

## ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И ДИАГНОСТИКА СИСТЕМЫ СМАЗКИ

### ЦЕЛЬ ИЗУЧЕНИЯ:

Изучение материалов главы 23 позволяет подготовиться к ASE-сертификации в области Ремонта двигателя (A1); сертификационные испытания контента «Зона D» (Диагностика и ремонт систем охлаждения и смазки)



По завершении изучения и повторения пройденного материала Вы должны быть готовы:

- Объяснить принцип гидродинамического смазывания
- Описать принцип действия масляного насоса и системы смазки двигателя.
- Объяснить, как масло поступает на компоненты привода клапанного механизма.
- Объяснить цель установки и принцип действия гидравлического компенсатора теплового зазора в приводе клапана
- Рассказать о методах проверки масляного насоса на наличие износа.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

### ТРЕНИЕ

При движении двух тел, соприкасающихся друг с другом поверхностями, возникает сила трения.

Сила трения  $F_R$  (см. рис. 23-1) зависит от следующих факторов:

- Силы (нормальной силы  $F_N$ ), с которой два тела действуют друг на друга

- Коэффициента трения  $\mu$

На величину коэффициента  $\mu$  трения оказывают влияние следующие факторы:

- Типа трения (твердотельное или жидкостное трение)
- Вида движения между соприкасающимися поверхностями двух тел (трение покоя, трение скольжения, трение качения)
- Вида материала, качества поверхности трения и (при трении качения) и радиуса колеса
- Свойств смазочных средств.

Коэффициент трения между соприкасающимися поверхностями определяется опытным путем.

Сила трения  $F_R$  определяется по следующей формуле:  

$$F_R = F_N \times \mu$$

Где:

$F_R$  – Сила трения в ньютонах

$F_N$  – Нормальная сила в ньютонах

$\mu$  - Коэффициент трения (безразмерная величина)

Таблица 23-1: Виды трения твердых тел; источник: *Kraftfahrzeugtechnik TAK*

### СУХОЕ ТРЕНИЕ

#### Трение покоя

Сила трения покоя возникает между соприкасающимися поверхностями двух тел, предотвращающая взаимное перемещение находящихся в состоянии покоя телами. Сила трения покоя предотвращает взаимное перемещение двух соприкасающихся тел до тех пор, пока внешняя сила  $F$ , прилагаемая к одному из тел, не превысит силу  $F_R$  трения покоя (см. табл. 23-1a).

СУХОЕ ТРЕНИЕ																																																																				
ТРЕНИЕ ПОКОЯ		ТРЕНИЕ СКОЛЬЖЕНИЯ		ТРЕНИЕ КАЧЕНИЯ																																																																
a) $v = 0$		b) $v = \text{konstant}$		c) $v = \text{konstant}$																																																																
Коэффициент трения $\mu_1$		Коэффициент трения $\mu_2$		Коэффициент трения $\mu_3$																																																																
<table border="1"> <tr><th colspan="3">Поверхность трения</th></tr> <tr><td>Сталь</td><td>Сталь</td><td>0,15</td></tr> <tr><td>Сталь</td><td>Чугун</td><td>0,2</td></tr> <tr><td>Тормозная накладка</td><td>Чугун</td><td>0,5</td></tr> <tr><td>Пневм. шина</td><td>Асфальт (сухой)</td><td>0,85</td></tr> <tr><td>Пневм. шина</td><td>Асфальт (мокрый)</td><td>0,55</td></tr> <tr><td>Пневм. шина</td><td>Лёд</td><td>0,1</td></tr> </table>		Поверхность трения			Сталь	Сталь	0,15	Сталь	Чугун	0,2	Тормозная накладка	Чугун	0,5	Пневм. шина	Асфальт (сухой)	0,85	Пневм. шина	Асфальт (мокрый)	0,55	Пневм. шина	Лёд	0,1	<table border="1"> <tr><th colspan="3">Поверхность трения</th></tr> <tr><td>Сталь</td><td>Сталь</td><td>0,05</td></tr> <tr><td>Сталь</td><td>Чугун</td><td>0,12</td></tr> <tr><td>Тормозная накладка</td><td>Чугун</td><td>0,4</td></tr> <tr><td>Пневм. шина</td><td>Асфальт (сухой)</td><td>0,6</td></tr> <tr><td>Пневм. шина</td><td>Асфальт (мокрый)</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>Пневм. шина</td><td>Лёд</td><td>0,05</td></tr> </table>		Поверхность трения			Сталь	Сталь	0,05	Сталь	Чугун	0,12	Тормозная накладка	Чугун	0,4	Пневм. шина	Асфальт (сухой)	0,6	Пневм. шина	Асфальт (мокрый)	0,25	Пневм. шина	Лёд	0,05	<table border="1"> <tr><th colspan="3">Поверхность трения</th></tr> <tr><td>Сталь</td><td>Сталь</td><td>0,002</td></tr> <tr><td>Сталь</td><td>Чугун</td><td>0,003</td></tr> <tr><td>Тормозная накладка</td><td>Чугун</td><td>-----</td></tr> <tr><td>Пневм. шина</td><td>Асфальт (сухой)</td><td>0,015</td></tr> <tr><td>Пневм. шина</td><td>Асфальт (мокрый)</td><td>0,025</td></tr> <tr><td>Пневм. шина</td><td>Лёд</td><td>0,020</td></tr> </table>		Поверхность трения			Сталь	Сталь	0,002	Сталь	Чугун	0,003	Тормозная накладка	Чугун	-----	Пневм. шина	Асфальт (сухой)	0,015	Пневм. шина	Асфальт (мокрый)	0,025	Пневм. шина	Лёд	0,020
Поверхность трения																																																																				
Сталь	Сталь	0,15																																																																		
Сталь	Чугун	0,2																																																																		
Тормозная накладка	Чугун	0,5																																																																		
Пневм. шина	Асфальт (сухой)	0,85																																																																		
Пневм. шина	Асфальт (мокрый)	0,55																																																																		
Пневм. шина	Лёд	0,1																																																																		
Поверхность трения																																																																				
Сталь	Сталь	0,05																																																																		
Сталь	Чугун	0,12																																																																		
Тормозная накладка	Чугун	0,4																																																																		
Пневм. шина	Асфальт (сухой)	0,6																																																																		
Пневм. шина	Асфальт (мокрый)	0,25																																																																		
Пневм. шина	Лёд	0,05																																																																		
Поверхность трения																																																																				
Сталь	Сталь	0,002																																																																		
Сталь	Чугун	0,003																																																																		
Тормозная накладка	Чугун	-----																																																																		
Пневм. шина	Асфальт (сухой)	0,015																																																																		
Пневм. шина	Асфальт (мокрый)	0,025																																																																		
Пневм. шина	Лёд	0,020																																																																		

Таблица 23-1: Виды трения твердых тел; источник: *Kraftfahrzeugtechnik TAK*

Примеры использования силы трения покоя: стояночный тормоз; муфта сцепления; резьбовое соединение.

### Трение скольжения

Между двумя телами, соприкасающимися плоскими поверхностями, и движущимися относительно друг друга, действует сила трения скольжения. Сила трения скольжения равна по величине и противоположна по направлению движущей силе (см. табл. 23-1b).

Примеры применения: тормозная колода скользит по рабочей поверхности тормозного барабана в процессе торможения, диск сцепления скользит по маховику в начальной фазе их соприкосновения (примеры полезного трения). Заблокированные колеса скользят по дорожной поверхности, поршень скользит в цилиндре (примеры нежелательных трений).

### Трение качения

Если между двумя телами, расположенными друг против друга, установлено третье тело, имеющее круглую форму поверхности (шарик или ролик), и к одному из тел приложена движущая сила, между телами возникает сила трения качения. Возникающая при движении сила сопротивления качению очень мала в сравнении с силой трения скольжения (см. рис. 23-с).

## ЖИДКОСТНОЕ ТРЕНИЕ

Моторное масло – это система кровоснабжения любого двигателя.

Задачами системы смазки являются:

1. Производить смазку всех движущиеся частей двигателя для предотвращения появления износа;
2. Помогать охлаждать детали двигателя;
3. Производить гидравлическое уплотнение поршневых колец в цилиндре;
4. Доставлять продукты износа от деталей двигателя в масляный фильтр, производить фильтрацию масла;
5. Очищать, и удерживать загрязнения во взвешенном состоянии в масле до тех пор, пока их вместе с маслом можно будет слить из двигателя
6. Производить нейтрализацию образующихся в результате горения топлива кислот;
7. Снижать трение;
8. Предотвращать ржавление и коррозию металлических и неметаллических деталей двигателя и других компонентов системы охлаждения;
9. Поставлять масло в необходимом объеме и под давлением в механизм управления фазами газораспределения;
10. Поставлять масло в гидравлические компенсаторы тепловых зазоров в приводах клапанов газораспределительного механизма.

## ПРИНЦИП СМАЗЫВАНИЯ

### НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Смазка уменьшает силу трения, возникающую между двумя движущимися относительно друг друга телами. Силу трения можно существенно уменьшить, если между двумя поверхностями движущихся тел сформировать прочную масляную пленку. Смазка между двумя движущимися поверхностями формирует масляную пленку, разделяющую движущиеся поверхности, что предохраняет трущиеся поверхности от возникновения дополнительных нагрузок.

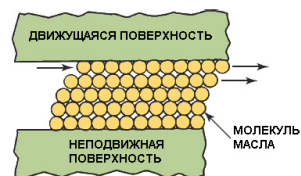


Рисунок 23-1: Молекулы масла прочно прицепляются к металлическим поверхностям, но легко скользят относительно друг другу; источник: *Pearson Education, Inc.*

Поскольку масло практически не сжимаемо, оно просачивается в зазор между валом и подшипником. На большинстве режимов работы двигателя масляная пленка обладает достаточной густотой, чтобы удерживать смазываемые поверхности от соприкосновения, однако детали могут войти в непосредственный контакт. Это состояние называется граничной смазкой. Правильно подобранная вязкость масла и масляный зазор должны помочь предотвратить граничную смазку, и износ, который обычно возникает, когда двигатель находится под высокой нагрузкой, но работает на малой скорости.

Движение вала помогает избежать контакта с поверхностью подшипника скольжения.

Если на ровную поверхность нанести несколько капель масла и по этой поверхности перемещать тяжелый блок, можно заметить, что усилие, необходимое для перемещения блока по смазанной поверхности будет меньшим, чем при попытке перемещения этого же блока по сухой поверхности.

Снижение усилия вызвано тем, что между движущимся блоком и поверхностью образовалась клиновидная масляная пленка, как это показано на рис. 23-2.

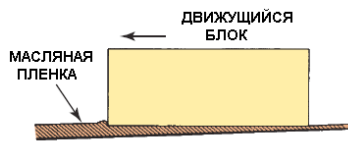


Рисунок 23-2: Клиновидная масляная пленка возникает только при движении скользящего блока вдоль смазанной поверхности; источник: *Pearson Education, Inc.*

На формирование масляной пленки существенное влияние оказывает форма соприкасающихся поверхностей и отсутствие загрязнений на соприкасающихся поверхностях (см. рис. 23-3).

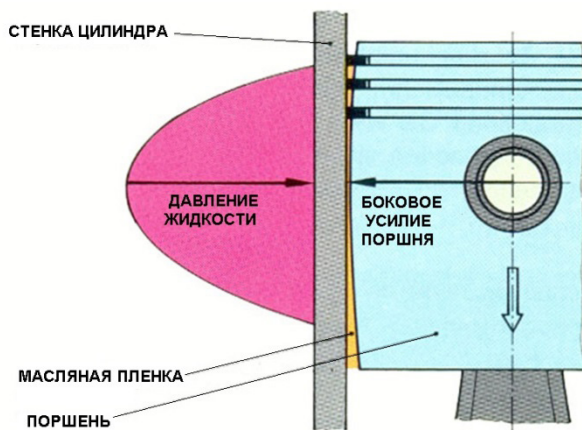


Рисунок 23-3: Формирование масляной пленки в зазоре между стенкой цилиндра и поршнем; источник: *Kraftfahrzeugtechnik TAK*

При взаимном перемещении двух тел на скользящих относительно друг друга соприкасающихся поверхностях за счет адгезии образуется пленка смазки, которая формирует клиновидный зазор между скользящими поверхностями, удерживая эти тела от соприкосновения.



**РЕМАРКА:**

Адгезия (от лат. *adhaesio* — прилипание) в физике — сцепление поверхностей разнородных твёрдых и/или жидких тел. Адгезия обусловлена межмолекулярным взаимодействием (Ван-дер-Ваальсовыми, полярным, иногда — образованием химических связей или взаимной диффузией) в поверхностном слое и характеризуется удельной работой, необходимой для разделения поверхностей. В некоторых случаях адгезия может оказаться сильнее, чем когезия, то есть сцепление внутри однородного материала, в таких случаях при приложении разрывающего усилия происходит когезионный разрыв, то есть разрыв в объёме менее прочного из соприкасающихся материалов.

В самом узком месте масляного клина давление жидкости достигает максимального значения. Давление жидкости будет отталкивать две детали друг от друга (принцип гидродинамической смазки), не позволяя им войти в непосредственный контакт. Так происходит при движении выпуклой поверхности поршня, имеющего бочкообразную форму, внутри гладкого цилиндра (см. рис. 23-3).

В подшипниках скольжения масляный клин образуется при эксцентричном положении цапфы в подшипнике (см. рис. 23-4).

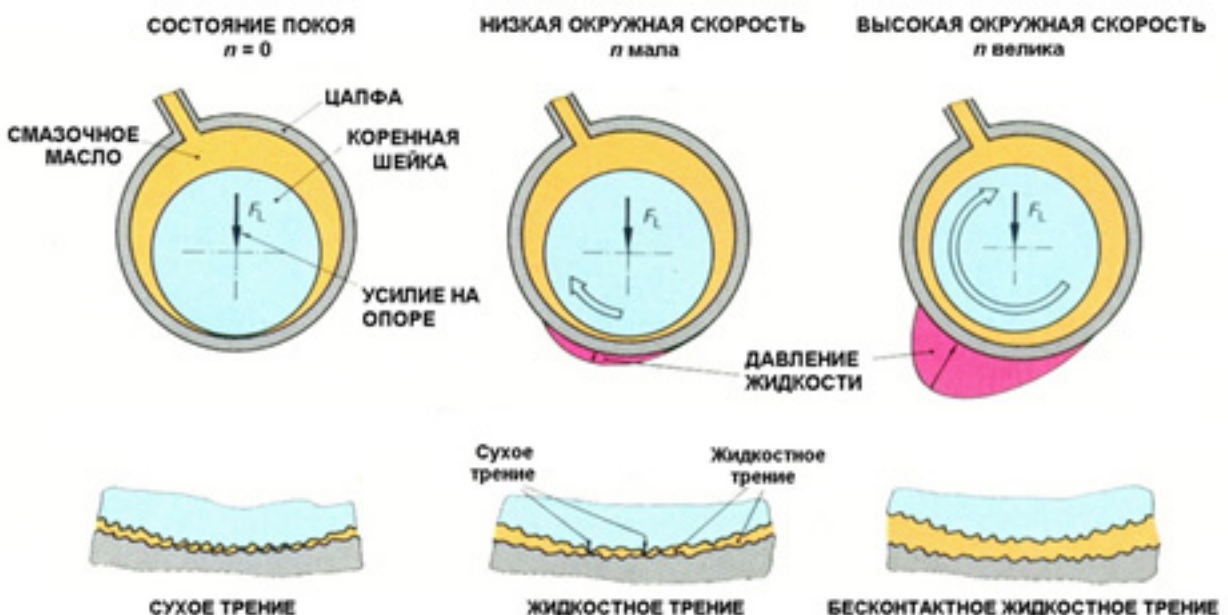


Рисунок 23-4: Изнашивание подшипника скольжения до возникновения жидкостного трения; источник: *Kraftfahrzeugtechnik TAK*



Совершенная гидродинамическая смазка становится возможной в случае принудительной, и достаточной подачи смазывающего материала, и только после достижения определенной окружной скорости цапфы относительно опоры.

