



Глава HW33 РАЗДЕЛ VI РЕМОНТ ДВИГАТЕЛЯ

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ (*HW = HOME WORK*).

К ГЛАВЕ 33: КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ

ЦЕЛЬ ИЗУЧЕНИЯ:

Изучение материалов главы 33, включая обязательные для изучения материалы для самостоятельного изучения, позволяет подготовиться к ASE-сертификации в области **Ремонта двигателя (A1)**; в частности, подготовиться к тестовым испытаниям в области «С» (**Диагностика и ремонт блока цилиндров двигателя**)



По завершении самостоятельного изучения и повторения материала Главы HW33 читатель должен быть готовым:

- Рассказать о задачах кривошипно-шатунного механизма
- Описывать назначение и функции деталей шатунно-поршневой группы кривошипно-шатунного механизма.
- Описать движения деталей шатунно-поршневой группы при работе двигателя;
- Составить эскиз кривошипно-шатунного механизма и отобразить силы, действующие на детали шатунно-поршневой группы.
- Объяснить роль осевого смещения поршневого пальца, и рассказать, какое влияние оказывает осевое смещение поршневого пальца на работу поршня вблизи верхней мертвой точки.
- Рассказать о задачах, решаемых поршнем и перечислить основные элементы поршня.
- Объяснить, почему поршень имеет форму, отличную от цилиндрической формы.
- Рассказать о распределении теплоты в поршне бензинового двигателя (*Otto-Motoren*) и дизельного двигателя (*Diesel*).
- Перечислить способы охлаждения поршня, и объяснить принцип основной каждого способа охлаждения.
- Рассказать о назначении терморегулирующего встроенного элемента поршня, объяснить принцип её действия.
- Рассказать о способах изготовления поршней и способах защиты рабочих поверхностей поршня.
- Объяснить правила установки поршня в цилиндр двигателя, и перечислить способы нанесения меток, отображающих ориентацию поршня в цилин-

дре двигателя.

- Рассказать о видах поршневых колец, и задачах, решаемых каждым из поршневых колец во время работы двигателя.
- Назвать и охарактеризовать материалы, из которых изготавливают поршневые кольца, и объяснить совместимость материалов поршневых колец с материалом цилиндра двигателя.
- Рассказать о формах поршневых колец, и рассказать о правилах установки колец на поршень.
- Объяснить, для чего на кольце выполняется ослабляющая проточка.
- Рассказать о назначении теплового зазора и зазора по высоте кольца, относительно кольцевой канавки поршня. Рассказать о правилах измерения этих зазоров.
- Рассказать о назначении поршневого пальца и перечислить виды поршневых пальцев.
- Рассказать о способах установки поршневого пальца в поршне и верхней головке шатуна.
- Перечислить элементы шатуна, и рассказать о силах, действующих на шатун во время работы двигателя.
- Рассказать о способах изготовления шатунных вкладышей и втулок шатуна. Объяснить способы смазывания подшипников скольжения верхней и нижней головок шатуна.
- Рассказать о процедурах контроля и восстановительного ремонта шатуна.
- Объяснить, почему вкладыш шатуна имеет размер, больший размера постели стержня и крышки (бугеля) шатуна.

ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ ДЕТАЛЯМИ КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА

Задачами кривошипно-шатунного механизма являются:

- Прямое преобразование возвратно-поступательного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала;
- Давление, возникающее при сгорании топлива в цилиндре двигателя, действует на поршень, и через поршневой палец передаётся на шатун. Шатун передает усилие на кривошип коленчатого вала, производя крутящий момент.

В состав кривошипно-шатунного механизма, показанного на рисунке 33-HW1, входят:

- Поршень с поршневыми кольцами и поршневым пальцем;
- Шатун с шатунным подшипником;
- Коленчатый вал с опорами коленчатого вала;
- Маховик.

