmetrical = Симметричный (распределительный вал)
Thrust plate = Упорная плата
Total indicator runout (TIR) = Суммарное индикаторное биение
Valve cam phases (VCP) = Фазы кулачкового вала

Valve (camshaft) overlap = Перекрытие клапанов
Valve float = Клапанный поплавковый эффект
Valve lash = Клапанный (тепловой) зазор
Variable valve timing (VVT) = Изменение фаз газораспределения
Variable valve timing and lift electronic control (VTEC) = Вариативное управление фазами газораспределения и ходом клапана.



Основные формулировки и расшифровки понятий, применяемых в главе 32

(англоязычная версия изложения материала позволит Вам подготовиться к сертификации, а преподавателям иностранного языка подобрать тематику занятий, приближенную к изучаемому материалу).

Замечание автора: перевод дан с незначительной литературной обработкой

<i>The major function of a camshaft is to open the valves. Camshafts have eccentric shapes called lobes that open the valve against the force of the valve springs.</i>	Основная функция распределительного вала является открытие клапана. Распределительные валы имеют эксцентричные очертания, называемые кулачками, которые открывают клапан, преодолевая силу клапанной пружины.
<i>The camshaft lobe changes rotary motion (camshaft) to linear motion (valves). Cam shape or contour is the major factor in determining the operating characteristics of the engine.</i>	Кулачок распределительного вала преобразует вращательное движение (распределительного вала) в поступательное движение (клапанов). Очертание кулачка или его конфигурация является главным фактором, определяющим рабочие характеристики двигателя.
<i>The gear or sprocket on the camshaft has twice as many teeth, or notches, as the one on the crankshaft. This results in two crankshaft revolutions for each revolution of the camshaft.</i>	Шестерня или звездочка на распределительном валу имеет вдвое больше зубцов или впадин, чем на коленчатом валу. Из этого следует, что на два оборота коленчатого вала происходит один оборот распределительного вала.
<i>There are two basic areas where the camshaft can be located in an engine: in the engine block; overhead.</i>	Существуют две основные области, где распределительный вал может быть расположен в двигателе: в блоке цилиндров двигателя; над головкой цилиндров.
<i>Engines with the cam located in the block are called pushrod or overhead valve (OHV) engines.</i>	Двигатели с кулачковым валом, расположенным в блоке, называются штанговыми, или верхним расположением клапанов (OHV) двигатели.
<i>Overhead camshafts are either belt or chain driven from the crankshaft and are located in the cylinder head(s). This arrangement is called overhead camshaft (OHC) design.</i>	Верхние распределительные валы расположены в головке цилиндров и приводятся в движение тем или другим способом: зубчатым ремнем или цепью. Такое расположение называется верхним расположением распределительного вала, или OHC-конструкция.
<i>If there is a single overhead camshaft for each bank of cylinders, the engine is classified as a single overhead camshaft (SOHC) engine design.</i>	Если применяется один верхний распределительный вал для каждого ряда цилиндров, двигатель классифицируется, как с одним верхним распределительным валом, или SOHC-конструкция двигателя.
<i>If an engine uses two overhead camshafts per bank of cylinders, this type of engine design is called a dual overhead camshaft (DOHC).</i>	Если двигатель использует два верхних распределительных вала на блок цилиндров, этот тип двигателя конструкция называется двойным верхним распределительным валом (DOHC-двигатели).