Качество гидродинамического смазывания зависит от нагрузки на цапфу, толщины масляного клина и вязкости смазочного масла. Во время разгона вала цапфа находится в непосредственном контакте с опорой, поэтому самый большой износ подшипника и цапфы происходит вначале движения в условиях недостаточного смазывания (см. рис. 23-4).

Непременным условием возникновения гидродинамического (жидкостного) смазывания является наличие взаимного перемещения двух смазываемых поверхностей (смазываемых деталей).

В гидростатических смазочных системах (*statisch* = статично, греч.: в спокойствии) для отдаления смазываемых изделий друг от друга необходимо давление масла, создаваемого масляным насосом, объемная подача которого не зависит от частоты вращения смазываемых деталей. Этот тип смазывания в автомобилестроении не применяется, поскольку частота вращения коленчатого вала двигателя часто меняется.

## ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ СМАЗЫВАНИЕ



### **РЕМАРКА:**

Приставка «гидро-» относится к жидкостям, как в гидравлике.

Термин «динамика-» означает перемещение материалов.

Образование клиновидной масляной пленки называется гидродинамической смазкой, и зависит от силы, приложенной к скользящему предмету, скорости взаимного перемещения смазываемых объектов и густоты масла.



### **РЕМАРКА:**

Густота масла определяется его вязкостью, и характеризуется способностью масла противостоять потоку.

Масло с высокой вязкостью – густое, а масло с низкой вязкостью – жидкое.

Гидродинамическая смазка возникает при образовании клиновидной пленки смазочного материала между двумя поверхностями, которые совершают относительное движение между собой. Давление масла в системе смазки двигателя позволяет осуществлять непрерыв-

ную подачу масла в менее нагруженную часть подшипника, что позволяет сформировать масляную пленку.

Гидродинамическая смазка образуется при вращении вала в подшипнике путем формирования клиновидной гидродинамической масляной пленки, изогнутой вокруг подшипника. Давление между подшипником и шейкой коленчатого вала двигателя может превышать  $70 \text{ кг/см}^2$  ( $6\,900 \text{ кПа}$ ) вследствие образования гидродинамической смазки, которая создает подклинивающее действие между подшипником и шейкой коленчатого вала.

Большая часть износа подшипников происходит при пуске двигателя, и продолжается до тех пор, пока формируется масляная пленка, обеспечивающая гидродинамическую смазку.

## СИСТЕМА СМАЗКИ ДВИГАТЕЛЯ

### НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Основной функцией системы смазки двигателя является принудительное поддержание непрерывной подачи масла в подшипники. Давление моторного масла должно быть достаточно высоким, чтобы подать масло в подшипники с достаточной силой, чтобы сформировать поток масла, который необходим как для обеспечения жидкостного трения, так и для охлаждения трущихся поверхностей.

### НОРМАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ МАСЛА

Нормальное давление масла в двигателе должно находиться в диапазоне от  $2$  до  $4 \text{ кг/см}^2$  (от  $200$  до  $400 \text{ кПа}$ ) или  $0,7 \text{ кг/см}^2$  на каждые  $1000$  оборотов в минуту скорости вращения коленчатого вала двигателя. Соблюдение этих нормативных значений позволяют увидеть следующее:

- высокое давление масла в системе смазки формируется на холодном двигателе, поскольку холодное масло обладает большей вязкостью (густотой).
- низкое давление масла в системе смазки двигателя возникает, когда двигатель прогревается до нормальной рабочей температуры за счет того, что масло становится все жиже, хотя смазочному маслу пытаются придать свойство малого снижения вязкости при его нагреве.

Низкое давление масла формируется на холостом ходу, и более высокое давление масла при высоких оборотах двигателя, поскольку масляные насосы, работающие в системе смазки – это «объемные» насосы. Сравнительно низкое давление масла в системе смазки двигателя, очевидно, не сможет обеспечивать работу деталей дви-

гателя с незначительным износом трущихся поверхностей, если не будет обеспечено условие возникновения гидродинамической смазки.

### **РЕМАРКА:**

Принцип действия объемных насосов заключается в использовании полостей, способных изменять свой объем. Конструктивно это могут быть самые разнообразные устройства, но их объединяет то, что с увеличением объема происходит заполнение полости, а при уменьшении объема – выталкивание жидкости. Это изменение объема происходит принудительно как результат действия некоего механизма. Среди особенностей насосов этого типа необходимо отметить, что объем перекачиваемой жидкости чаще всего не зависит от давления – он постоянен и определяется геометрическими характеристиками насоса и параметрами привода. Это важное свойство с точки зрения эксплуатации. Попытка перекрытия нагнетательного трубопровода или даже рост сопротивления в нагнетательном трубопроводе приведут к поломке насоса или разрыву нагнетательного трубопровода. В связи с этим, абсолютное большинство насосов объемного действия в обязательном порядке комплектуются предохранительными перепускными клапанами, способными при аварийном повышении давления сбрасывать жидкость обратно во всасывающий трубопровод.

Давление масла в системе смазывания формируется масляным насосом, но давление масла между шейкой вала и подшипником формируется вследствие действия гидродинамических сил.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

### **Давление масла.**

Опорные подшипники коленчатого вала, подшипники распределительного вала могут получить достаточное количество смазки только в случае поддержания в системе смазывания необходимого количества масла. Измерение уровня масла в двигателе производится масляным щупом, установленным в направляющей втулке, и погруженным в масло, находящееся в поддоне. В ряде случаев уровень масла определяется электронным датчиком. Кроме достаточного уровня смазочного масла для обеспечения надлежащей смазки двигателя в системе должно поддерживаться давление масла на предписанном изготовителем уровне. Давление в системе смазки определяется датчиком давления, который подает на прибор электрический сигнал, пропорциональный давлению масла, или мембранным выключателем, который включает предупредительный сигнализатор в

случае снижения давления ниже критического значения.



Рисунок 23-5: Стрелочный прибор давления масла может быть хорошим индикатором давления масла в двигателе. Если возникают какие-либо опасения по поводу давления масла, всегда следует использовать механический манометр, чтобы получить уверенность в истинном значении давления масла. На автомобилях, оснащенных газотурбинным наддувом, можно встретить датчик температуры масла; источник: Lamborghini: Gallardo Spyder.

### **Температура масла.**

Чрезмерная температура, будь то слишком низкая или слишком высокая температура, одинаково вредна для любого двигателя. Если масло слишком холодное, оно может оказаться слишком густым, чтобы обеспечить устойчивый поток масла через масляные каналы, и смазывать все детали двигателя. Если масло слишком горячее, оно может стать слишком жидким, чтобы обеспечить прочную пленку, необходимую для предотвращения контакта металлических деталей двигателя, и их износ.

Расчетная температура масла может быть определена по следующей формуле.

Расчетная температура масла = Температура наружного воздуха + 60°C

Например, при температуре наружного воздуха 30°C, температура масла должна быть: 30°C + 60°C = 90°C.

При резком ускорении автомобиля, или при работе с высокой нагрузкой (например, буксирование прицепа), температура масла в двигателе быстро повышается. Тем не менее, температура в системе смазки двигателя не должна превышать 150°C.

## МАСЛЯНЫЙ НАСОС

### НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Все производимые в настоящее время автомобильные двигатели имеют полно-поточную систему смазки, работающую под давлением.

Масляный насос необходим для:

- поставки от 3 до 6 литров в минуту масла из масляного поддона двигателя в систему смазки двигателя;
- поддержания давления масла в системе смазки, непрерывно подавая в систему новых порций смазки.

## ДЕЙСТВИЕ КОМПОНЕНТОВ

В двигателях старых конструкций привод масляного насоса совмещался с приводом распределителя зажигания. Это предотвращало работу двигателя при поломке масляного насоса. Привод распределителя зажигания, совмещенный с приводом масляного насоса, производился от распределительного вала системы газораспределения двигателя.

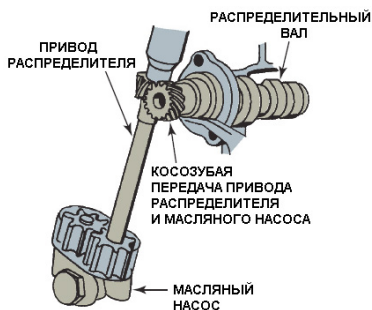


Рисунок 23-6: Привод масляного насоса от распределительного вала, расположенного в блоке цилиндров двигателя; источник: Pearson Education, Inc.

Масляный насос приводится в движение косозубой зубчатой передачей через приводной вал, чаще всего, шестигранной формы.

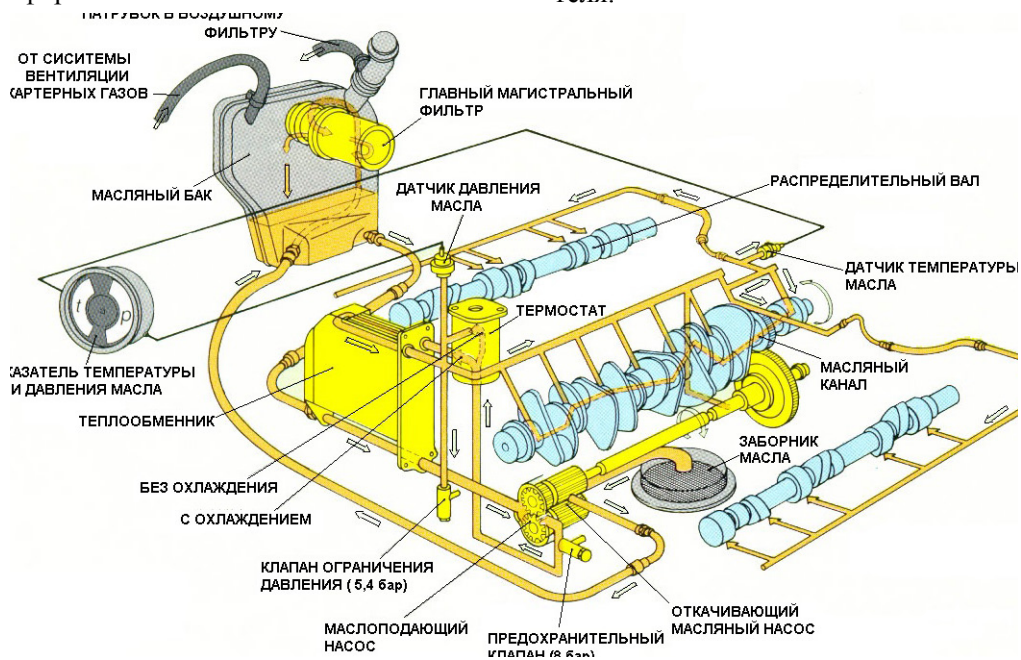


Рисунок 23-7: Система смазки с приводом масляного насоса от коленчатого вала, и «сухим» картером; источник: Kraftfahrzeugtechnik (TAK)

Если привод масляного насоса осуществляется от распределительного вала, скорость вращения насоса будет в два раза меньшей скорости вращения коленчатого вала двигателя.

Если привод масляного насоса осуществляется от коленчатого вала, он вращается со скоростью коленчатого вала, то есть в два раза быстрее, чем при приводе от распределительного вала.

## ТИПЫ МАСЛЯНЫХ НАСОСОВ

Все масляные насосы относятся к насосам объемного типа, и каждый оборот механизма насоса обеспечивает подачу одного и того же объема масла; следовательно, все, что входит в насос, должно выйти из него, получив энергию в виде избыточного давления. Если скорость вращения насосного элемента увеличится, произойдет пропорциональное увеличение объема подаваемого масла и увеличение давления.

Большинство автомобильных двигателей используют один из трех типов масляных насосов, это шестеренчатый насос, роторный насос или зубчатый насос с серповидным разделителем.

**ШЕСТЕРЕНЧАТЫЙ НАСОС С НАРУЖНЫМ ЗУБЧАТЫМ ЗАЦЕПЛЕНИЕМ = EXTERNAL GEAR TYPE**  
Шестеренный масляный насос обычно приводится в действие валом, который приводится в действие распределительным валом механизма газораспределения. В этом случае насос вращается со скоростью, в два раза меньшей скорости вращения коленчатого вала двигателя.



Типовой механизм насоса с внешним зубчатым зацеплением состоит из ведущего и ведомого зубчатого колеса, плотно установленных в корпусе насоса. Шестеренчатый насос имеет две стороны: сторону всасывания, и сторону нагнетания (см. рис.23-8)

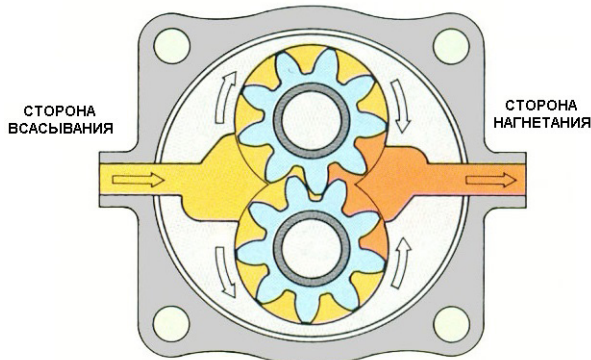


Рисунок 23-8: В насосе с внешним зубчатым зацеплением масло втягивается в пространство между зубьями, затем масло переносится по внешней части зубчатых колес, скользящих по внутренней поверхности корпуса насоса. На стороне всасывания зуб, входящий во впадину сопрягаемой шестерни, вытесняет масло в напорную магистраль; источник: *Kraftfahrzeugtechnik TAK*

На стороне всасывания разрежение производится при выводе зуба из впадины сопрягаемой шестерни. Масло заполняет освободившуюся от зуба впадину, и переносится вдоль корпуса насоса со стороны всасывания на сторону нагнетания. Погружение зуба во впадину сопрягаемой шестерни сопровождается вытеснением находящегося во впадине масла в напорную магистраль. Шестеренные насосы, хотя и недороги в производстве, но в сравнении с роторным насосом, или в сравнении с зубчатым насосом с серповидным делителем обладают меньшей производительностью.

### ЗУБЧАТЫЙ НАСОС С ВНУТРЕННИМ ЗАЦЕПЛЕНИЕМ ЗУБЬЕВ = INTERNAL/EXTERNAL GEAR TYPE

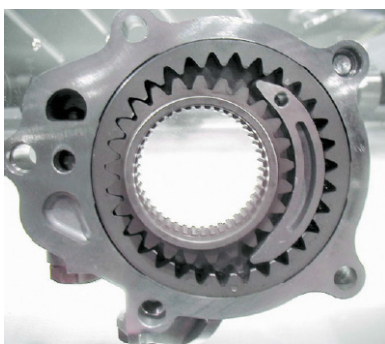


Рисунок 23-9: Типовой масляный насос с внутренним зубчатым зацеплением, установлен в передней крышке двигателя, и приводится в действие от коленчатого вала двигателя; источник: *Pearson Education, Inc.*

Зубчатый насос с внутренним зацеплением и серповидным делителем обычно устанавливается на переднем

конце коленчатого вала двигателя. Этот тип масляного насоса приводится в действие непосредственно от коленчатого вала, и работает с частотой вращения коленчатого вала двигателя. В этом типе масляного насоса, два зубчатых колеса: с внешним и внутренним зацеплением, установлены в корпусе, и отделены друг от друга разделительным полумесяцем.

Внутреннее зубчатое колесо приводится в движение коленчатым валом, а наружное зубчатое колесо — зубьями наружного зубчатого колеса, у которого зубцы предназначены для внутреннего зацепления (см. рис. 23-10).