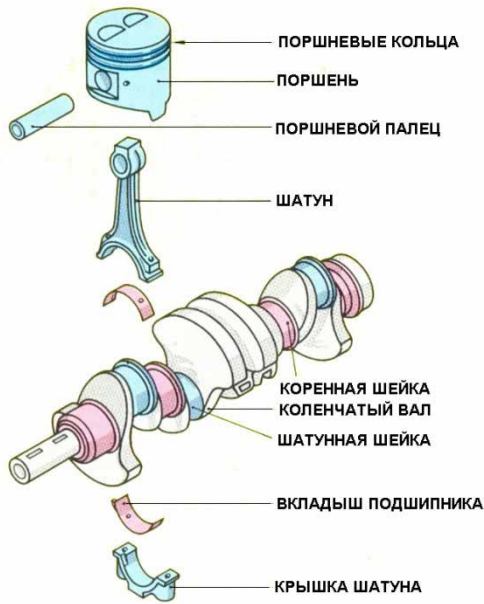


Рисунок 33-НН1: Кривошипно-шатунный механизм; источник: *Westermann*

Направляющая поршня это диаметральной поверхность цилиндра. Нагружаемый силой от давления горящих газов, поршень скользит вдоль направляющей. Верхняя головка шатуна с помощью поршневого пальца крепится к поршню, а нижняя головка шатуна через подшипник крепится к шатунной шейке (кривошипу) коленчатого вала. Коленчатый вал своими коренными шейками через подшипники крепится на нескольких опорах блока цилиндров.

ДВИЖЕНИЯ В КРИВОШИПНО-ШАТУННОМ МЕХАНИЗМЕ

При совершении возвратно-поступательного движения поршень перемещается между двумя точками: Верхней мертвой точкой (ВМТ) и Нижней мертвой точкой (НМТ). Во время движения поршень то ускоряет движение, то замедляет его. Скорость движения поршня неравномерна, но при равномерной скорости вращения коленчатого вала её изменение повторяется по определенному закону.

Верхняя часть шатуна совершает возвратно-поступательное движение вместе с поршнем, а его нижняя часть участвует во вращательном движении вместе с коленчатым валом.

В связи с чередованием тактов в каждом из цилиндров, ускорение происходит только на такте рабочего хода, в то время как на остальных трех тактах происходит замедление скорости вращения коленчатого вала. Это означает, что коленчатый вал двигателя вращается неравномерно, то есть толчками, которые следует гасить демпфирующим устройством. Массивный маховик по-

зволяет сгладить эти толчки, и коленчатый вал вращается более-менее равномерно.

СИЛЫ В КРИВОШИПНО-ШАТУННОМ МЕХАНИЗМЕ

На величину силы F_K , направленную вдоль оси цилиндра, оказывает сила от давления газов, действующего на днище поршня, и силы инерции, действующие на совершающие возвратно-поступательные движения детали кривошипно-шатунного механизма. К этим деталям можно отнести поршень, поршневые кольца, поршневой палец и верхнюю часть шатуна, которая участвует в возвратно-поступательном движении. Действующая на поршень сила F_K раскладывается на силу F_P , действующую вдоль шатуна, и силу F_N , направленную перпендикулярно силе F_K , и прижимающую поршень к стенке цилиндра (см. рис. 33-НН2).

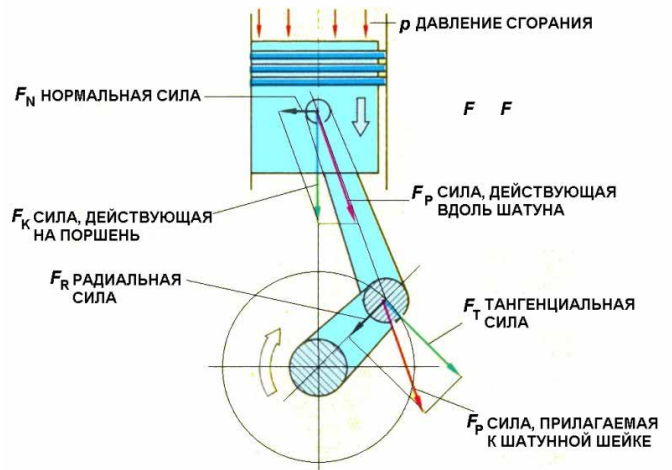


Рисунок 33-НН2: Разложение сил, действующих на кривошипно-шатунный механизм; источник: *Westermann*

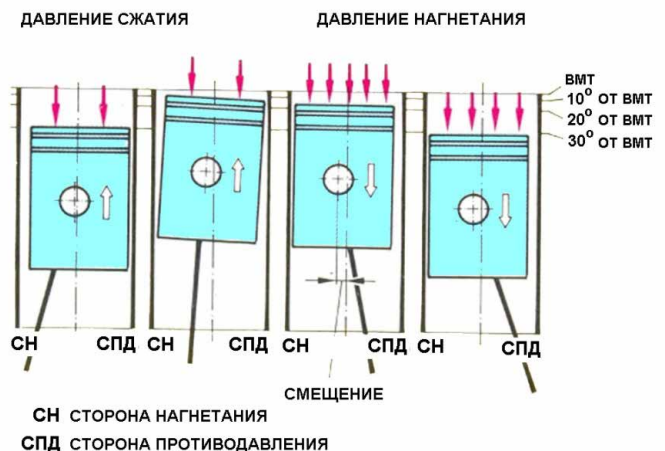


Рисунок 33-НН3: Осевое смещение; источник: *Westermann*

Боковое усилие возникает всегда, когда шатун занимает наклонное положение. Это усилие прижимает поршень к стенке цилиндра (см. рис 33-НВ3). Боковое усилие достигает максимального значения, когда на поршень действует максимальное давление горящих газов, возникающее вблизи ВМТ.