<p><i>The crankshaft drives the camshaft with one of the following:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Timing gears</i> • <i>Sprockets and chains</i> • <i>Sprockets and timing belts</i> 	<p>Коленчатый вал приводит в движение распределительный вал с одним из следующих механизмов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Распределительные шестерни • Звездочки и цепи • Звездочки и зубчатые ремни.
<p><i>When the crankshaft and camshaft timing marks are properly lined up, the cam lobes are indexed to the crankshaft throws of each cylinder so that the valves will open and close correctly in relation to the piston position.</i></p>	<p>Когда метки на коленчатом валу и распределительном валу тщательно выставлены, кулачки распределительного вала ориентированы по отношению к коленчатому валу так, что распределительный вал согласуется для каждого цилиндра так, что клапаны откроются и правильно закроются по отношению к положению поршня.</p>
<p><i>Two types of timing chains are used.</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>1. The silent chain type (also known as a flat-link type, or Morse type for its original manufacturer) operates quietly but tends to stretch with use.</i> <i>2. The roller chain type is noisier but operates with less friction and stretches less than the silent type of chain.</i> 	<p>Для привода ГРМ используются два типа цепей.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Бесшумный тип цепи (также известный как плоскозвенный тип связи, или Морзе типа, по их оригинальному производителю) работает тихо, но имеет свойство растягиваться при использовании. 2. Роликовые цепи типа шумнее, но работает с меньшим трением и растягивается меньше, чем бесшумные цепи.
<p><i>Many overhead camshaft engines use a timing belt rather than a chain. Cam drive belts are made from rubber and fabric and are often reinforced with fiberglass or Kevlar.</i></p>	<p>Многие двигатели с верхним распределительным валом используют ременный привод ГРМ, а не цепь. Кулачковые (зубчатые) приводные ремни изготавливаются из резины и ткани и часто армированы стекловолокном или кевларом.</p>
<p><i>Unless the engine is freewheeling, the piston can hit the valves if the belt breaks.</i></p>	<p>Если двигатель не является беспрепятственно вращающимся, поршень может ударить по клапанам, если ремень разорвется.</p>
<p><i>A freewheeling engine is one that causes no internal damage if the camshaft drive belt breaks when the engine is running.</i></p>	<p>Беспрепятственно вращающийся двигатель – это тот, который не вызывает никаких внутренних повреждений, если ременный привод распределительного вала рвется при работающем двигателе.</p>
<p><i>An interference engine, however, will cause some of the valves that are open to hit the pistons, causing major engine damage.</i></p>	<p>Двигатели с помехой (свободному вращению), напротив, могут послужить причиной столкновения с поршнем некоторых из клапанов, которые окажутся открытыми, что приведет к серьезным повреждениям двигателя.</p>
<p><i>Valve trains that use flat bottom lifters use a spherical (curved) lifter face that slides against the cam lobe. This produces a small turning force on the lifter to cause some lifter rotation for even wear.</i></p>	<p>Клапанные приводы, которые используют плоское днище толкателей, используют сферическую (изогнутую) лицевую поверхность толкателя, которая скользит, опираясь на кулачок распределительного вала. Это продуцирует небольшую вращающую силу на толкателе, которая вызывает вращение толкателя для его равномерного износа.</p>
<p><i>The lobe lift of the cam is usually expressed in millimeters and represents the distance that the valve lifter or follower is moved. The amount that the valve is lifted is determined by the lobe lift times the ratio of the rocker arm.</i></p>	<p>Высота профиля кулачка обычно выражается в миллиметрах и представляет собой расстояние, на которое подъемник клапана или толкатель перемещается. Суммарное (расстояние), на которое клапан поднимается, определяется высотой профиля кулачка и передаточным отношением коромысла.</p>
<p><i>If nonstock rocker arms with a higher ratio are installed (for example, 1.6:1 rockers replacing the stock 1.5:1 rocker arms), the lift at the valve is increased.</i></p>	<p>Если установить на двигатель нештатное коромысло (например, с передаточным отношением 1,6:1 взамен штатного коромысла с передаточным отношением 1,5:1), подъем (ход) клапана будет увеличен.</p>