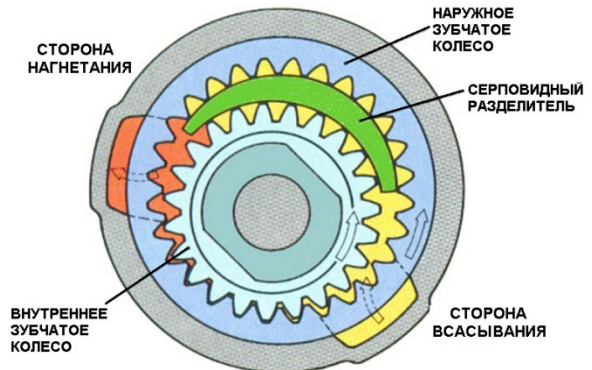


Рисунок 23-10: Шестеренчатый насос с внутренним зубчатым зацеплением и серповидным разделителем; источник: *Kraftfahrzeugtechnik TAK*

Увеличение объема при выходе зубьев из зацепления заставляет жидкость втягиваться в насос, и затем эта жидкость переносится на сторону нагнетания впадинами зубьев вдоль серповидного разделителя, по поверхности которого скользят вершины зубьев. Зубчатый насос с серповидным делителем обладает высокой производительностью, низким уровнем шума в работе, и готовностью к созданию необходимого уровня давления сразу же после начала вращения.

### НАСОС РОТОРНОГО ТИПА = ROTOR TYPE

Этот тип масляного насоса приводится в действие коленчатым валом двигателя. В насосе используются ведущее колесо с внешними зубцами специально-рассчитанной лепестковой формы, которое находится в зацеплении с ответным ведомым колесом, в котором количество впадин на одну больше количества зубьев на ведущем колесе.

Роторный насос работает подобно насосу с зубчатым зацеплением. В роторном насосе (иногда упоминаемом, как *Kapselpump*, или *Eaton Hydrokraft Pump*) приводится во вращение внутреннее колесо, находящееся в зацеплении с наружным колесом (см. рис. 23-11).

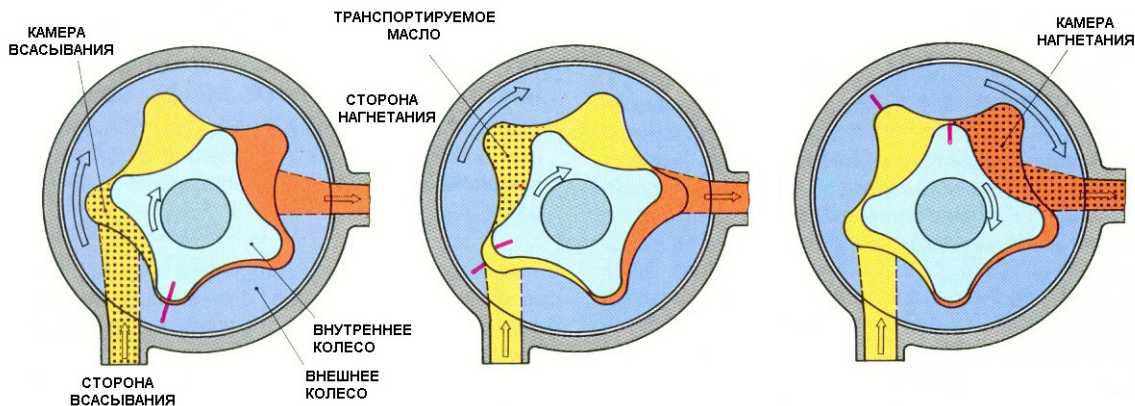


Рисунок 23-11: Принцип действия роторного насоса

Слева: Масло втягивается в углубление внешнего колеса;

Посередине: Масло перемещается на сторону нагнетания в полостях, образованных впадинами наружного колеса;

Справа: Масло выдавливается из углублений наружного колеса в напорную магистраль, поскольку поверхности зубьев внутреннего колеса и поверхность наружного колеса никогда не выходят из соприкосновения; источник: *Kraftfahrzeugtechnik TAK*

При вращении колес наружные поверхности лепестков перемещаются по внутренним поверхностям впадин без образования зазора. В остальном, действие роторного насоса не отличается от действия насоса с внутренним зацеплением, но в отличие от него, разделяющий полумесяц отсутствует, его роль играют наружные поверхности колес, обегаящие друг друга без образования зазоров. При синхронном вращении внутреннего и наружного колеса зуб внутреннего колеса покидает впадину на наружном колесе, и, в результате увеличения объема, на стороне всасывания возникает разрежение. Масло занимает объем впадины между зубьями наружного колеса, и остается там до тех пор, пока во впадину между соседними зубьями начнет погружаться зуб внутреннего колеса. Связанное с погружением зуба во впадину уменьшение объема заставляет масло вытесняться в напорную магистраль.

Давление в напорной магистрали увеличивается с увеличением частоты вращения коленчатого вала.

Хотя стоимость изготовления роторного насоса превосходит затраты на изготовление шестеренчатого насоса, этот насос имеет высокую производительность и обладает низкой шумностью работы.

#### НАСОС ГЕРОТОРНОГО ТИПА = *GEROTOR TYPE*

Этот тип масляного насоса использует внутренний и внешний ротор.

Термин является производным от двух слов: «сгенерированный ротор», или «геротор».

Внутренний ротор имеет на один зуб меньше количества зубьев на наружном роторе, и оба ротора вращаются внутри корпуса насоса.

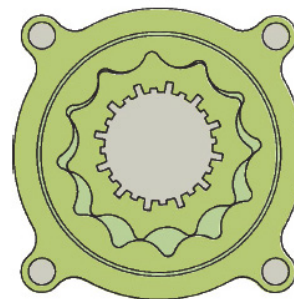


Рисунок 23-12: Насос героторного типа приводится в действие от коленчатого вала двигателя; источник: *Pearson Education, Inc.*

Насос по производительности подбирается таким образом, что он будет поддерживать давление в напорной магистрали прогретого двигателя не менее  $7 \text{ кг/см}^2$  (70 кПа) и при работе двигателя на оборотах холостого хода.

#### РЕГУЛЯТОР ДАВЛЕНИЯ МАСЛА = *OIL PRESSURE REGULATION*

В двигателях с полно-поточной системой смазывания максимальное давление в системе ограничивается клапаном сброса (клапаном ограничения) давления. Клапан ограничения давления (который иногда именуют, как редукционный клапан) установлен в напорной магистрали на выходе из насоса. Этот клапан при увеличении давления выше силы сжатия установленной пружиной величины, отправляет часть масла из напорной магистрали на впускную сторону насоса.



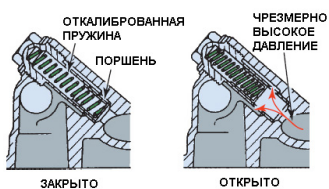


Рисунок 23-13: Клапан ограничения давления масла оснащен подпружиненным поршнем. Чем сильнее сила сжатия пружины, тем выше давление масла в напорной магистрали; источник: *Pearson Education, Inc.*

Сила сжатия пружины клапана определяет уровень максимального давления в системе смазывания. Если не использовать клапан ограничения давления, в системе смазывания давление масла будет увеличиваться с увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Максимальный уровень давления в системе смазывания определяется условиями, при которых насос будет способен поставить достаточное количество смазочного материала ко всем частям двигателя, нуждающихся в смазке. Производительность масляного насоса подобрана так, что он достаточно большой для поставки достаточного давления на самых низких оборотах коленчатого вала, но достаточно мал, чтобы породить кавитацию на самых высоких оборотах двигателя.

**РЕМАРКА:**

*Кавитация (от лат. cavita — пуста) — процесс парообразования и последующей конденсации пузырьков пара в потоке жидкости, сопровождающийся шумом и гидравлическими ударами, образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков, или каверн), заполненных паром самой жидкости, в которой возникает.*

Кавитация возникает тогда, когда насос начинает тянуть масло быстрее, чем оно может поступать из поддона путем всасывания через сетчатый фильтр маслоприемника. Когда насос не в состоянии получить достаточное количество масла, на стороне всасывания начинают образовываться пузырьки испарившегося масла. Это создает газовые пробки в потоке масла. Насос кавитирует, когда он вместо масла начинает посылать в напорную магистраль воздух или пары масла.

**РЕМАРКА:**

*Использование защитного экрана, прикрывающего маслоприемник, одна из мер защиты системы смазывания от кавитации.*

*Масло в поддоне прикрито защитным экраном из тонкого листового металла. Это не позволяет масляному насосу втянуть воздух в систему даже при резких разгонах и торможениях*

После того, как масло покидает насос, оно сначала проходит через масляный фильтр и затем доставляется к движущимся частям по просверленным масляным каналам.

**МАСЛЯНЫЙ ФИЛЬТР**

При работе двигателя смазочное масло насыщается продуктами износа и загрязнениями (частицы металла, пыль, нагар), которые ухудшают качество масла, и способны вызвать повреждение деталей двигателя. Задачей масляного фильтра является очистка масла от скопившихся в нем загрязнений.

**РАСПОЛОЖЕНИЕ МАСЛЯНОГО ФИЛЬТРА**

Как правило, масляный фильтр располагается в напорной магистрали вслед за масляным насосом. Через полно-поточный фильтр прокачивается весь объем масла, подаваемого к смазываемым частям двигателя. Подобная расстановка насоса и фильтра позволяет гарантировать, что к смазываемым узлам будет поступать только очищенное масло (см. рис. 23-14).

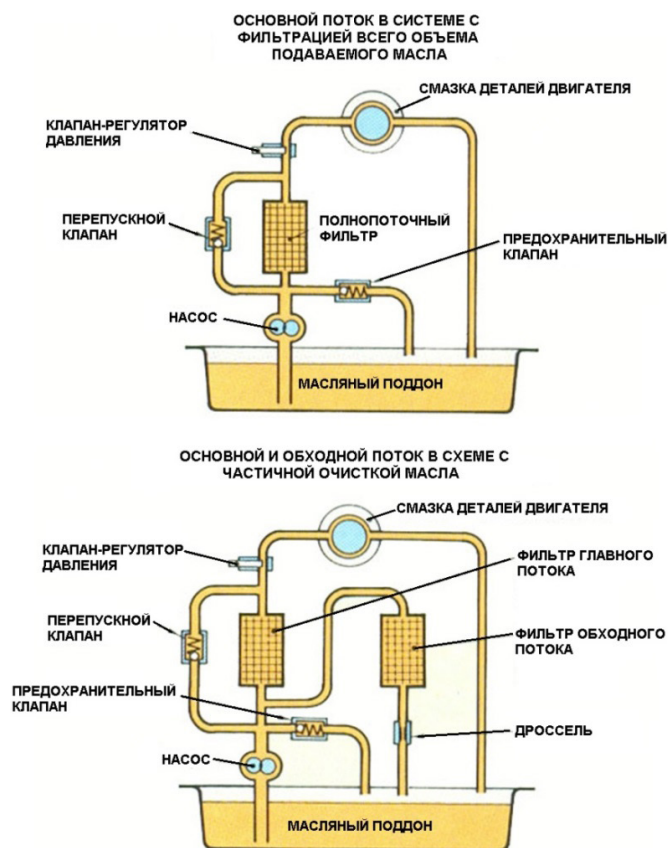


Рисунок 23-14: Расположение фильтров в системе смазывания двигателя; источник: *Kraftfahrzeugtechnik TAK*

Чтобы произвести быстрое заполнение системы смазывания двигателя маслом пропускная способность фильтра не должна быть слишком маленькой. Но в

этом случае фильтрующий эффект будет мал. Маленькие по размеру частички примесей из масла не удаляются фильтром. Если масляный фильтр окажется забитым, масло к подшипникам двигателя будет поступать, минуя фильтр через перепускной клапан.

Через фильтр обходного потока всегда протекает только 10...20% всего объема масла, подаваемого масляным насосом. Остальное масло поступает к точкам смазывания через фильтр главного потока. Тем не менее, весь объем масла в течение одного часа проходит фильтрацию через фильтр обходного потока от 5 до 6 раз.

Фильтрующий эффект от использования фильтра в обходном потоке очень велик. Наилучшим эффектом очистки масла обладает комплексная система, предусматривающая применение фильтра главного потока в сочетании с фильтром обходного потока. Однако в целях экономии обходятся установкой одного полно-поточного масляного фильтра.

## СТЕПЕНЬ ФИЛЬТРАЦИИ МАСЛА

Степень фильтрации масла различными фильтрами указана в таблице 23-2.

Таблица 23-2: Виды масляных фильтров и степень фильтрации

Виды масляных фильтров	Наименьший размер задерживаемых примесей
Магнитный сепаратор	Все ферромагнитные примеси, независимо от их размеров.
Сетчатый фильтр	от 30 мкм
Щелевой фильтр	от 30 мкм
Бумажный фильтр	от 15 мкм
Центробежный фильтр	от 10 мкм

В центробежном фильтре смазка под давлением поступает в полый вал ротора (см. рис. 23-15).

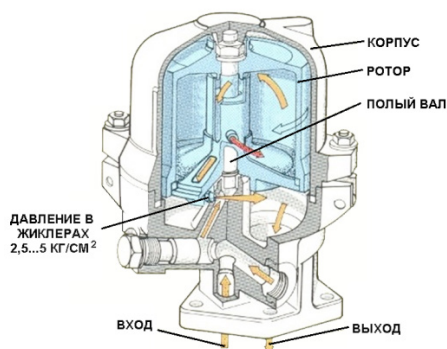


Рисунок 23-15: Центробежный фильтр; источник: Kraftfahrzeugtechnik TAK

Из полого вала масло поступает в ротор, а вытекает через каналы, заканчивающимися соплами (жиклерами). Выходящее из сопел масло формирует реактивную силу, которая заставляет ротор вращаться со скоростью от 3000 до 8000 мин<sup>-1</sup> (об/мин). Под действием центробежных сил содержащиеся в масле примеси отгесняются к стенкам ротора, и остаются там, формируя слой липкой грязи.

Центробежный масляный фильтр необходимо периодически чистить, снимая слой налипшей на внутреннюю поверхность грязи.

Недостатком центробежного фильтра является то, что он очищает масло только от примесей, плотность (удельный вес) которых превышает плотность масла. Нагар и сажа, которая в обилии насыщает масло во время работы двигателя, обладает плотностью, соизмеримой с плотностью масла, поэтому центробежным способом очистить масло от сажи невозможно.

В последние десятилетия произошел отказ от использования центробежного фильтра в пользу неразборного полно-поточного масляного фильтра.

## ФАКТОРЫ ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ НА ДАВЛЕНИЕ МАСЛА

Давление в системе может быть создано и поддерживаться на заданном уровне только в том случае, если производительность масляного насоса выше, чем суммарные утечки масла в двигателе.

### Утечки.

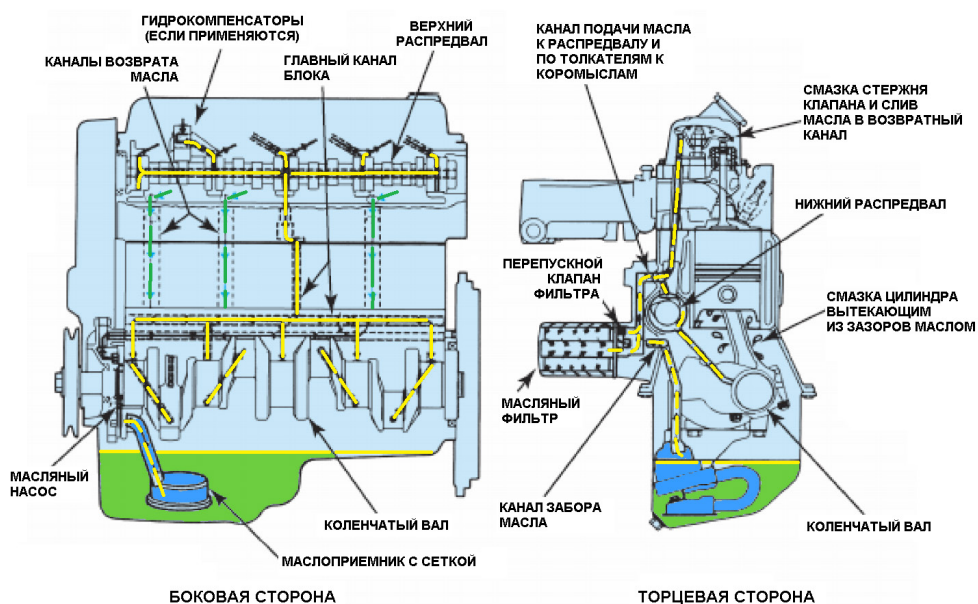
Утечки через зазоры в конечных точках системы смазывания. Конечные точки находятся по краям подшипников, коромысел, осевых отверстий в теле шатунов, и так далее. Эти зазоры предназначены для обеспечения циркуляции масла через подшипниковые узлы, то есть необходимы для нормальной работы двигателя. При износе двигателя эти зазоры становятся все большими, и все больше масла будет вытекать через конечные точки системы смазывания. Иными словами, износ коренных или шатунных подшипников часто становится причиной снижения давления масла в системе смазки двигателя.