Осевое смещение поршневого пальца: она применяется преимущественно в двигателях внутреннего сгорания, чтобы уменьшить износ и шум работы поршня в зоне ВМТ. Отверстие под поршневой палец в поршне смещено в сторону, противоположную направлению вращения коленчатого вала двигателя. Это позволяет обеспечить ранее перемещение кромки юбки поршня к стенке цилиндра, противоположной направлению вращения коленчатого вала (см. рис. 33-НВ3), и замкнуть некоторую часть масляной пленки между кромкой юбки и поршневыми кольцами. Это обеспечивает качественную смазку сопрягаемых поверхностей на такте рабочего хода, когда прижимающая сила F_N (см. рис. 33-НВ2) принимает наибольшее значение.

Страна поршня, испытывающая наибольшую силу прижатия к стенке цилиндра, называют основной опорной поверхностью поршня.

Термическое смещение: смещение поршневого пальца в сторону противодействия позволяет сместить поршень к середине цилиндра в области ВМТ. Это благоприятствует уплотнению поршневыми кольцами камеры сгорания в дизельных двигателях, особенно в зоне ВМТ при высоких давлениях. Сила F_p действующая

вдоль шатуна, и перенесенная к шатунной шейке, раскладывается на радиальную силу F_R и тангенциальную силу F_T . Радиальная сила нагружает коленчатый вал и коренный подшипник коленчатого вала (см. рис. 33-НВ2).

Тангенциальная сила производит крутящий момент на коленчатом валу.

ПОРШЕНЬ

Поршень должен решать следующие задачи:

- Давление сгорания преобразовывать в механическое движение;
- Передавать боковые усилия на стенки цилиндра;
- Уплотнять камеру сгорания цилиндра со стороны картера коленчатого вала;
- Передавать часть тепла, получаемого днищем поршня, через кольца и юбку поршня, находящихся в контакте с цилиндром двигателя, и далее в систему охлаждения
- Управляют сменой заряда в цилиндре 2-тактного двигателя.

Для решения возложенных на поршень задач, он должен обладать следующими свойствами:

- Большой прочностью в зоне поршневых колец, препятствующей разбиванию поршневой канавки кольцами;
- Иметь малую массу, и, как следствие, обладать небольшой силой инерции;
- Иметь жаростойкое днище поршня и эластичное тело поршня;