<i>A rocker arm reverses the upward movement of the pushrod to produce a downward movement on the tip of the valve.</i>	Коромысло преобразует восходящее движение штанги толкателя, продуцируя нисходящее движение на наконечнике клапана.
<i>On some overhead valve and most single overhead camshaft engines, the rocker arms are mounted on a shaft that runs the full length of the cylinder head.</i>	На некоторых (двигателях) с верхним расположением клапанов, и на большинстве двигателей с единственным распределительным валом, коромысла монтируются на оси, которая проходит по всей длине головки цилиндров.
<i>While most overhead camshaft engines that use rocker arm shafts do use an adjustable rocker arm, most OHV engines using rocker arm shafts have no provision for adjustment.</i>	В то время как двигатели с распределительным валом в головке цилиндров, которые используют коромысла, оснащены регулируемыми коромыслами, двигатели <i>OHV</i> (с распределительным валом в блоке), используют коромысла, не имеющие возможность регулировок.
<i>Pushrods transfer the lifting motion of the valve train from the cam lobe and lifters to the rocker arms. If they are to be used as passages for oil to lubricate rocker arms, they must be hollow.</i>	Штанга толкателя передает подъемное движение клапанному приводу от кулачка распределительного вала и толкателя к коромыслу. Если они (штанги) будут использоваться в качестве прохода масла для смазки коромысла, они должны быть пустотелыми.
<i>Camshaft duration is the number of degrees of crankshaft (not camshaft) rotation for which a valve is lifted off the seat.</i>	Продолжительность воздействия кулачкового вала – есть число градусов поворота коленчатого вала (не распределительного вала), при котором клапан поднят от седла.
<i>Valve (camshaft) overlap is the number of degrees of crankshaft rotation during which both intake and exhaust valves are open.</i>	Перекрытие клапанов (распределительного вала) – число градусов поворота коленчатого вала, в течение которого оба впускной и выпускной клапаны открыты.
<i>A lower amount of overlap results in smoother idle and low-engine speed operation, but it also means that a lower amount of power is available at higher engine speeds.</i>	Маленькое значение перекрытия положительно влияет на гладкий холостой ход и возможность устойчивой работы двигателя на низких оборотах, но меньшее количество мощности доступно при высоких оборотах двигателя.
<i>A greater valve overlap causes rougher engine idle, with decreased power at low speeds, but it also means that high-speed power is improved.</i>	Большее перекрытие клапанов вынуждает двигатель неустойчиво работать на холостом ходу, со снижением мощности на низких скоростях, но это также означает, что высокоскоростная мощность улучшается.
<i>Cam timing specifications are stated in terms of the angle of the crankshaft in relation to top dead center (TDC) or bottom dead center (BDC) when the valves open and close.</i>	Технические характеристики (спецификации) установки распределительного вала выражаются в плане углов поворота коленчатого вала относительно верхней мертвой точки (ВМТ) и нижней мертвой точки (НМТ), при которых клапаны открываются и закрываются.
<i>The usual method of drawing a camshaft timing diagram is in a circle illustrating two revolutions (720 degrees) of the crankshaft.</i>	Обычный способ изображения фаз газораспределения – круговая диаграмма, иллюстрирующая два оборота (720°) поворота коленчатого вала.
<i>Valve lifters or tappets follow the contour or shape of the camshaft lobe. This arrangement changes the rotary cam motion to a reciprocating motion in the valve train.</i>	Подъемники клапанов или толкатели описывают контур или форму кулачка распределительного вала. Этот механизм преобразует вращение распределительного вала в возвратно-поступательное движение.
<i>Roller lifters are used primarily in production engines to reduce valve train friction (by up to 8%).</i>	Роликовые толкатели используются главным образом в продуктивных двигателях для снижения трения в приводе клапанов (до 8%).
<i>Valve train clearance is also called valve lash, which is needed to help compensate for thermal expansion and wear.</i>	Зазор в приводе клапана, также называемый клапанным зазором, необходим, чтобы помочь компенсировать тепловое расширение и износ.