### **ЧАСТО ЗАДАВАЕМЫЙ ВОПРОС**

**Решит ли проблему увеличение давления и объема подачи масляным насосом?**

**Нет.** Трущиеся части двигателя нуждаются в давлении только до того момента, когда масло достигнет частей, нуждающихся в смазке.



◀ = ВОЗВРАТ САМОТЕКОМ  
 ▶ = ПОДАЧА ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Рис. 23-16: Типовая конструкция двигателя, использующего оба способа смазывания: смазка под давлением и смазка разбрызгиванием масла. Масло проходит под давлением через масляные каналы, чтобы достичь верхней части двигателя. Часть деталей смазываются при стекании масла обратно в масляный поддон в ходе расплескивания на смазываемые детали; источник: Pearson Education, Inc.

Масляная пленка между деталями формируется и поддерживается не давлением, создаваемым масляным насосом, а в результате возникновения эффекта гидродинамической смазки. Повышение давления в системе потребует больших затрат энергии на привод масляного насоса, но не сделает смазку лучшей, чем при минимальном эффективном давлении.

Масляный насос большей объемной подачи имеет большие габаритные размеры, и подает в систему больше масла при каждом обороте насосного элемента. Подобные масляные насосы применяются в основном на спортивных автомобилях, где намеренно увеличивают зазоры в подшипниках с целью обеспечения большей циркуляции через узлы для их охлаждения. Двигатели спортивных автомобилей всегда работают на высоких оборотах, а как было сказано выше, качественная гидродинамическая смазка возможна при сочетании двух факторов: достаточной подачи смазочного масла к трущимся деталям, и высокой скорости взаимного перемещения смазываемых деталей.

В серийных двигателях увеличение объемной подачи не позволит сформировать необходимую гидродинамическую смазку, поскольку отсутствует второй фактор – высокая скорость вращения коленчатого вала двигателя.

### Производительность масляного насоса.

Масляный насос должен поставлять смазочного масла больше объема утечек масла через конечные точки. Производительность масляного насоса зависит от его размера, скорости вращения, и физического состояния насоса. Если насос вращается медленно, например, при оборотах холостого хода двигателя, объемная подача насоса мала. Если же утечки через конечные точки превышают производительность насоса, давление масла в системе смазки будет низким.

При увеличении скорости вращения коленчатого вала двигателя производительность насоса увеличится, и насос будет подавать большее количество масла в места существующих утечек, величина которых не увеличится. Это значит, что в системе начнет повышаться давление, пока оно не достигнет уровня максимального давления, ограничиваемого редукционным клапаном.

### **РЕМАРКА:**

Забитый сетчатый фильтр маслоприемника может стать причиной снижения давления масла в двигателе, поскольку насос не сможет втянуть достаточного количества масла. Кроме того, в этом случае в системе смазки может возникнуть кавитация.



### Вязкость моторного масла.

Вязкость масла оказывает влияние, как на производительность насоса, так и на утечки масла.

Жидкое масло или масло с низкой вязкостью легко протекает через зазоры внутри насоса, и легко покидают конечные точки системы смазки через зазоры в подшипниках.

Горячее масло имеет низкую вязкость, и поэтому горячий двигатель часто имеет низкое давление масла.

Холодное масло обладает большей вязкостью (более густое) чем горячее масло.

В результате в системе смазывания формируется более высокое давление, даже при работе холодного двигателя на оборотах холостого хода.

Высокое давление масла формируется на холодном двигателе из-за того, что редукционный клапан должен оставаться открытым более длительное время, чтобы выпустить излишки масла, чем это происходит на горячем двигателе. Открытие на большую величину редукционного клапана вызывает большее сжатие пружины в клапане, что, в свою очередь, увеличивает давление масла в системе.

Заливка в двигатель масла с большей вязкостью позволит повысить давление масла за счет увеличенного сжатия пружины редукционного клапана, даже при низких оборотах двигателя на режиме холостого хода.

### ПРОВЕРКА МАСЛЯНОГО НАСОСА

Чтобы проверить состояние масляного насоса следует снять его нижнюю крышку.

#### Визуальная инспекция.

Осматривается корпус и шестерни насоса на наличие задиров.

Если шестерни и корпус насоса имеют глубокие риски или борозды, необходимо заменить весь насос в сборе.

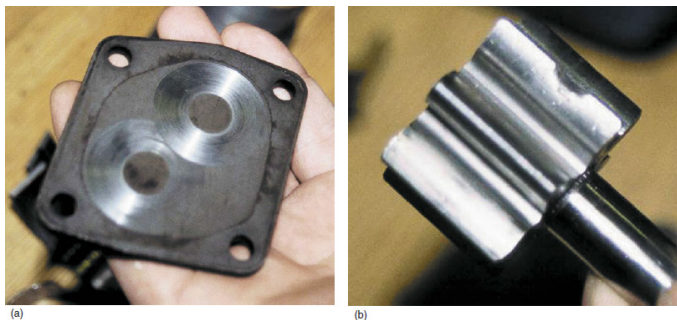


Рисунок 23-17 (a): При визуальном осмотре выявлено, что крышка насоса изношена. (b) Осмотр деталей разобранного насоса показал, что на одном из зубьев имеются следы скола, что делает этот насос бесполезным; источник: *Pearson Education, Inc.*

### Измерения.

Если следы износа на корпусе насоса и зубьях невелики, следует измерить зазоры в насосе. Измерять зазоры следует: в пространстве между шестернями и корпусом, в пространстве между зубьями двух шестерен, и в пространстве между боковой поверхностью шестерни и крышкой насоса.

Для измерения этих зазором можно воспользоваться шупом толщинометром. Для измерения зазора между боковой поверхностью шестерни и крышкой можно воспользоваться пластичной проволокой-измерителем.

Масляный насос должен быть заменен, если выявлены чрезмерные зазоры или задир.

На большинстве двигателей, масляный насос следует заменять как неотъемлемую часть любого ремонта двигателя, особенно если причиной ремонта явилась отсутствие смазки.



#### РЕМАРКА:

Масляный насос погружен в «выгребную яму» двигателя, поэтому весь мусор и грязь, образовавшаяся в двигателе, перекачивается шестернями масляного насоса.

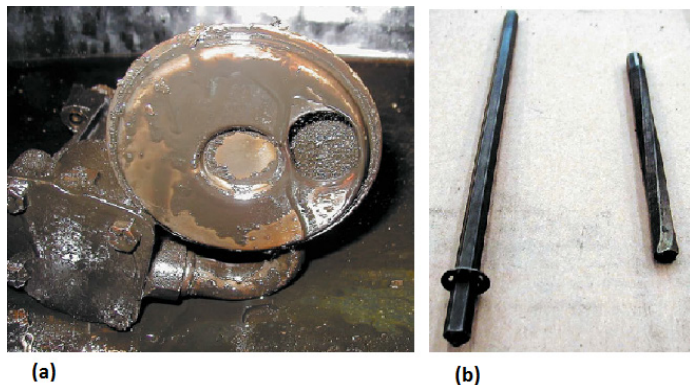


Рисунок 23-18 (a): Масляный насос – единственный агрегат двигателя, который получает нефильтованное масла из двигателя. Масло выбирается из нижней части масляного поддона и подается под давлением в масляный фильтр. (b) Если грязь попадет в масляный насос, приводную шестерню, или приводной вал насоса может скрутить или сломать. Если это произойдет, двигатель лишится всего давления масла; источник: *Pearson Education, Inc.*

Перед проверкой масляного насоса на наличие износа следует ознакомиться со спецификацией производителя.

Зазоры в типичном масляном насосе следующие:

1. Зазор между боковой поверхностью шестерни и корпусом насоса: 0,04 мм
2. Зазор между вершинами зубьев и внутренней поверхностью корпуса насоса: 0,30 мм
3. Радиальный зазор между шестернями: 0,25 мм
4. Люфт шестерни на оси: 0,10 мм.

Все детали масляного насоса должны быть внимательно осмотрены на предмет износа.

Проверьте редукционный клапан на отсутствие задиров, и состояние пружины.

При установке масляного насоса проверьте состояние сопрягаемых поверхностей, и смажьте очищенные поверхности тонким слоем масла.

Перед сборкой заполните корпус насоса маслом. Залитое масло позволит быстро заполнить систему смазки свежим маслом.

## МАСЛЯНЫЕ КАНАЛЫ

### НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Масло из насоса сначала отправляется через фильтр, и затем через высверленное отверстие, которое соединяется с главным масляным каналом, или продольным коллектором. Это длинное отверстие просверлено от передней части блока цилиндров к его задней части.

Рядные двигатели снабжены одним продольным масляным каналом. Двигатели с V-образным расположением двигателя могут иметь два продольных масляных канала.

Просверленные через переборки блока цилиндров масляные каналы позволяют по кратчайшему пути подвести масло из главной масляной магистрали к коренным подшипникам коленчатого вала двигателя.

В некоторых двигателях масло сначала подается к шатунным подшипникам, и только потом к коренным подшипникам коленчатого вала.

Важно, чтобы смазочные отверстия в подшипниках были согласованы с просверленными каналами в седлах подшипников так, чтобы подшипник мог должным образом смазываться.

В условиях хорошей смазки подшипники будут изнашиваться очень медленно. Но любой износ сопровождается увеличением зазора в подшипнике.

Увеличение зазора вынудит масло вытекать с торцевой стороны подшипника. Большие утечки масла из изношенных подшипников снижают возможность обеспечения нормальных условий работы подшипников, расположенных дальше по ходу системы смазывания. Это является основной причиной выхода из строя подшипников.

Чтобы при диагностике двигателя можно было определить степень изношенности подшипников, на конце продольного канала блока цилиндров оставлено диагностическое отверстие, к которому можно подключить механический манометр. Как правило, расположение диагностического отверстия – у самого дальнего от насоса подшипника.

Если смазка этого подшипника неудовлетворительна, можно быть уверенным, что причиной снижения давления является износ подшипников.

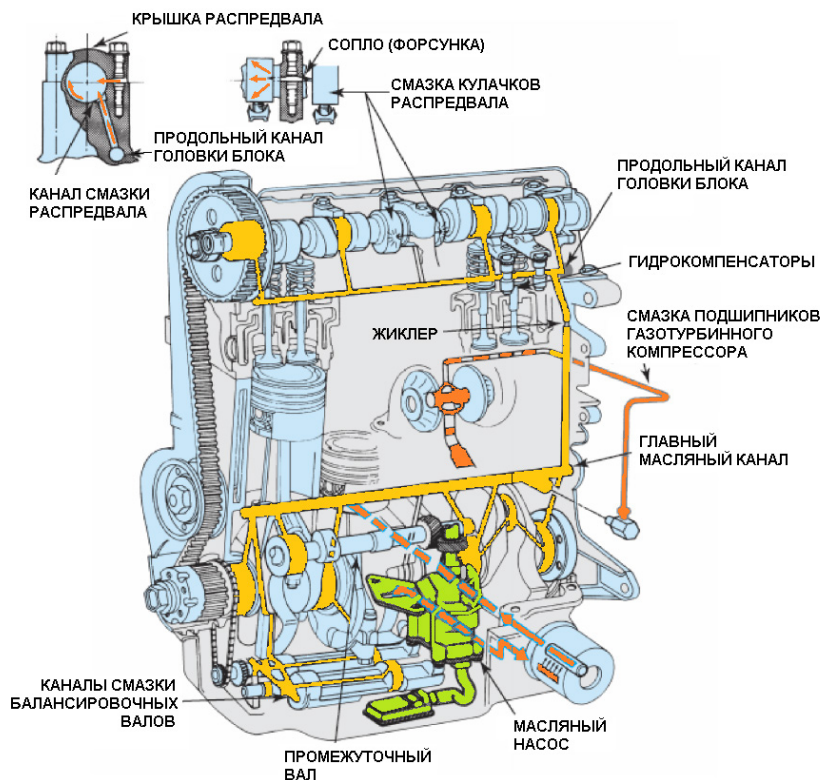


Рисунок 23-19: Промежуточный вал приводов масляного насоса на двигателе с верхним распределительным валом. Главный масляный канал, продольный канал головки блока и другие каналы просверлены в блоке цилиндров и головке блока цилиндров; источник: Pearson Education, Inc.

## **РЕМАРКА:**

Корпорация Chrysler = Крайслер зарегистрировала «HEMI» в качестве товарного знака в Соединенных Штатах Америки, хотя они не были ни изобретателями двигателя со сферическими камерами сгорания, ни первыми продавцами подобных двигателей.

## **ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ**

### Система смазки нового Hemi двигателя

Двигателем Chrysler Hemi V-8 использует уникальную систему смазки, поскольку к толкателям клапанов с гидравлическими компенсаторами масло подается из верхней части головки цилиндров через полые тяги. Хотя это общепринятая практика, когда масло подается к коромыслам через полые толкатели со стороны распределительного вала, однако уникальность системы смазки HEMI двигателя состоит в том, что подача масла осуществляется в обратном направлении – из головки блока к распределительному валу.

При обслуживании HEMI-двигателя особое внимание следует уделить рекомендациям изготовителя по применяемому маслу, в противном случае может быстро возникнуть перебои в работе гидравлических компенсаторов тепловых зазоров в приводе клапанов.

### СМАЗКА КЛАПАННОГО МЕХАНИЗМА

Масляный канал может пересекаться или иметь высверленный проход к отверстию гидравлического компенсатора для подачи масла к этому очень важному элементу привода клапана. Масло, подаваемое к гидравлическому компенсатору, должно иметь уровень давления, достаточный для выполнения возложенных на гидравлический компенсатор задач.

## **РЕМАРКА:**

По мере прогрева двигателя, детали привода клапанов нагреваются, что ведет к их тепловому расширению, и к изменению зазоров между деталями привода клапанов. В автомобилях устаревших конструкций регулировка клапанов производилась при периодическом обслуживании двигателя. Неверная регулировка так называемых тепловых зазоров в приводе клапана могла привести к не плотному закрытию клапана, что вызывало прогорание тарелки клапана или повреждение седла клапана. Так как регулировка зазора клапанов является довольно сложным и ответственным делом, на смену рычагам и шайбам, которые требуют периодических регулировок, пришли гидравлические компенсаторы – устройства, автоматически выбирающие зазоры в приводе клапана.

Подробная информация о принципе работы и диагностике гидравлического компенсаторов приводится в главе 32 этого учебника.

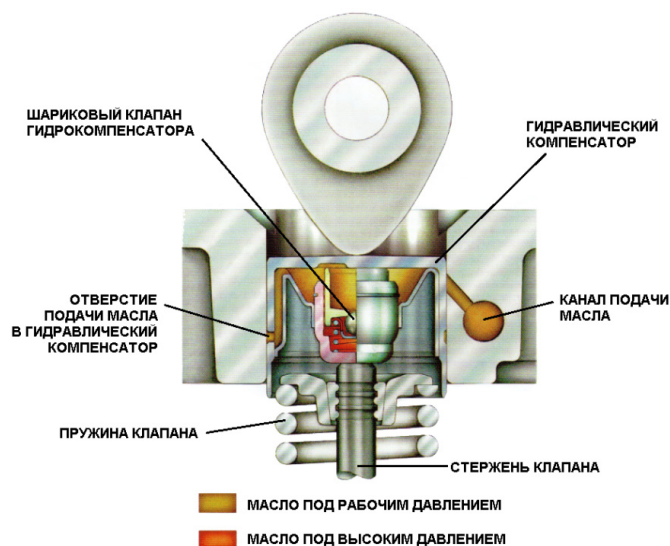


Рисунок 23-20: Расположение гидравлического компенсатора в приводе клапана, и канал подачи масла к гидравлическому компенсатору теплового зазора в приводе клапана; источник: Schaffler Gruppe Automotive

## **РЕМАРКА:**

По мере прогрева двигателя, детали привода клапанов нагреваются, что ведет к их тепловому расширению, и к изменению зазоров между деталями привода клапанов. В автомобилях устаревших конструкций регулировка клапанов производилась при периодическом обслуживании двигателя. Неверная регулировка так называемых тепловых зазоров в приводе клапана могла привести к не плотному закрытию клапана, что вызывало прогорание тарелки клапана или повреждение седла клапана. Так как регулировка зазора клапанов является довольно сложным и ответственным делом, на смену рычагам и шайбам, которые требуют периодических регулировок, пришли гидравлические компенсаторы – устройства, автоматически выбирающие зазоры в приводе клапана.