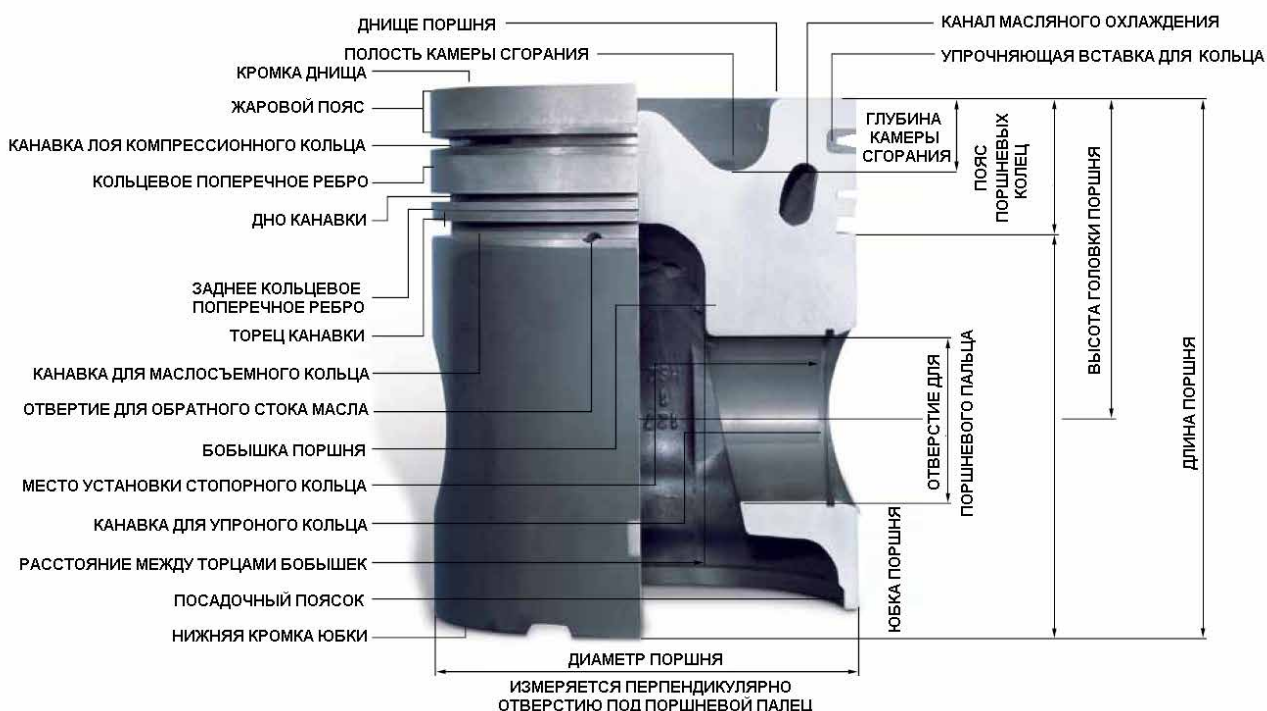


Рисунок 33-НВ4: Основные элементы поршня автомобильного двигателя; источник: Kolbenschmidt

- Иметь хорошую теплопроводность и маленький коэффициент объемного расширения, позволяющий применять малые зазоры между поршнем и стенками цилиндра.

ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ, КАСАЮЩИЕСЯ ДЕТАЛЕЙ ПОРШНЯ

На рисунке 33-*НН4* показан поршень с частичным разрезом с нанесенными рядом с ним названиями основных его параметров и элементов.

Диаметр поршня (d) измеряется в нижней четверти его длины в направлении перпендикулярном расположению отверстия для поршневого пальца. Форму поверхности днища поршня определяют требования, предъявляемые к камере сгорания цилиндра двигателя. Ровное днище поршня обладает преимуществом, поскольку горячие газы контактируют с наименьшей по площади

поверхностью поршня. Часть на плоской поверхности днища поршня выполнены углубления под клапаны, или специальные отливки, обеспечивающие образование направленных вихревых потоков в камере сгорания бензиновых двигателей с непосредственным впрыскиванием топлива. В поршне дизельного двигателя с непосредственным впрыскиванием топлива выполняется вихревая камера, предназначенная для организации смесеобразования и горения топлива в камере сгорания дизельного двигателя. Многие производители автомобильных двигателей и производители комплектующих двигателей приходят к мнению, что для обеспечения необходимой мощности и выполнения высоких экологических нормативов, каждому двигателю требуются индивидуально подобранные поршни.

Пример номенклатуры современных поршней одного из производителей комплектующих автомобильных двигателей приведен в таблице 33-*НН1*.

Таблица 33-*НН1*: Разновидности поршней

	<p>Поршень двухтактного двигателя Эти поршни используются преимущественно в допускающих высокие нагрузки бензиновых и дизельных двигателях для легковых автомобилей. Они имеют влитые стальные вставки, при этом не имеют шлицев, за счет чего представляют собой цельный корпус повышенной прочности.</p>
	<p>Литые поршни со сплошной юбкой Днище поршня, пояс поршневых колец и юбка поршня образуют прочное единое целое. Литые поршни с неразрезанной юбкой отличаются длительным сроком эксплуатации, могут использоваться как в бензиновых, так и дизельных двигателях. Их сфера применения – от малых двигателей для моделирования до двигателей большой мощности.</p>
	<p>Кованые поршни со сплошной юбкой Такие поршни находят применение преимущественно в двигателях гоночных автомобилей и серийных двигателях, допускающих высокие нагрузки. Благодаря специальной технологии производства данная модель обладает высокой прочностью, что позволяет нанесение небольших пропилов на стенках для снижения веса конструкции.</p>
	<p>Поршни <i>AUTOTHERMIK</i>[®] - / <i>HYDROTHERMIK</i>[®] Эти поршни используются преимущественно в допускающих высокие нагрузки бензиновых и дизельных двигателях для легковых автомобилей. Они имеют влитые стальные вставки и шлицы между поясом поршневых колец и направляющим поясом поршня.</p>
	<p>Поршни <i>AUTOTHERMATIK</i>[®] - / <i>HYDROTHERMATIK</i>[®] Эти поршни используются преимущественно в допускающих высокие нагрузки бензиновых и дизельных двигателях для легковых автомобилей. Они снабжены влитыми стальными вставками, однако не имеют шлиц. Таким образом, поршень представляет собой единое целое и характеризуется высокой прочностью.</p>