<i>A hydraulic lifter consists primarily of a hollow cylinder body enclosing a closely fit hollow plunger, a check valve, and a pushrod cup. The job of the hydraulic lifter is to take up all clearance in the valve train.</i>	Гидравлический подъемник (гирокомпенсатор) состоит в основном из полого цилиндрического корпуса с плотно прилегающим полым плунжером, обратным клапаном, и чашки толкателя. Работа гидравлического компенсатора состоит в выборке всех зазоров в клапанном приводе.
<i>A camshaft with a partially worn lobe is often difficult to diagnose. If the engine has an overhead camshaft (OHC), it is usually relatively easy to remove the cam cover and make a visual inspection of all cam lobes and the rest of the valve train. In an overhead valve (OHV) engine, the camshaft is in the block, where easy visual inspection is not possible.</i>	Распределительный вал с частично изношенными кулачками часть трудно диагностировать. Если двигатель имеет верхний распределительный вал (ОHC), обычно сравнительно легко снимается крышка распределительного вала и производится визуальная инспекция всех кулачков распределительного вала и остальной части клапанного механизма. В двигателе с верхним расположением клапанов (OHV) распределительный вал находится в блоке, где произвести визуальную инспекцию невозможно.
<i>All camshafts should be checked for straightness by placing them on V-blocks and measuring the cam bearings for runout by using a dial indicator</i>	Все распределительные валы должны быть проверены на прямолинейность, поместив их на V-образные опоры, и измерив биение опорных поверхностей, сопрягаемых с подшипниками, с помощью циферблатного индикатора.
<i>Conventional camshafts are permanently synchronized to the crankshaft so that they operate the valves at a specific point in each combustion cycle. On newer engines, the camshaft can have the capability of a variable valve-timing feature that changes the camshaft specifications during different operating modes.</i>	Обычно распределительные валы постоянно синхронизированы по отношению к коленчатому валу, так что они оперируют клапанами в специфичной точке в каждом цикле сгорания. На новых двигателях распределительный вал имеет возможность вариативного функционирования синхронизации клапанов, которая изменяет спецификации распределительного вала при различных режимах работы.
<i>Varying the exhaust and/or the intake camshaft position allows for reduced exhaust emissions and improved performance.</i>	Варьируя выпускным и /или впускным клапаном путем изменения позиционирования распределительного вала, достигается уменьшение эмиссии (вредных веществ) и увеличение производительности (технических характеристик двигателя).



Вопросы для контроля усвоения пройденного материала



РЕМАРКА:

Предложенные Вашему вниманию вопросы рекомендованы преподавателям для оценки Вашей самостоятельной работы с учебным материалом перед началом выполнения лабораторных и практических занятий.

Обдумайте содержание вопросов и попытайтесь дать короткий ответ

1. Объясните, почему изменение высоты подъема клапана и продолжительность открытия впускного клапана оказывает существенное влияние на эксплуатационные характеристики двигателя?

2. Перечислите термины, которые обозначают тот же самый параметр, как и *Lobe Displacement Angle (LDA)*.
3. Опишите принцип действия гидравлического компенсатора. Приведите четыре примера установки гидрокомпенсаторов в зависимости от конструктивных особенностей двигателя
4. Объясните, что означает термин «перекрытие клапанов», и какое влияние перекрытие оказывает на эксплуатационные характеристики двигателя в различных условиях эксплуатации.
5. Опишите принцип действия регулятора фаз газораспределения (фазовращателя) со спиральным шлицевым соединением
6. Опишите принцип действия регулятора фаз газораспределения (фазовращателя) с лопастным механизмом перестановки распределительного вала.
7. Опишите принцип действия электромагнитного регулятора фаз газораспределения (фазовращателя).
8. Опишите известные Вам способы изменение высо-

ты подъема клапана. Приведите примеры ступенчатого и плавного регулирования высоты подъема клапана.

9. Опишите принцип действия гидравлического регулирования высоты подъема клапана, и приведите примеры различных вариантов регулирования высоты подъема и длительности открытого состояния впускного клапана.

10. Объясните, каким способом производятся отключения части цилиндров многоцилиндровых двигателей. Объясните, с какой целью производятся эти отключения.



Изучите и отметьте только те из приведенных рассуждений, которые Вы сочтете верными.

1. Отметьте только одно, верное на Ваш взгляд утверждение.

В 4-тактном двигателе при совершении одного оборота коленчатым валом распределительный вал поворачивается на угол...

A.	...90°	
B.	...180°	
C.	...360°	
D.	...720°	

2. Толкатель с плоским днищем вращается во время работы двигателя за счет...

A.	...конусности рабочей поверхности кулачка распределительного вала	
B.	...движения, обеспечиваемого механизмом вращения клапана	
C.	...пульсации скорости вращения распределительного вала	
D.	...спиральных шлицов, нарезанных на штанге толкателя.	