Подробная информация о принципе работы и диагностике гидравлического компенсаторов приводится в главе 32 этого учебника.

На некоторых двигателях масло поступает в гидравлические компенсаторы из продольных каналов блока цилиндров, и затем идет вверх по полному толкателю, смазывая концы толкателя, коромысла и ось рычага, а так же стержень клапана.



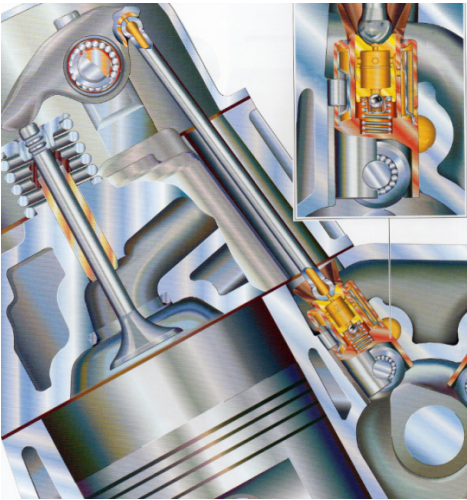


Рисунок 23-21: Установка гидравлического компенсатора теплового зазора в блоке цилиндров на V-образном двигателе с распределительным валом в блоке цилиндров; источник: *Schäffler Gruppe Automotive*.

В некоторых двигателях подача масла в головку блока цилиндров производится через просверленные каналы из главного масляного канала. Поток масла течет через совпадающее в прокладке головки отверстие с отверстием в голове блока, и доставляется к валу коромысел.

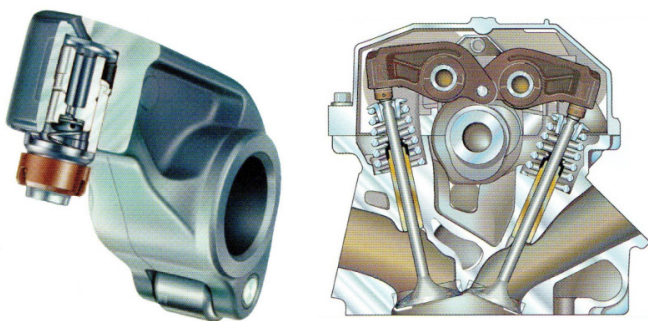


Рисунок 23-22: Гидравлический компенсатор, установленный в коромысле привода клапана, получает масло из оси коромысла; источник: *Schäffler Gruppe Automotive*.

Для подачи масла к осям коромысел может использоваться отверстие под болты увеличенного диаметра, то есть, масло к осям коромысел течет вдоль крепежных болтов. Отверстия в оси коромысел позволяют не только смазать втулку коромысла, но и доставить масло к гидравлическому компенсатору, установленному в коромысле.

Оси коромысел или гидравлические компенсаторы нуждаются в малом объеме масла, поскольку никакого гидродинамического смазывания в этих точках смазки не формируется. Для снижения объема масла, подаваемого в ось коромысел, в линии подачи масла установлен жиклер-ограничитель. Жиклер-ограничитель пото-

ка масла устанавливается при подаче масла через оси толкателей коромысел, но к втулкам распределительного вала давление подается, минуя этот ограничитель. Масло, которое просачивается через подшипники распределительного вала, или стекает с оси коромысла, смазывая стержень клапана, возвращается в масляный поддон через дренажные отверстия в головке блока, прокладке головки блока и блоке цилиндра. Часто дренажные отверстия для слива масла располагают так, что масло стекает на кулачки распределительного вала, и в теле блока цилиндров возле каждого из кулачков распределительного вала выполнено углубления для хранения смазки, в которую окунается кулачок распределительного вала при каждом его обороте.



Рисунок 23-23: Масло направляется к коромыслам V-образного двигателя через полые толкатели. Масло возвращается в масляный поддон через дренажные отверстия в головке блока цилиндров; источник: *Pearson Education, Inc.*

Некоторые двигатели имеют возможность направлять небольшой поток масла в кулачок привода шестерен или цепи.

Это может происходить с использованием следующего устройства:

#### Сопло.

На поверхности втулки подшипника выполнено отверстие, через которое при совпадении отверстий в валу и втулки подается порция масла под давлением, чтобы быть распыленным на смазываемый механизм.

#### УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ФАЗАМИ ГАЗОРАЗРЕДЕЛЕНИЯ И ХОДА КЛАПАНА

#### **РЕМАРКА:**

В этой главе будет дана обзорная информация, которая предназначена всего лишь для описания функций, выполнение которых возложено на систему смазки двигателя.

Система изменения фаз газораспределения (общепринятое международное название *Variable Valve Timing, VVT*) предназначена для регулирования параметров работы газораспределительного механизма в зависимости от режимов работы двигателя. Применение данной системы обеспечивает повышение мощности и крутящего момента двигателя, топливную экономичность и снижение вредных выбросов.

К регулируемым параметрам работы газораспределительного механизма относятся:

- момент открытия (закрытия) клапанов;
- продолжительность открытия клапанов;
- высота подъема клапанов.

В совокупности эти параметры составляют фазы газораспределения – продолжительность тактов впуска и выпуска, выраженную углом поворота коленчатого вала относительно «мертвых» точек. Фаза газораспределения определяется формой кулачка распределительного вала, воздействующего на клапан.

На разных режимах работы двигателя требуется разная величина фаз газораспределения. Так, при низких оборотах двигателя фазы газораспределения должны иметь минимальную продолжительность («узкие» фазы). На высоких оборотах, наоборот, фазы газораспределения должны быть максимально широкими и при этом обеспечивать перекрытие тактов впуска и выпуска (естественную рециркуляцию отработавших газов).

Кулачок распределительного вала имеет определенную форму и не может одновременно обеспечить узкие и

широкие фазы газораспределения. На практике форма кулачка представляет собой компромисс между высоким крутящим моментом на низких оборотах и высокой мощностью на высоких оборотах коленчатого вала. Это противоречие, как раз и разрешает система изменения фаз газораспределения.

В зависимости от регулируемых параметров работы газораспределительного механизма различают следующие способы изменяемых фаз газораспределения:

- поворот распределительного вала;
- применение кулачков с разным профилем;
- изменение высоты подъема клапанов.

Наиболее распространенными являются системы изменения фаз газораспределения, использующие поворот распределительного вала:

- *VANOS (Double VANOS)* от *BMW*;
- *VVT-i (Dual VVT-i), Variable Valve Timing with intelligence* от *Toyota*;
- *VVT, Variable Valve Timing* от *Volkswagen*;
- *VTC, Variable Timing Control* от *Honda*;
- *CVVT, Continuous Variable Valve Timing* от *Hyundai, Kia, Volvo, General Motors*;
- *VCP, Variable Cam Phases* от *Renault*.

Принцип работы данных систем основан на повороте распределительного вала по ходу вращения, чем достигается раннее открытие клапанов по сравнению с исходным положением.

Конструкция системы изменения фаз газораспределения данного типа включает гидравлически управляемую муфту и систему управления этой муфтой.

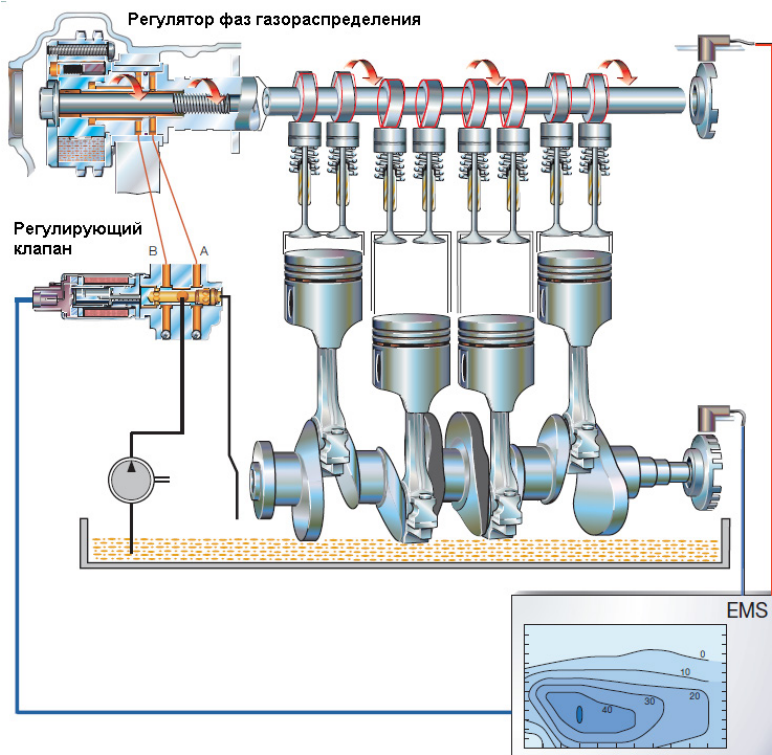


Рисунок 23-24: Схема регулирования фаз газораспределения; источник: *Schäffler Gruppe Automotive*

Гидравлически управляемая муфта (называемые в просторечье фазовращателями) непосредственно осуществляет поворот распределительного вала. Муфта состоит из ротора, соединенного с распределительным валом, и корпуса, в роли которого выступает шкив привода распределительного вала. Между ротором и корпусом имеются полости, к которым по каналам подводится моторное масло. Заполнение той или иной полости маслом обеспечивает поворот ротора относительно корпуса и соответственно поворот распределительного вала на определенный угол.

### **РЕМАРКА:**

В большинстве своем гидравлически управляемая муфта устанавливается на распределительный вал впускных клапанов. Для расширения параметров регулирования в ряде двигателей муфты устанавливаются на впускной и на выпускной распределительный вал.

Система управления обеспечивает автоматическое регулирование работы гидравлически управляемой муфты. Конструктивно она включает входные датчики, электронный блок управления и исполнительные устройства. В работе системы управления используются датчики Холла, оценивающие положения распределительных валов, а также другие датчики системы управления двигателем: частоты вращения коленчатого вала, температуры охлаждающей жидкости, расходомер воздуха. Блок управления двигателем принимает сигналы от датчиков и формирует управляющие

воздействия на исполнительное устройство – электрогидравлический распределитель. Распределитель представляет собой электромагнитный клапан и обеспечивает подвод масла к гидравлически управляемой муфте и отвод от нее в зависимости от режимов работы двигателя.

Система изменения фаз газораспределения предусматривает работу, как правило, в следующих режимах:

- холостой ход (минимальные обороты коленчатого вала);
- максимальная мощность;
- максимальный крутящий момент.

### ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ХОДА КЛАПАНА

Другая разновидность системы изменения фаз газораспределения построена на применении кулачков различной формы, чем достигается ступенчатое изменение продолжительности открытия и высоты подъема клапанов. Известными такими системами являются:

- *VTEC, Variable Valve Timing and Lift Electronic Control* от *Honda*;
- *VVTL-i, Variable Valve Timing and Lift with intelligence* от *Toyota*;
- *MIVEC, Mitsubishi Innovative Valve timing Electronic Control* от *Mitsubishi*;
- *Valvelift System* от *Audi*.

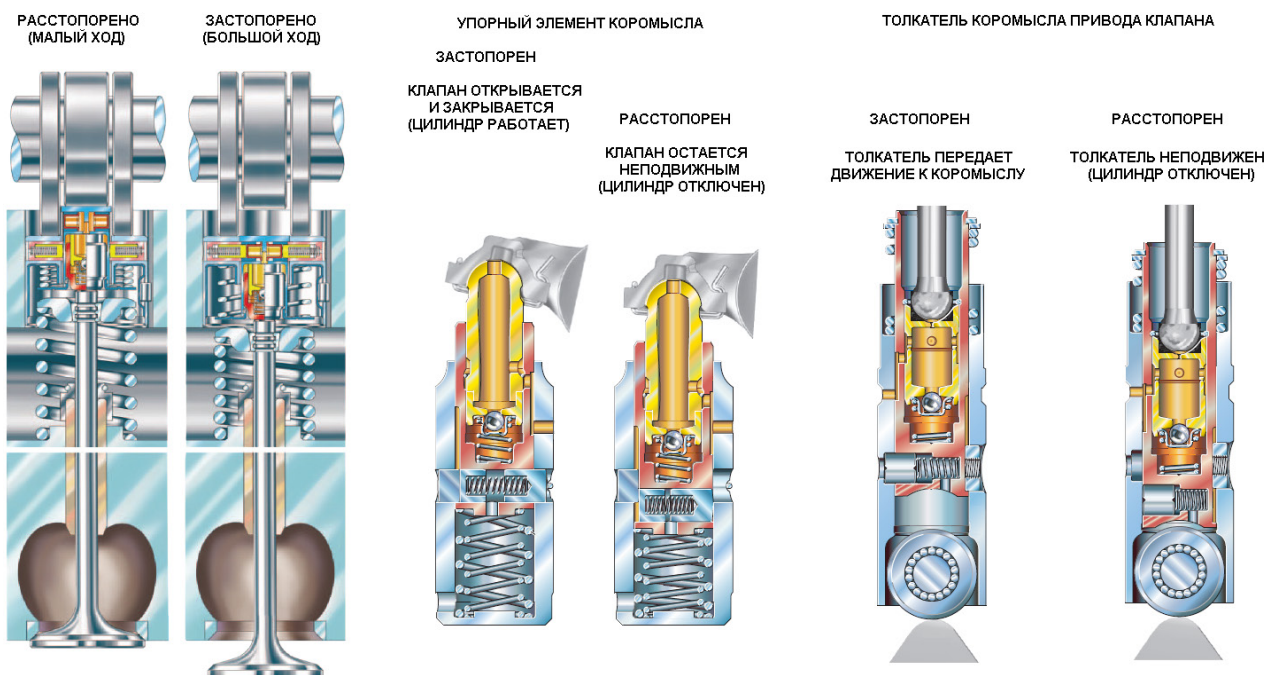


Рисунок 23-25: Гидравлическое управление стопорным штифтом при управлении ходом клапана (слева) и при отключении цилиндра (в середине и справа); источник: *Schäffler Gruppe Automotive*



Данные системы имеют, в основном, схожую конструкцию и принцип действия, за исключением *Valvelift System*. К примеру, одна из самых известных система *VTEC* включает набор кулачков различного профиля и систему управления.

### Схема системы VTEC.

Распределительный вал имеет два малых и один большой кулачок. Малые кулачки через соответствующие коромысла (рокеры) соединены с парой впускных клапанов. Большой кулачок перемещает свободное коромысло.

Система управления обеспечивает переключение с одного режима работы на другой путем срабатывания блокирующего механизма. Блокирующий механизм имеет гидравлический привод. При низких оборотах двигателя (малой нагрузке) работа впускных клапанов производится от малых кулачков, при этом фазы газораспределения характеризуются малой продолжительностью. При достижении оборотов двигателя определенного значения система управления приводит в действие блокирующий механизм. Коромысла малых и большого кулачков соединяются с помощью стопорного штифта в одно целое, при этом усилие на впускные клапаны передается от большого кулачка.