	<p>Поршни <i>ECOFORM</i>[®] с развернутым сердечником Поршни оптимального веса для бензиновых двигателей легковых автомобилей. Благодаря специальной технологии литья данная модель обладает малым весом и одновременно высокой структурной прочностью. Концепция поршней <i>ECOFORM</i>[®]: разработанная компанией <i>MAHLE</i> технология литья в направлении оси пальца поршня позволяет выполнить очень большие поднутрения в зоне расположения колец, обеспечивая, таким образом, значительное снижение веса поршня</p>
	<p>Поршни с упрочняющей вставкой для (компрессионного) кольца с вкладышем Данная модель поршней для дизельных двигателей имеет прочно связанную с материалом поршня вставку для поршневых колец. Вставка производится из специального чугуна и служит для повышения износостойкости, особенно в первой канавке в дизельных двигателях. Вкладыш из специального материала способствует повышению допустимой нагрузки вставки.</p>
	<p>Поршни с упрочняющей вставкой для (компрессионного) кольца с каналом охлаждения и усиленным днищем В дизельных двигателях, допускающих высокие нагрузки, используются именно такие поршни. Для дополнительной защиты и во избежание появления трещин в днище и по периметру камеры сгорания, на дно поршня наносится специальный слой, подвергнутый твердому анодированию.</p>
	<p>Поршни с охлаждением в области вставки для поршневых колец В данной модели поршней вставка для поршневых колец и канал охлаждения соединены в единую систему благодаря специальной технологии производства. Данная система позволяет значительно снизить температуру именно на первой канавке поршневого кольца.</p>
	<p>Поршни <i>FERROTHERM</i>[®] Поршни данной модели состоят из стальной головки поршня и алюминиевой юбки поршня, подвижно связанные между собой посредством поршневого пальца. Благодаря высокой прочности и высокой износостойкости такие поршни гарантируют низкие показатели токсичности отработавших газов у дизельных двигателей, допускающих высокие нагрузки.</p>
	<p>Поршни <i>MONOTHERM</i>[®] Изготовление канала охлаждения с помощью сложного, обладающего изогнутой геометрией токарного инструмента, который должен отличаться точностью и прочностью. Затем канал охлаждения закрывается штампованными деталями из листовой стали.</p>
	<p>Поршни <i>Top Weld</i>[®] Изготовлены методом сварки трением: здесь канал охлаждения изготавливается намного проще и быстрее с использованием обычного (и поэтому обладающего большей прочностью) токарного инструмента. Для этого в нижней и верхней части будущего поршня выполняется расточка паза для канала охлаждения на половину глубины. При сварке трением образуется полный и закрытый ка</p>

РЕМАРКА:

В таблице 33-HW1 приведены изображения и описания поршней, выпускаемых только одной из компаний, производящих детали двигателя. Кроме представленных

в этой подборке учебных материалов типов поршней, выпускаемых компанией *MAHLE*, советуем изучить формы поршней, выпускаемых, например, компанией *KOLBENSCHMITT*.

Поршневые кольца обеспечивают уплотнение между камерой сгорания и картером коленчатого вала двигателя. Если зона поршневых колец примыкает к зоне расположения бобышек, часть тепла от днища поршня может отводиться через поршневой палец к штоку. Если зона поршневых колец отделена от юбки поршня прорезью, направляющая часть поршня остается сравнительно холодной, и это позволяет уменьшить зазор между юбкой поршня и стенкой цилиндра.

Жаровой пояс поршня предохраняет верхнее поршневое кольцо от перегрева. У поршня двигателя с принудительным воспламенением (бензиновый двигатель) высота жарового пояса составляет 6...12% от диаметра поршня, у двигателя с воспламенением от сжатия (дизельного двигателя) высота жарового пояса составляет 10...18% от диаметра поршня.

Последующие поперечные кольцевые ребра могут иметь меньший размер, поскольку температура поршня от днища к юбке поршня постепенно снижается.

В дизельных двигателях верхняя кольцевая канавка испытывает повышенные нагрузки из-за высокой температуры в сочетании с высоким давлением. Поэтому верхнюю кольцевую канавку поршня оснащают стальной кольцевой вставкой, которую устанавливают при формировании поршня литьем.