3. Если высоту подъема клапана оставить неизменной, а угол развала кулачков клапана уменьшить, то произойдут следующие изменения...

A.	Длительность перекрытия клапанов уменьшится	
B.	Длительность перекрытия клапанов увеличится	

C.	Увеличится длительность открытого состояния впускного клапана	
D.	Увеличится длительность открытого состояния выпускного клапана	

4. Какой тип цепи привода распределительного вала называют «бесшумной цепью»?

A.	Однорядную или 2-рядную втулочно-роликовую цепь	
B.	Плоскозвенная цепь, которую называют цепью Морзе	
C.	Любую цепь, которая движется по звездочке из мягкого металла	
D.	Любую цепь, которая движется по колесу с зубьями, выполненными из стекловолокна (фибергласса)	

5. Два техника обсуждают принцип действия системы вариативного управления фазами газораспределения.

Техник А утверждает, что перенос момента начала открытия впускного клапана на более раннее время позволяет снизить содержание вредных веществ в выхлопных газах (эмиссию).

Техник В утверждает, что перенос момента начала открытия впускного клапана на более раннее время обеспечивает плавность работы двигателя на холостом ходу

Кто из техников высказывает правильное утверждение?

Только техник А		Оба правы, и техник А, и техник В	
Только техник В		Оба неправы, ни техник А, ни техник В	

6. Многие специалисты при переборке двигателей отказываются от использования бывших в употреблении штанг толкателей. Это связано...

A.	...с невозможностью исправления искривления закаленной штанги, которое возникает в процессе длительной эксплуатации	
B.	...со сложностью процедуры очистки внутренней полости пустотелых штанг, и сопоставимыми затратами на очистку с приобретением новых штанг.	

C.	...с приработкой сферических наконечников штанг толкателей к ответным поверхностям в толкателе и на коромысле	
D.	...с необходимостью изменения длины штанг толкателей при наличии механизма регулировки клапанного зазора	

7. Укажите, какое количество распределительных валов устанавливается на двигателе V-6 DOHC

A.	1	
B.	2	
C.	3	
D.	4	

8. Впускной клапан открывается за 39° до ВМТ, и закрывается после 71° поворота коленчатого вала за НМТ. Клапан, отвечающий за выпуск отработавшего газа, открывается за 78° перед НМТ, и закрывается после поворота коленчатого вала на 47° после ВМТ. Какой из приведенных ниже вариантов ответов верен?

A.	Длительность открытия впускного клапана составляет 110°	
B.	Длительность открытия выпускного клапана составляет 125°	
C.	Длительность перекрытия клапанов составляет 86°	
D.	Длительность перекрытия клапанов составляет 117°	

9. Гидравлические толкатели могут издавать тикающий звук, если...

A.	...тепловой зазор клапана слишком велик	
B.	...тепловой зазор клапана слишком мал	
C.	...продолжительность перекрытия клапанов превышает 110°	
D.	...продолжительность перекрытия клапанов меньше 25°	

10. Обсуждается причина беспокойства клиента по поводу шумной работы клапанного механизма после запуска холодного двигателя.

ких клапанов, и масло из гидравлических компенсаторов выжимается силой сжатия клапанной пружины. Это нормальное явление, и шум работы в приводе клапанов должен исчезнуть через 10...15 секунд после запуска двигателя.

Техник В утверждает, что после запуска двигателя необходимо дать ему поработать на оборотах выше 2500 мин-1, для того, чтобы гидравлические компенсаторы как можно быстрее заполнились маслом, и шум в работе клапана утихнет после их заполнения.

Кто из техников высказывает правильное утверждение?

Только техник А	
Только техник В	

Оба правы, и техник А, и техник В	
Оба неправы, ни техник А, ни техник В	

Материалы перевел, актуализировал и подготовил к публикации Дмитрий Титаренко

В основу положены следующие материалы:

1. Учебник *James D. Halderman Principles, Diagnosis, and Service, Pearson Education, Inc., 2012*

56 Техник А утверждает, что остановке двигателя часто сопутствует открытое состояние одного или несколь-