В целях экономии топлива и ограничения выбросов вредных веществ ряд автомобилей снабжен двигателями с отключаемыми цилиндрами. Отключение цилиндра производится не только отключением топливоподдачи, но и прекращением работы впускного клапана. На среднем рисунке 23-20 показан упорный элемент коромысла, которое снабжено гидравлическим компенсатором зазора клапана, и фиксатором, управляемым давлением масла по команде электронного блока управления двигателем через электромагнитный клапан. Если цилиндр должен участвовать в работе двигателя, фиксатор удерживает упорный элемент в неподвижности, и коромысло при набегании на его ролик кулачка распределительного вала открывает и закрывает клапан. Если цилиндр необходимо отключить, фиксатор утапливается в тело упорного устройства коромысла, и вместо открытия/закрытия клапана происходит перемещение упорного устройства. Подобное отключение производится на толкателе привода клапана при нижнем расположении распределительного вала.

## МАСЛЯНЫЙ ПОДДОН

### НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО

Масляный поддон – это емкость, в которой хранится моторное масло, необходимое для обеспечения работы

двигателя. Другое название, которым принято именовать масляный поддон – накопитель = *sump* (дословно – выгребная яма).

Когда автомобиль разгоняется или тормозит, совершает крутой поворот, масло в поддоне имеет тенденцию к смещению.

В масляном поддоне часто устанавливают перегородки и защитные экраны, которые не позволяют маслу быстро сместиться, и дать возможность масляному насосу втянуть воздух.

Когда коленчатый вал вращается, он подобно вентилятору, вынуждает воздух вращаться в масляном картере. Это может заставить масло принять участие в этом круговом движении, перемешиваясь с воздухом, и образуя пену. Вспененное масло не способно обеспечить качественную смазку нуждающихся в постоянном притоке свежего масла нагруженных подшипников. Это может быстро вывести из строя подшипники.

Разделительная перегородка, или отделитель масла способны предотвратить втягивание масла в круговое движение и его аэрацию (насыщения масла пузырьками воздуха). Отделитель масла может быть как отдельной частью, устанавливаемой в поддон, так и неотделимой частью масляного поддона.



Рисунок 23-26: Типичный масляный поддон с встроенным отделителем, который используется, чтобы удержать масло от вспенивания вращающимся коленчатым валом и потоками воздуха, формируемыми поршнями; источник: *Pearson Education, Inc.*

Отделитель масла обеспечивает хороший побочный эффект – уменьшает массу воздуха, участвующего во вращательном движении, снижает затраты энергии, необходимые для поддержания вращательного движения коленчатого вала.



### **ЧАСТО ЗАДАВАЕМЫЙ ВОПРОС**

**Почему это названо поддоном отделителем масла?**

*Отделитель масла – перфорированная пластина или заслонка, устанавливаемая под коленчатым валом*

двигателя, и используемая для предотвращения аэрации (насыщения пузырьками воздуха) масла, находящегося в поддоне.

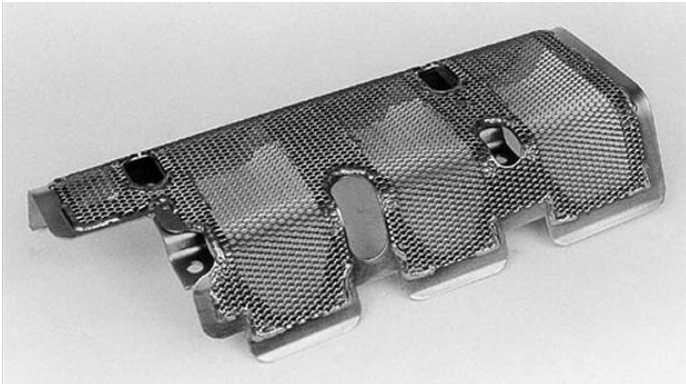


Рисунок 23-27: Отдельно изготовленный отделитель (успокоитель) масла

### **Откуда берется воздушный поток, способный насытить масло воздухом?**

Поршень гонит воздух к поверхности масла в поддоне при его ходе от верхней мертвой точки к нижней мертвой точке. Поршень тянет за собой воздух и вместе с ним масло при ходе из нижней мертвой точки в верхнюю мертвую точку. При высоких оборотах коленчатого вала создаются мощные колебания воздуха, которые способны привести масло в поддоне в волнение, отрывая часть масла с поверхности, и перемешивая его с воздухом.



Рисунок 23-28: Демонстрация разрушительных возможностей струи воздуха по отношению к поверхности жидкости; источник: [drobs.ru/kartinki](http://drobs.ru/kartinki).

Для предотвращения этого явления в масляный поддон устанавливается перфорированная пластина, способная погасить волнение уровня масла, вызываемые потоками воздуха в картере.

Попробуйте сделать следующее:

- Возьмите масляный поддон и влейте в него несколько литров масла.
- Затем возьмите электрический фен, и направьте

поток горячего воздуха на поверхность масла в поддоне. Масло будет разбрасываться в стороны при воздействии на него горячего воздуха. Подобное явление происходит в масляном поддоне при отсутствии отделителя масла

## **СИСТЕМА СМАЗКИ С СУХИМ КАРТЕРОМ = DRY SUMP SYSTEM**

### **КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ**

Термин накопитель используется для описания устройства, в котором может храниться или скапливается моторное масло. В большинстве двигателей масло скапливается в масляном поддоне, откуда выбирается маслоприемником масляного насоса. Этот тип системы принято называть системой смазывания (смазки) с «мокрым» картером. В системе с «сухим» картером масляный поддон неглубокий, и масло из поддона постоянно откачивается в предназначенную для хранения масла емкость. В этом резервуаре масло освобождается от захваченного им воздуха и охлаждается, прежде чем оно будет направлено в двигатель насосом. Таким образом, в системе с «сухим» картером используется внешний резервуар для хранения масла.

### **ПРЕИМУЩЕСТВА**

Преимущество системы смазки с «сухим» картером выражаются в следующем:

1. Неглубокий масляный поддон позволяет устанавливать двигатель ниже, что снижает центр тяжести автомобиля, и улучшает прохождение поворотов.
2. Объем масла в двигателе может быть значительно увеличен, поскольку габариты резервуара не лимитированы. Большее количество масла может обеспечить лучшее температурное регулирование в системе смазывания двигателя.
3. Система смазывания с сухим картером позволяет транспортному средству длительное время двигаться на подъем или на спуск без риска захвата насосом воздуха из-за смещения масла в поддоне. Этими качествами должны обладать внедорожники, лесохозяйственная и сельскохозяйственная техника при работе в горной местности.
4. Применение сухого картера в системе смазывания позволяет двигателю развивать большую мощность, так как масло удерживается на безопасном расстоянии от движущихся частей коленчатого вала.

### **НЕДОСТАТКИ**

Система смазывания с сухим картером обладает рядом недостатков:

1. Система значительно дороже обычной системы с мокрым картером, поскольку требует не только установки дополнительных компонентов, но и затрат, связанных с прокладкой трубопроводов.

2. Система с сухим картером требует дополнительных затрат при обслуживании автомобиля, увеличивается риск утечек масла через неплотности соединений трубопроводов, требует дополнительного места для установки резервуара. Системы смазывания с сухим картером нашли широкое использование на спортивных и высокомоощных автомобилях, таких как *Chevrolet Corvette*, *Porsche*, и *BMW*.

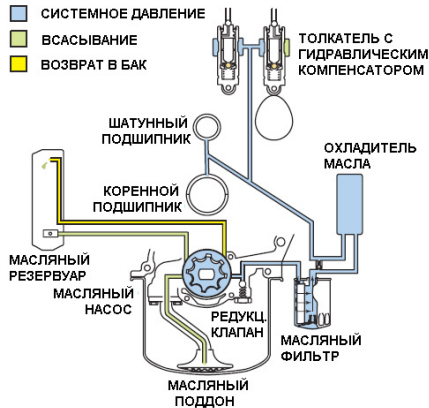


Рисунок 23-29: Схематическое изображение системы смазки с сухим картером автомобиля Chevrolet Corvette; источник: *Pearson Education, Inc.*

## ОХЛАДИТЕЛЬ МАСЛА

Температура моторного масла должна находиться под контролем в высокомоощных и оснащенных газотурбинным наддувом двигателях. Увеличение емкости масляного картера позволяет снизить температуру моторного масла. Но использование охладителей масла представляет больше возможностей в управлении температурой моторного масла.

### Масляный радиатор.

В высоконагруженных двигателях масло во время работы двигателя сильно нагревается. Горячее масло снижает смазывающую способность и охлаждающее действие. В масляном радиаторе температура масла снижается примерно на 85°C (рис. 23-30).

Термостат контролирует поток масла, направляемого через масляный охладитель (радиатор). Это позволяет поддерживать стабильный температурный режим смазочного масла.

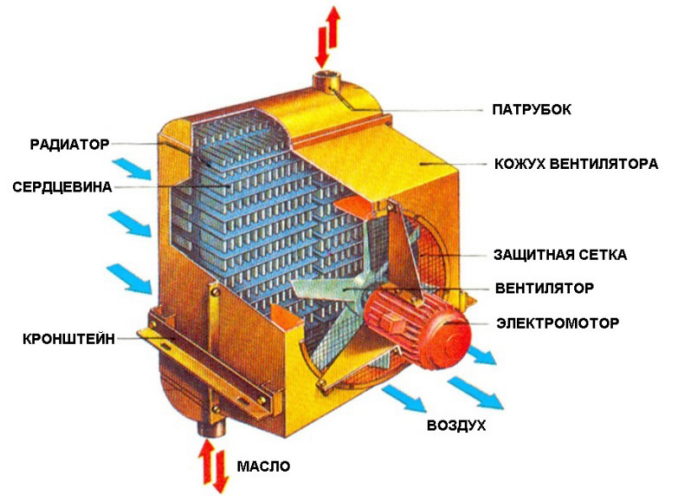


Рисунок 23-30: Масляный радиатор; источник: *Kraftfahrzeugtechnik TAK*

Охлаждение масла может производиться как потоком воздуха, так и потоком охлаждающей жидкости.

### Жидкостной теплообменник.

Если температура масла поднимается выше 115°C смазывающие свойства масла резко снижаются.

Для охлаждения масла внутри масляного поддона двигателя охлаждается, и в ряде случаев на поддоне выполнены ребра охлаждения. Если предпринятых мер достаточно, масло не достигает критической температуры даже в жаркую погоду. Однако у двигателей высокой литровой мощности (мощности, приходящейся на 1 литр рабочего объема) часто прибегают к установке воздушного или жидкостного теплообменника (см. рис. 23-31).

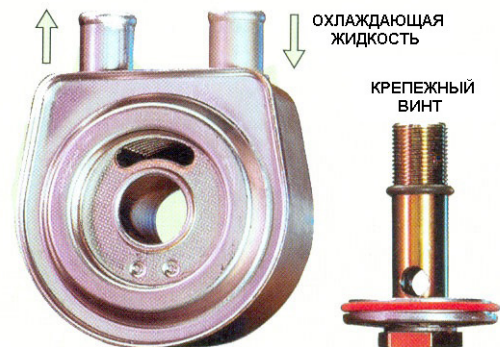


Рисунок 23-31: Жидкостной теплообменник; источник: *Kraftfahrzeugtechnik TAK*



Если в радиаторе охлаждения лишнее тепло от масла передается воздуху (см. рис. 23-30), то в жидкостном теплообменнике (см. рис. 23-31) тепло от масла передается охлаждающей жидкости.

Установленный в системе смазки термостат регулирует поток жидкости так, что только после достижения смазочным маслом температуры около 115°C масло направляется через воздушный радиатор или через жидкостный теплообменник.

Охлаждающая жидкость, протекающая через охладитель масла, помогает прогреть масло, когда двигатель холодный, и охладить масло, когда двигатель горячий.

Температура масла должна находиться в диапазоне:

- Выше 100°C для того, чтобы попавшая в масло влага имела возможность испариться.
- Ниже 138...148°C, чтобы предотвратить кипение масла.

### **РЕМАРКА:**

Воздушные масляные радиаторы применяются в основном не для охлаждения моторного масла, а для охлаждения рабочей жидкости, используемой в ретарде (устройстве, преобразующей кинетическую энергию торможения в тепловую энергию рабочей жидкости в гидравлическом турбинном тормозном устройстве).



Рисунок 23-32: Масло охлаждается, протекая через адаптер, установленный между фильтром и площадкой крепления фильтра; источник: Pearson Education, Inc.

### **ЧАСТО ЗАДАВАЕМЫЙ ВОПРОС**

**Какой расход масла можно считать приемлемым?**

Существует несколько мнений относительно того, что является приемлемым расход масла. Большинство автовладельцев не желают производить контроль уровня масла, и требуют, чтобы их двигателя расходовали столько масла, чтобы необходимое количество моторного масла заливалось только при очередной замене масла, даже если они не меняют его чаще, чем в предписанные интервалы 12000 км. Инженеры улуч-

шили операций обработки поверхности цилиндра, и конструкцию поршневых колец, чтобы снизить до приемлемого уровня расход масла.

Для большинства двигателей стационарных установок, двигателей лесохозяйственных, сельскохозяйственных машин невозможно регламентировать замену масла по пробегу. Как правило, у подобных двигателей устанавливается периодичность замены масла, привязанная к мото-часам (часам работы двигателя).

Общее правило для расчета «приемлемого» расход масла должно быть ориентировано на расход от 0,001 кг до 0,002 кг на одну лошадиную силу в час.

Производители автомобилей указывают приблизительный расход масла по отношению к топливу.

### **Для атмосферных двигателей:**

Для новых бензиновых двигателей – нормальный расход масла считается 0.005 – 0.025% на 100 литров. То есть при среднем пробеге в 1000 километров нормальный расход масла будет 5 – 25 грамм.

Для нормально изношенных двигателей – нормальный расход масла составляет 0.025 – 0.1 %, то есть на 1000 км нужно будет залить 25 – 100 грамм моторного масла.

Для сильно изношенных двигателей, находящихся на грани ремонта – расход масла 0.4 – 0.6% на 100 литров топлива. Это 400 – 600 грамм на 100 литров. Критическая отметка 0.8% – 800 грамм масла на 100 литров.

### **Бензиновые двигатели с газотурбинным наддувом**

У бензиновых двигателей с газотурбинным наддувом нормальный расход масла чуть выше, чем у обычных атмосферных двигателей.

Для нового двигателя – нормальный расход может составлять 80 грамм на 100 литров. То есть на 1000 километров пробега расходует 80 грамм масла, на 10000 км – около 800 граммов.

Для изношенных двигателей с газотурбинным наддувом – расход масла на угар может достигать до двух литров масла на 100 литров топлива. А если неисправна турбина, то расход может быть еще больше. Поэтому если ваш автомобиль расходует больше двух литров в расчете на 100 литров топлива, необходимо обратиться к опытным диагностам, которые укажут на причину высокого расхода масла, и, скорее всего, пора готовиться к серьезному ремонту.

### **Дизельный двигатель**

Расход дизельного двигателя практически совпадает с турбированным двигателем. Нормальный расход масла – около 300 – 500 грамм масла на 10000 километров. Если расход превышает 2 литра необходимо предста-

вить автомобиль в сервис.

На этом все. Ваши 300 грамм на 1000 километров – это однозначно много, езжайте на автосервис пока двигатель не стукнул.

Однако, реальный расход масла можно рассчитать, только опираясь на количество работы, выполняемой двигателем. Существуют утвержденные МПС (Министерством путей сообщения) методики расчета масла на угар для тепловозов, есть утвержденная методика расчета расхода масла на угар в судовых двигателях, однако утвержденной методики расчета масла на угар для автомобильных двигателей не существует.

Как правило, недопустимым расходом топлива на угар для автомобилей считается 1 литр на 1000 км пробега.

## ВЕНТИЛЯЦИЯ КАРТЕРНЫХ ГАЗОВ

### ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ

До того, как на автомобилях стали устанавливать системы утилизации образующихся вредных веществ, картерные газы составляли примерно 20% от объема всех выбросов, отнесенных к токсичным веществам. Картерные газы появляются в результате прорыва отработавших газов через компрессионные кольца поршней на такте сжатия и рабочем ходу. Газы скапливаются в картере мотора, где они смешиваются с парами масла. Скопившиеся во внутреннем пространстве мотора газы должны выводиться из картера для предотвращения увеличения давления внутри мотора.