Рисунок 33-НН5: Вставка для поршневого кольца в поршне дизельного двигателя; источник: *Westermann*

Тепловое расширение в зоне кольцевой вставки незначительно, и, вследствие этого, снижается износ поршня в области верхнего поршневого кольца.

ТЕПЛОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В ПОРШНЕ

На температуру поршня существенное влияние оказывают следующие факторы:

- Организация цикла (2-тактный или 4-тактный);

- Способ воспламенения смеси (принудительное воспламенение от электрического разряда = Отто мотор, или воспламенение от сжатия = Дизельный мотор);
- Способ охлаждения двигателя (воздушное или жидкостное охлаждение);
- Фактическая нагрузка на двигатель.

Хорошая теплопроводность материала поршня улучшает отвод тепла от наиболее нагретых частей поршня. Рабочая температура снижается, обеспечивая перепад температуры от днища поршня к юбке поршня, как это показано на рисунке 33-НН6.

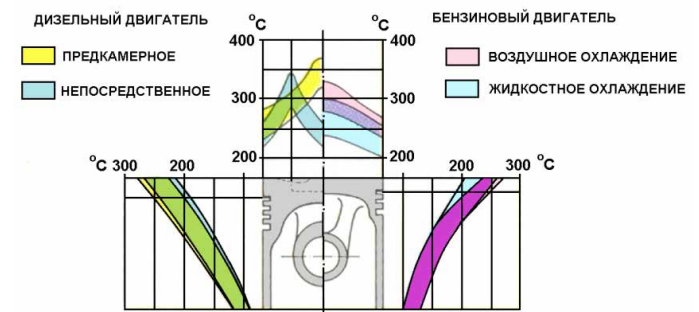


Рисунок 33-НН6: Распределение температуры в поршне при полной нагрузке; источник: *Westermann*

При хорошем охлаждении днища поршня возможно повышение мощности двигателя, поскольку снижение температуры свежего заряда в цилиндре двигателя повышает его плотность, то есть возможность помещения в цилиндр большего количества топливоздушной смеси. Большая теплота может быть отведена при увеличении массы материала поршня, или нанесением ребер на внутренней поверхности поршня. Если днище поршня, как это характерно для дизельных двигателей, подвержено высокой термической нагрузке, необходимо предусмотреть дополнительное охлаждение моторным маслом. На рисунке 33-НН8 показаны самые простые способы охлаждения поршня.

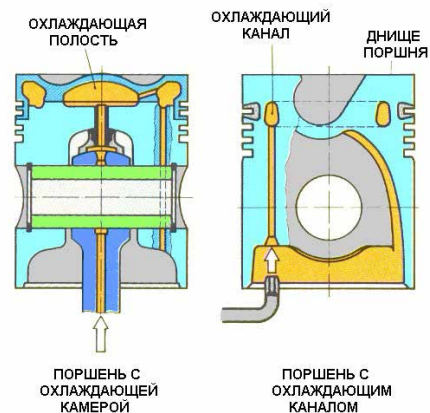


Рисунок 33-НН8: Способы охлаждения поршня; источник: *Westermann*

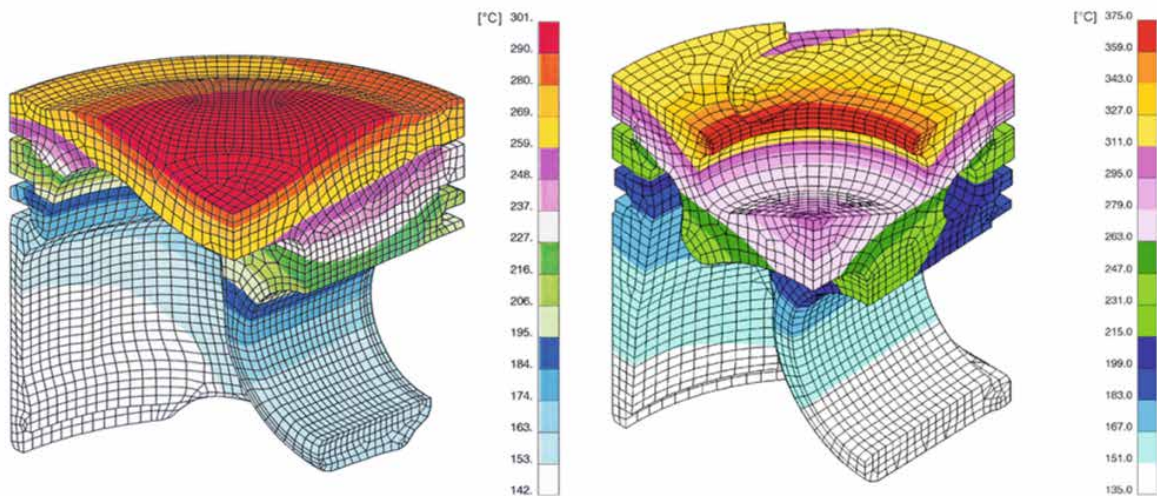


Рисунок 33-НВ7: Распределение температур в поршне бензинового двигателя (слева) и дизельного двигателя (справа) при полной нагрузке; источник: *Mahle GmbH*