До 60-х гг. для вентиляции картера использовалась эжекционная трубка, которая выпускала газы в атмосферу. Позднее картерные газы стали направляться в область впуска воздуха, так как в их составе присутствовали несгоревшие ли углеводороды и пары масла, чтобы их можно было использовать в качестве добавки к топливовоздушной смеси. Сначала для всасывания картерных газов во впускной тракт использовалось разрежение, возникающее в нем, но было обнаружено, что величина этого разрежения меняется в самые неподходящие моменты. Были проведены испытания с различными системами, в одних из которых использовались клапаны, а в других газы просто направлялись к воздушному фильтру. В одних системах для впуска воздуха крышки сапуна снабжались впускным клапаном, в то время как в других эти крышки были герметично закрыты, а подача свежего воздуха в масляный картер осуществлялась через патрубок воздушного фильтра.

### ПРИНЦИП РАБОТЫ

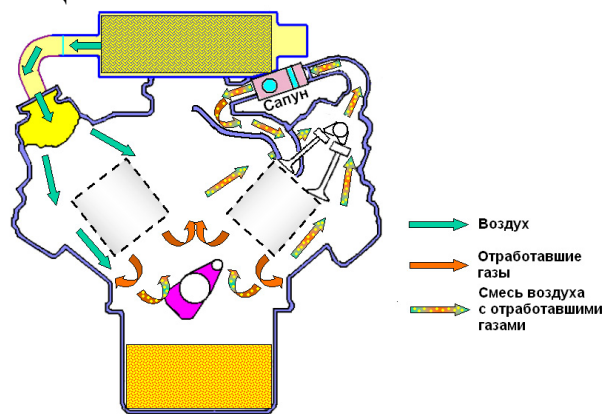


Рисунок 23-33: Закрытая система вентиляции картера с сапуном, регулирующим подачу смеси воздуха с картерными газами в цилиндры мотора на дожигание; рисунок автора

Разрежение, возникающее во всасывающем тракте, может достигать опасных для сальниковых уплотнений величин, например, во время торможения мотором. Скорость мотора велика, а дроссельная заслонка закрыта. Если слишком большое разрежение через систему вентиляции картера подать в масляный картер, то это разрежение может повредить уплотнения и засосать во впускной тракт большое количество масляного тумана, находящегося в картере.

Сапун, предназначенный для дозирования отбора картерных газов, сконструирован так, что его пропускная способность соответствует режимам работы мотора. При работе на режиме холостого хода дроссельная заслонка закрыта, так как мотору требуется небольшое количество топливовоздушной смеси. Скорость вращения коленчатого вала невелика и образовавшиеся отработавшие газы успевают проникать в масляный картер, что приводит к их большой концентрации.

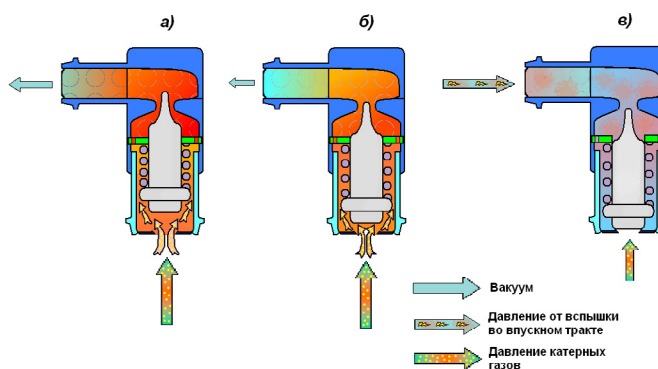


Рисунок 23-34: Работа клапана-сапуна системы вентиляции картерных газов; рисунок автора

В этом случае сапун открывается, обеспечивая максимально возможную пропускную способность (см. рис 23-34а).

При торможении мотором разрежение во впускном тракте велико, однако образование картерных газов незначительно, так как вспышки в цилиндрах мотора на режиме принудительного холостого хода отсутствуют. Средние нагрузки сопровождаются открытием дроссельной заслонки и ответным падением разрежения во впускном тракте, однако в картер проникает значительное количество отработавших газов, так как скорость вращения коленчатого вала невелика, и газы успевают проникнуть в картер через компрессионные кольца. Сердечник сапуна занимает промежуточное положение (см. рис. 23-34б), открывая пропуск картерных газов во впускной тракт. С увеличением скорости мотора разрежение во впускном тракте возрастает, при этом разрежение во впускном тракте увеличивается, обеспечивая увеличение пропускной способности сапуна.

Если во впускном тракте произошла обратная вспышка горючей смеси (о причинах обратных вспышек читайте в главе «Электронные системы электроискрового зажигания» этой серии Учебных пособий), скопившиеся картерные газы могут воспламениться, что может привести к разрушению мотора. При обратной вспышке свежего заряда во впускном тракте волна образовавшегося давления в тракте окажет действие на клапан-сердечник сапуна, осадив его до упора. При этом масляный картер и впускной тракт потеряют пневматическую связь, предотвращая прорыв пламени в картер (см. рис. 23-34в).

При неисправности сапуна закрытая система вентиляции картера становилась обычной открытой системой вентиляции, так как (см. рис 23-35) внутренняя полость масляного картера соединена с воздушной магистралью в районе фильтрующего элемента.

Рассмотренная система вентиляции масляного картера устанавливалась на автомобилях, предназначенных для продажи на рынках США, так как в этой стране основной упор в оценке токсичности делался на несгоревшие углеводороды.

На автомобилях, предназначенных для европейского рынка, устанавливалась более простая система вентиляции открытого типа, в которой вместо сапуна применялась дроссельная шайба, предотвращающая подачу

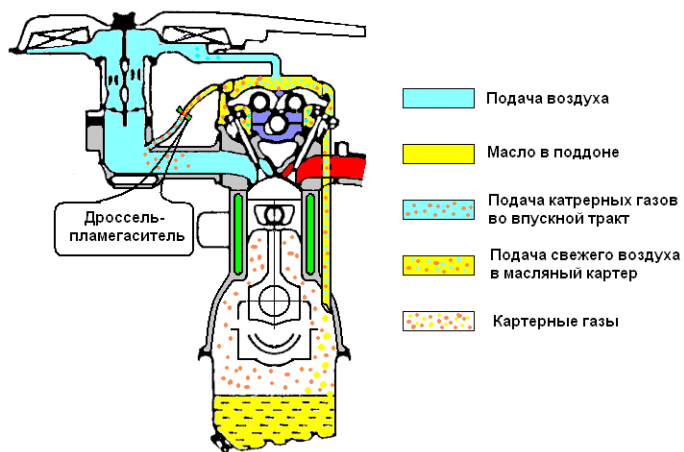


Рисунок 23-35: Открытая система вентиляции картерных газов; рисунок автора.

чрезмерного разрежения в масляный картер, или дросселирующий пламегаситель, выполненный из «путанки» - мотков стальной проволоки. Кроме того, в системе вентиляции картера, как правило, устанавливают маслоотделитель.

Система утилизации картерных газов достаточно надежна, поэтому стандартом OBD не предусмотрен отдельный монитор, предусматривающий проверку этой системы. Однако некоторые производители, например VAG, установили в канале подачи картерных газов температурный датчик, который определяет исправность системы утилизации.

тупает довольно большое количество углеводородов, происхождение которых - испарившееся масло, при включении продувки абсорбера возможно чрезмерное обогащение смеси. Устанавливаемый в канале подачи картерных газов обратный клапан подключен к магистрали продувки абсорбера (канистры с угольным фильтром). При включении продувки абсорбера картерные газы начнут втягиваться в магистраль подачи паров топлива по байпасному каналу. Возникающее в нижней части обратного клапана разрежение прижмет мембрану, закрыв основной канал подачи картерных газов. Чувствительный датчик температуры картерных газов, установленный в магистрали их подачи возле впускного тракта, реагирует на прекращение поступления газов изменением электрического сопротивления. Контроллер по этому изменению определит, что система подачи картерных газов функционирует.



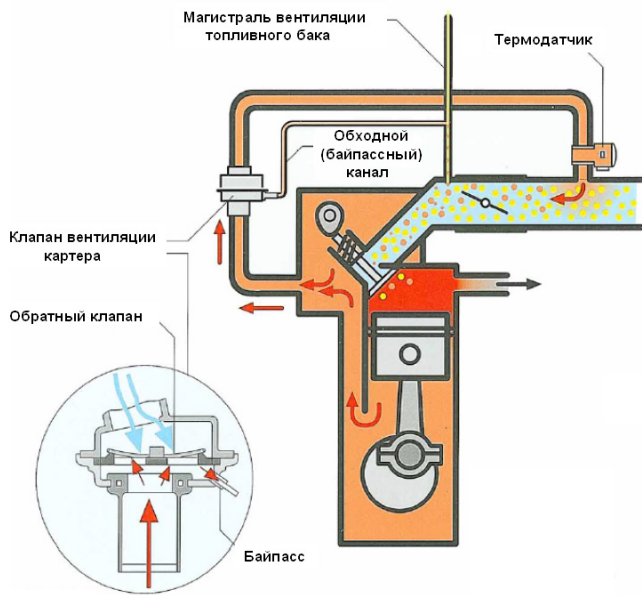


Рисунок 23-36: Система вентиляции картера с электронным контролем дееспособности; источник: SSP VAG

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ДИАГНОСТИКА

Качество работы двигателя и его работоспособность (длительность жизни) существенно зависит от того, формируется ли на всех режимах работы двигателя прочная масляная пленка между трущимися поверхностями деталей двигателя.

Качество смазывания зависит от следующих факторов:

- Толщины масляной пленки
- Исправного состояния всех компонентов системы смазки двигателя
- Качества смазочного масла
- Количества смазочного масла.

После длительной эксплуатации качество смазочного масла ухудшается в результате:

- Старения
- Загрязнения
- Разведения масла.

Старением масла называют процесс окисления компонентов масла (водорода и углевода) кислородом воздуха и продуктами сгорания топлива.

Структурное изменение молекулярного строения масляной основы приводит к образованию смолистых веществ, которые делают масло все гуще. Добавление присадок в масло позволяет не предотвратить этот процесс, но хотя бы его замедлить. Однако любые присад-

ки, вводимые в масло, не способны работать вечно. Если не производить периодическую замену масла и масляного фильтра, то введенные в состав масла присадки постепенно утратят способность препятствовать запуску масла. Примеси (сажа, продукты износа, вода и топливо), постепенно накапливающиеся в масле, образуют так называемый шлам (загрязнения). Сгустки масла могут запереть масляные каналы, сетчатый фильтр маслоприемника, забить фильтр и затруднить, или вовсе прервать циркуляцию масла. На особо горячих деталях двигателя могут образовываться твердые отложения, которые обладают плохой теплопроводностью, и способны воспрепятствовать свободному перемещению деталей (например, потеря подвижности поршневыми кольцами).

Если система топливоподачи во время пуска и прогрева двигателя работает некорректно, или водитель совершает частые поездки на короткие расстояния, на стенках цилиндра конденсируется значительное количество топлива, которое попадает в смазочное масло. Топливо в масле значительно снижает качество смазки. Так 5% по массе топлива, попавшее в масло, ухудшает его вязкость на 30%. Кроме того, подобная смесь не способна к адгезии (к поверхностному сцеплению твердых и жидких тел), то есть к образованию устойчивой масляной пленки на трущихся деталях.

Поступление топлива в смазочное масло создает впечатление, что двигатель не расходует смазочное масло. На самом деле, любой, даже самый современный, и абсолютно не изношенный двигатель потребляет масло. Небольшая часть масла, образующего пленку на стенках цилиндра, попадает в камеру сгорания, и там сгорает вместе с топливом.






Вторым фактором снижения уровня масла в двигателе является его активное разбрызгивание и участие в вихревом движении вместе с потоком газов в масляном картере. Часть масла, особенно его летучие фракции, испаряются, соприкасаясь с сильно нагретыми деталями двигателя. Эти пары проходят через клапан вентиляции картерных газов, и поступают во впускной тракт двигателя, и сжигаются.

Допустимый расход масла для каждого типа транспортного средства, указан производителем. Он составляет примерно от 0,2 до 1,5 литров на 1000 км пробега.

Из-за ухудшения состояния смазочного масла его необходимо менять в предписанные производителем интервалы. Масляный фильтр следует менять при каждой замене масла.

Указания по техническому обслуживанию и диагностике системы смазки приведены в таблице 23-3.

Таблица 23-3: Указания по обслуживанию и диагностике системы смазки

Техническое обслуживание			
Местоположение	Недостаток, ошибка	Причина	Последствия
			Диагностика
Дефект	Недостаток, ошибка	Причина	Повреждение
Смазочное масло	Слишком мало масла в двигателе	Утечка масла через неисправное уплотнение, Нормальный расход (не пополняется водителем)	слишком низкое давление масла, Высокая температура, Плохое качество смазки
	Масляный зазор слишком велик	Износ подшипников, естественное изнашивание	Слишком низкое давление масла (давление не поднимается, даже при высоких оборотах, падает ниже 1 кг/см <sup>2</sup> при низких оборотах)
	Сломана пружина предохранительного клапана	Усталость металла	Слишком низкое давление масла
	Неправильный тип масла	Ошибка обслуживания	Слишком высокая температура масла
	Слишком много масла в картере	Частые поездки на короткие расстояния, Неисправность инжектора, неправильная настройка пускового устройства	Разжижение масла топливом, конденсируемым на стенках цилиндров.
Давление масла-контрольное устройство	Электрическая цепь датчика/прибора прервана	Кабель поврежден, сломан датчик давления масла / мембранный переключатель, сгорела контрольная лампа-индикатор давления	Лампа-индикатор давления масла не включается после включения зажигания
	Электрическая цепь не прерывается	Реле давления масла неисправно	Лампа-индикатор давления не гаснет, когда двигатель работает
Масляный насос	Низкая производительность	Износ, дефект уплотнения	Слишком низкое давление масла
Масляный фильтр	Масляный фильтр забит	Нарушение периодичности смены масла в сторону увеличения интервала	Быстрое падение давления масла, низкое давление масла

## 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 требует 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. Его не интересует, 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!

*Boundary lubrication* = Граничная смазка  
*Cavitating* = Кавитация  
*Dry sump* = Сухой картер  
*Gallery* = Каналы (магистралы)  
*Gerotor* = Героторный  
*Hydrodynamic lubrication* = Гидродинамическое смазывание  
*Positive displacement pumps* = Объемные насосы

*Pressure regulating valve* = Клапан регулирования давления

*Sump* = Маслосборник (масляный картер)

*Wet sump* = Мокрый картер

*Windage tray* = Отделитель масла в поддоне



## Основные формулировки и расшифровки понятий, применяемых в главе 20

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

<i>Lubrication between two moving surfaces results from an oil film that separates the surfaces and supports the load.</i>	Смазка между двумя движущимися поверхностями происходит в результате образования масляной пленки, разделяющей поверхности, и воспринимающей нагрузку.
<i>In some cases, the oil film is thick enough to keep the surfaces from seizing, but can allow some contact to occur. This condition is called boundary lubrication.</i>	В большинстве случаев масляная пленка достаточно густая, чтобы удерживать поверхности от соприкосновения, но в ряде случаев возможен некоторый контакт. Это состояние называется граничной смазкой.
<i>This wedging action is called hydrodynamic lubrication, and depends on the force applied to the rate of speed between the objects and the thickness of the oil.</i>	Это расклинивающее действие называется гидродинамической смазкой, и зависит от прилагаемой силы, скоростей между объектами и густоты масла.
<i>Hydrodynamic lubrication occurs when a wedge-shaped film of lubricating oil develops between two surfaces that have relative motion between them.</i>	Гидродинамическая смазка происходит, когда клиновидная пленка смазочного масла образуется между двумя поверхностями, которые имеют относительное движение между ними.
<i>Hydrodynamic lubrication takes over as the shaft rotates in the bearing to produce a wedge-shaped hydrodynamic oil film that is curved around the bearing.</i>	Гидродинамическая смазка возникает, поскольку вал вращается в подшипнике, производя клиновидную гидродинамическую масляную пленку, которая изогнута вокруг подшипника.
<i>Most bearing wear occurs during the initial start-up, and continues until a hydrodynamic film is established</i>	Большинство износа подшипника происходит в процессе запуска, и продолжается до тех пор, пока формируется гидродинамическая пленка.
<i>The primary function of the engine lubrication system is to maintain a positive and continuous oil supply to the bearings.</i>	Основной функцией системы смазки двигателя является поддержание принудительной и непрерывной подачи масла в подшипники.
<i>Engine oil pressure must be high enough to get the oil to the bearings with enough force to cause the oil flow that is required for proper cooling.</i>	Давление моторного масла должно быть высоким настолько, чтобы подать масло к подшипникам с достаточной силой, чтобы сформировать поток масла, которое требуется для надлежащего охлаждения.
<i>Lower oil pressure when the engine is at normal operating temperature due to the oil becoming thinner even though it is multiviscosity oil</i>	Снижается масляное давление, когда двигатель находится в нормальной рабочей температуре, соответствующей тому, что масло становится более жидким, даже если это масло – всесезонное.