Через продольное отверстие в стержне шатуна масло от шатунной шейки коленчатого вала подается к поршневому пальцу, и далее через отверстие в верхней головке шатуна поступает в камеру охлаждения, выполненную в днище поршня. В дизельных двигателях с непосредственным впрыскиванием топлива, и камерой сгорания, выполненной в поршне, охлаждение осуществляется подачей масла в кольцевой масляный канал (см. рис. 33-НВ8 справа).

ФОРМА ПОРШНЯ, МОНТАЖНЫЕ РАЗМЕРЫ ПОРШНЯ

Во время эксплуатационных режимов двигателя в различных частях поршня могут господствовать различные температуры (см. рис. 33-НВ8). Температура днища поршня разогревается значительно больше, чем юбка поршня. Вследствие этого поршень расширяется в различных зонах по-разному. Это вынуждает конструкторов поршней изготавливать поршни, форма которых в холодном состоянии напоминает бочку, если смотреть на поршень сбоку, и овал – если смотреть на поршень сверху (см. рис. 33-НВ9).

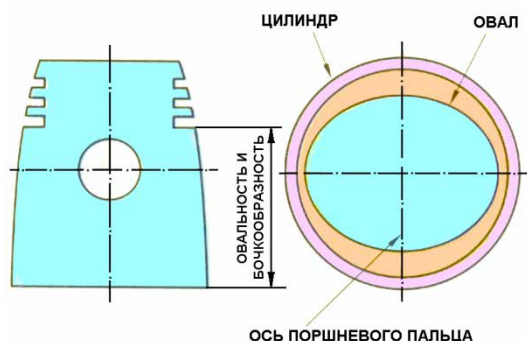


Рисунок 33-НВ9: Внешняя форма поршня; источник: *Westermann*

При достижении рабочих температур распределение температуры и материала поршня по высоте и ширине поршня вынуждает поршень принять цилиндрическую форму. В холодном состоянии нижняя часть поршня имеет больший диаметр, чем его верхняя часть, и, кроме того, нижняя часть поршня имеет овальное сечение. Меньшая диагональ овала совпадает по направлению с осью поршневого пальца. Овальность сечения поршня обусловлена распределением материала в сечении, который сконцентрирован в бобышках, и объемное расширение материала поршня вынуждает претерпеть большую деформацию в направлении поршневого пальца. Номинальный зазор между цилиндром и поршнем – это разница между диаметром цилиндра и самым большим диаметром поршня, который определяется его бочкообразностью и овальностью.

Установочный зазор поршня зависит от диаметра цилиндра и от конструктивной разновидности поршня. Этот зазор составляет несколько сотых миллиметра, например, для бензиновых двигателей установочный зазор составляет 0,05% от диаметра поршня.

На тепловое расширение поршня могут оказать влияние встраиваемые регулирующие элементы, которые установлены в теле поршня так, что происходит управляемое тепловое расширение в заранее намеченных направлениях, поэтому установочные зазоры поршня принимаются очень маленькими. Встраиваемые регулирующие элементы представляют собой кольца, выполненные из стали. В сочетании с материалом поршня регулирующие элементы выполняют функцию биметаллических пластин. Эти пластины выполнены из прочно соединенных металлических полос, имеющих различный коэффициент теплового расширения. При нагреве пластина сгибается в сторону материала, имеющего меньший коэффициент теплового расширения. На рисунке 33-НВ10 представлен принцип теплового

регулирования, используемого в поршне автомобильного двигателя.