<i>The relatively low engine oil pressures obviously could not support these high bearing loads without hydrodynamic lubrication.</i>	Относительно низкое давление моторного масла очевидно не способно выдерживать высокие подшипниковые нагрузки без гидродинамической смазки.
<i>Oil pressure measurements only show the oil pump pressure and not the pressure created between the bearings and the crankshaft journal due to hydrodynamic forces.</i>	Измеряемое давление масла показывает только давление масляного насоса, но не давление, формируемое между подшипниками и цапфой шейки коленчатого вала, соответствующее гидродинамическим силам.
<i>Excessive temperatures, either too low or too high, are harmful to any engine.</i>	Чрезмерные температуры, или слишком низкие, или слишком высокие, являются вредными для любого двигателя.
<i>If the oil is too cold, it could be too thick to flow through the oil passages and lubricate all engine parts</i>	Если масло слишком холодное, оно может стать слишком густым, чтобы обеспечить поток через масляные каналы ко всем частям двигателя.
<i>If the oil is too hot, it could become too thin to provide the film strength necessary to prevent metal-to-metal contact and wear.</i>	Если масло слишком горячее, оно может стать слишком жидким, чтобы обеспечить необходимую прочность пленки, предотвращающую контакт металла с металлом, и износ.
<i>With a distributor-driven oil pump, the pump turns at one-half engine speed.</i>	С приводом масляного насоса от распределителя, насос крутится в половине скорости двигателя.
<i>On crankshaft-driven oil pump systems, the oil pump assembly is often made as part of the engine's front cover so that it turns at the same speed as the crankshaft.</i>	В системе с приводом масляного насоса от коленчатого вала масляный насос является частью передней крышки, поэтому вращается с той же скоростью, как и коленчатый вал.
<i>All oil pumps are called positive displacement pumps, and each rotation of the pump delivers the same volume of oil; therefore, everything that enters must exit.</i>	Все масляные насосы названы принудительными вытесняющими насосами, и каждый оборот насоса поставляет тот же самый объем масла; поэтому, все, что входит – должно выйти.
<i>The pump is sized so that it will maintain a pressure of at least 10 PSI (70 kPa) in the oil gallery when the engine is hot and idling.</i>	Насос подобран по размеру так, что он поддерживает давление по крайней мере 10 PSI (70 кПа) в масляных каналах, когда двигатель горячий и на холостом ходу.
<i>In engines with a full-pressure lubricating system, maximum pressure is limited with a pressure relief valve.</i>	В двигателях с полно-напорной системой смазки, максимальное давление ограничено предохранительным клапаном.
<i>Oil pressure relief valves are spring loaded. The stronger the spring tension, the higher the oil pressure.</i>	Масляный клапан сброса давления – это нагружаемая пружина. Чем больше сила сжатия пружины, тем выше давление масла.
<i>Maximum pressure is usually limited to the lowest pressure that will deliver enough lubricating oil to all engine parts that need to be lubricated.</i>	Максимальное давление обычно ограничивается наименьшим давлением, которое доставит достаточно много смазочного масла ко всем частям двигателя, нуждающихся быть смазанными.
<i>The oil pump is made so that it is large enough to provide pressure at low engine speeds and small enough that it will not cavitate at high speed.</i>	Масляный насос сконструирован так, что он достаточно большой для поставки давления на низкой скорости двигателя, и достаточно мал, чтобы вызвать кавитацию на высокой скорости.
<i>Cavitation occurs when the pump tries to pull oil faster than it can flow from the pan to the pickup.</i>	Кавитация происходит, когда насос пробует втянуть масла больше, чем может течь из поддона через маслоприемник.

<i>Oil pressure can only be produced when the oil pump has a capacity larger than all the “leaks” in the engine.</i>	Давление масла может быть произведено только когда имеющийся объем больше, чем все «утечки» в двигателе.
<i>The capacity of the oil pump results from its size, rotating speed, and physical condition.</i>	Объемная подача масляного насоса является результатом от размеров, скорости вращения и физического состояния.
<i>If the leaks are greater than the pump capacity, engine oil pressure is low.</i>	Если утечки больше, чем объемная подача насоса, давление масла в двигателе будет низким.
<i>Thin oil or oil of very low viscosity slips past the edges of the pump and flows freely from the leaks.</i>	Жидкое масло или масло слишком низкой вязкости легко перетекает на ту сторону граней насоса, и свободно протекает через неплотности.
<i>Oil from the oil pump first flows through the oil filter then goes through a drilled hole that intersects with a drilled main oil gallery, or longitudinal header.</i>	Масло от масляного насоса протекает через масляный фильтр, затем проходит через просверленное отверстие, которое пересекается с просверленной главной масляной магистралью, или продольным коллектором.
<i>Passages drilled through the block bulkheads allow the oil to go from the main oil gallery to the main and cam bearings.</i>	Просверленные через переборки блока отверстия позволяют маслу пройти от главного масляного канала к коренным и шатунным подшипникам.
<i>In some engines, oil goes to the cam bearings first, and then to the main bearings.</i>	В некоторых двигателях масло сначала к подшипникам шатунных, и затем к коренным подшипникам
<i>To aid in bearing failure diagnosis, on most engines, the last rod bearing to receive oil pressure is typically the bearing farthest from the oil pump.</i>	В помощь диагностике повреждения подшипника, на большинстве двигателей на последнем подшипнике в ветви можно измерить давление масла, как правило – это дальний от масляного насоса.
<i>The oil gallery may intersect or have drilled passages to the valve lifter bores to lubricate the lifters.</i>	Масляный канал может пересекаться или иметь сверления к отверстиям гидравлических компенсаторов для смазывания подъемных приспособлений.
<i>When hydraulic lifters are used, the oil pressure in the gallery keeps refilling them.</i>	Если используется гидравлический компенсатор, давление масла в канале должно поддерживаться для их заполнения.
<i>Some engines use an enlarged bolt hole to carry lubrication oil around the rocker shaft cap screw to the rocker arm shaft.</i>	Некоторые двигатели используют увеличенное отверстие под болт, чтобы доставить смазочное масло вдоль винта с головкой к оси коромысла.
<i>Oil that seeps from the rocker assemblies is returned to the oil pan through drain holes.</i>	Масло, которое стекает от клапанных коромысел, возвращается в масляный поддон через дренажные каналы.
<i>Pan baffles and oil pan shapes are often used to keep the oil inlet under the oil at all times.</i>	Перегородки поддона и форма маслосборника часто используются, чтобы удерживать отверстие для забора масла всегда в масле.
<i>In most engines, oil is held in the oil pan and the oil pump draws the oil from the bottom. This type of system is called a wet sump oil system.</i>	В большинстве двигателей масло скапливается в масляном поддоне, и масляный насос вытягивает масло со дна. Этот тип системы называется системой смазки с «мокрым» картером.
<i>In a dry sump system, the oil pan is shallow and the oil is pumped into a remote reservoir.</i>	В системе с «сухим» картером масляный поддон неглубокий, и масло перекачивается в отдельный резервуар.



## 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. Перечислите все задачи, решаемые системой смазки двигателя.
2. Приведите несколько механизмов автомобиля, в которых высокая сила трения является желаемой.
3. Сформулируйте, что такое коэффициент трения  $\mu$ , и от каких факторов зависит его величина?
4. Назовите три вида сухого трения, и приведите примеры использования сухого трения.
5. Изобразите схему распределения давления смазочного масла в подшипнике скольжения коренной шейки коленчатого вала.
6. Опишите процесс формирования масляной пленки между стенкой цилиндра и поверхностью поршня.
7. Объясните условия формирования масляного клина между сопрягаемыми деталями.
8. Объясните значение термина «Гидродинамическое смазывание».
9. Объясните, что подразумевается под термином «Конечные точки» системы смазывания?
10. Объясните, как и почему зазоры между смазываемыми деталями влияют на давление масла в системе смазки.
11. Опишите принцип действия роторного насоса.
12. От каких факторов зависит производительность шестеренчатого насоса?
13. Расскажите о применении различных схем установки масляных фильтров, и перечислите преимущества и недостатки системы с установкой фильтра в обходном потоке масла.
14. Расскажите о конструктивных особенностях масляных фильтров различных типов.
15. Укажите основную причину отказа от применения большинством производителей автомобилей масляного фильтра центробежного типа.
16. Перечислите преимущества системы смазывания с «сухим» картером в сравнении с системой смазки работающей под давлением с «мокрым» картером.
17. Укажите основные причины нормального расхода масла технически исправным двигателем.

18. Перечислите основные причины ухудшения состояния моторного масла в процессе длительной эксплуатации.

19. Объясните, с какой целью в масляном поддоне устанавливается отделитель масла?

20. Перечислите основные неисправности системы смазки двигателя и методы диагностики, позволяющие выявить эти неисправности.



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

1. Исправный масляный насос в системе смазки двигателя способен создавать и поддерживать рабочее давление на уровне...

A.	От 0,35 до 0,45 кг/см <sup>2</sup> (от 3 до 7 psi)	
B.	От 0,75 до 4,15 кг/см <sup>2</sup> (от 10 до 60 psi)	
C.	От 6,89 до 11,72 кг/см <sup>2</sup> (от 100 до 170 psi)	
D.	От 12,41 до 21,34 кг/см <sup>2</sup> (от 180 до 210 psi)	

2. Два техника обсуждают конструкции масляных насосов.

Техник А утверждает, что большинство масляных насосов приводятся в движение непосредственно от передней части коленчатого вала двигателя.

Техник В утверждает, что в бензиновых двигателях с нижним расположением распределительного вала, и использующих распределитель зажигания, привод насоса осуществляется от распределительного вала.

Кто из техников высказывает наиболее правильное предположение?

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

3. Укажите, какой производительностью в литрах в минуту обладает типовой масляный насос системы смазки двигателя?

A.	От 11 до 23 литров в минуту	
B.	От 23 до 38 литров в минуту	
C.	От 38 до 227 литров в минуту	
D.	От 190 до 380 литров в минуту	



4. Какие компоненты стоят последними в очереди на получение масла, и страдают в первую очередь от недостатка масла или от падения давления масла в типичных системах смазки двигателя?

A.	Коренные подшипники	
B.	Шатунные подшипники	
C.	Компоненты привода клапанов	
D.	Масляный фильтр	

5. Гидродинамическая смазка создает масляный клин между коленчатым валом и подшипником, в котором возникает локальная область давления...

A.	От 4,2 до 4,9 кг/см <sup>2</sup>	
B.	От 8,0 до 10,0 кг/см <sup>2</sup>	
C.	От 35 до 45 кг/см <sup>2</sup>	
D.	От 70 до 75 кг/см <sup>2</sup>	

6. Какой тип масляного насоса приводится в движение непосредственно от коленчатого вала двигателя?

A.	Героторный насос	
B.	Насос с внутренним зацеплением и серповидным разделителем	
C.	Насос с внешним зацеплением	
D.	Любой, кроме «С»	

7. Измерение давления на двигателе, имеющем большой пробег указало на снижение давления ниже допустимого значения.

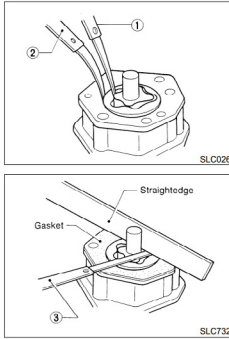
Техник А утверждает, что износ коренных и шатунных подшипников может стать причиной снижения давления в системе смазки.

Техник В утверждает, что загрязнение сетчатого фильтра маслоприемника может стать причиной снижения давления масла.

Кто из техников высказывает наиболее правильное предположение?

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

8. Обсуждается ход диагностики системы смазки двигателя Nissan Navara / Frontier. Техники получили информацию о диагностике масляного насоса из Manual Repair.



**OIL PUMP INSPECTION**  
Using a feeler gauge, check the following clearances.  
**Standard clearance:**

	Unit: mm (in)
Rotor tip clearance 1	Less than 0.12 (0.0047)
Outer rotor to body clearance 2	0.15 - 0.21 (0.0059 - 0.0083)
Side clearance (with gasket) 3	0.04 - 0.100 (0.0016 - 0.0039)

- If the tip clearance (1) exceeds the limit, replace rotor set.
- If body to rotor clearances (2, 3) exceed the limit, replace oil pump assembly.

LC-7

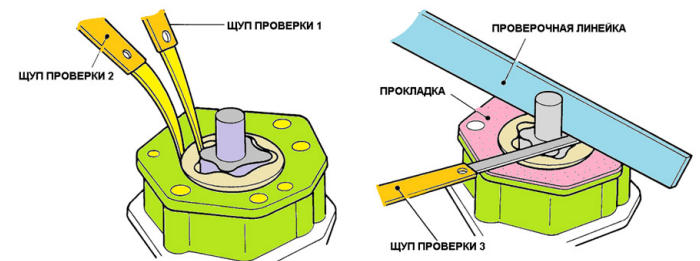
Техник А утверждает, что в Руководстве приведена последовательность диагностики износа масляного насоса кулачкового типа.

Техник В утверждает, что в Руководстве приведена последовательность диагностики износа масляного насоса героторного типа.

Кто из техников высказывает наиболее правильное предположение?

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

9. Пользуясь рисунком предыдущего вопроса техники приступили к проверке масляного насоса.



Техник А утверждает, что при проверке надо вставить два щупа одновременно, как это показано на рисунке слева. Толщина щупа №1 не должна превышать 0,12 мм, а толщина щупа №2 не должна превышать 0,15 мм при проведении одновременных измерений зазора, и не должна превышать 0,21мм, если вынуть щуп №1.

Техник В утверждает, что на рисунке изображено неверное измерение, поскольку установлена прокладка на корпус насоса. Измерение торцевого зазора нужно производить без прокладки.

Кто из техников высказывает наиболее правильное предположение?

Только А	<input type="checkbox"/>
Только В	<input type="checkbox"/>

Оба правы, и А и В	<input type="checkbox"/>
Оба неправы, ни А, ни В	<input type="checkbox"/>

10. Почему система смазки с «сухим» картером предпочтительней на автомобилях с мощными, высокооборотистыми двигателями?

A.	Это позволяет автомобилю преодолевать затяжные крутые подъемы и спуски.	<input type="checkbox"/>
B.	Это позволяет двигателю развивать большую мощность.	<input type="checkbox"/>
C.	Это обеспечивает большую емкость масла так, что температуру масла можно без труда регулировать.	<input type="checkbox"/>
D.	Все вышеперечисленные преимущества.	<input type="checkbox"/>

Материалы перевел, актуализировал и подготовил к публикации Дмитрий Титаренко

В основу положены следующие материалы:

1. Учебник *James D. Halderman Automotive Technology; Principles, Diagnosis, and Service*, 2012, *Pearson Education, Inc.*
2. Учебник *Gerigk, Brhun, Danner, Endruschat, Göbert, Gross, Kommol; Kraftfahrzeugtechnik*, 2005