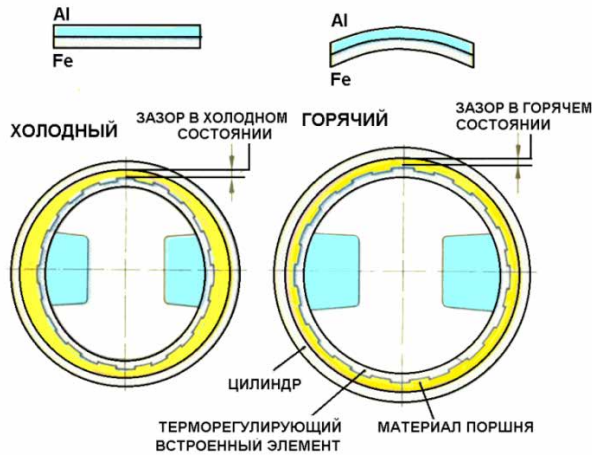


Рисунок 33-*HW10*: Терморегулирующая стальная вставка, встраиваемая в тело поршня при его отливке; источник: *Westermann*

Этим способом нежелательное расширение поршня в плоскости, перпендикулярной поршневому пальцу, перенаправляется в направлении, совпадающем с осью поршневого пальца.

В теле большинства поршней современных бензиновых и дизельных двигателей, выполненные их легких сплавов, устанавливают терморегулирующие стальные вставки. Поскольку теплового расширения поршней из легкого сплава избежать не удастся, требуется большее предварительное напряжение встраиваемого кольца.

Наличие разделительной канавки в области маслосъемного кольца способствует распределению температуры в теле поршня. Поток тепла от днища поршня к юбке встречает сопротивление, и тепловое распределение в материале поршня происходит более эффективно.

Существует принципиальное различие между поршнем с терморегулирующей вставкой и поршнем с разделительной канавкой. Поршни без разделительной канавки имеют меньшую возможность качественного регулирования теплового расширения материала поршня.

МАТЕРИАЛ ПОРШНЯ, МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОРШНЯ

Таблица 33-*HW2*: Материал поршня

Группы сплавов	Основной материал	Способ изготовления*	Плотность в кг/дм ³
<i>AlSi12CuMgNi</i>	Алюминий	<i>K, W P, W</i>	2,7
<i>AlSi18CuMgNi</i>	Алюминий	<i>K, W P, W</i>	2,68
<i>AlSi25CuMgNi</i>	Алюминий	<i>K, W</i>	2,65
<i>AlCu4NiMg</i>	Алюминий	<i>K, W</i>	2,74
Нелегированный	Чугун	<i>S</i>	7,3
Легированный	Чугун	<i>S, W</i>	7,3

*Способ изготовления: *K* – литье в кокиль; *W* – горячая ковка; *P* – литье под давлением; *S* – литье в формовочную смесь.

Материалы, применяемые в изготовлении поршней, должны отвечать следующим требованиям:

- Малая плотность;
- Высокая теплопроводность;
- Незначительный износ даже в условиях высоких температур;
- Незначительное тепловое расширение;
- Меньший коэффициент теплового расширения, чем у материала цилиндра;
- Высокая теплостойкость;
- Высокая сопротивляемость деформации и усталостному разрушению.

Хорошей теплостойкостью и теплопроводностью обладают сплавы алюминия с медью. Наряду с медью в сплаве содержатся незначительные количества магния и никеля. Однако подобные сплавы могут иметь ограниченное применение в связи с недостаточной износостойкостью и высоким тепловым расширением материала.

Это обстоятельство вынуждает изготавливать поршни для двигателей из сплава алюминия с кремнием (см. таблицу 33-*HW2*).

Компоненты сплава, применяемого в изготовлении поршней – это сплав алюминия с 12...25% кремния, чуть более 1% меди, никеля и магния, а также незначительное содержание железа, титана и цинка (менее 1%). Увеличение содержания кремния позволяет увеличить износостойкость материала, и снизить тепловое расширение изделия. Поршни с высоким содержанием кремния применяются в двигателях с высокой тепловой нагрузкой, таких как: дизельные двигатели, двухтактные двигатели внутреннего сгорания.

Поршни преимущественно изготавливаются методом литья в кокиль. Малые серии поршней производятся ручным литьём в изложницы, большие серии производятся машинным литьём.

Поршни, подверженные высоким механическим и термическим нагрузкам, изготавливаются прессованием в горячем состоянии, которое ошибочно именуется ковкой, отсюда и устоявшееся название «кованные поршни». Материал в исходную форму заготовки (непрерывное литьё) выжимается в несколько этапов с помощью гидравлических или механических прессов.

Механическая обработка заготовок поршней, полученных литьем в изложницы или горячим прессованием, производится в несколько этапов. Предварительная обработка и вырезание канавок производится твердосплавными резцами, а окончательная обточка производится на копировально-токарном станке, который оборудован алмазными токарными резцами.

Поршни с масляным охлаждением (охлаждаемые поршни) монтируются из нескольких частей. Днище поршня, изготовленное из высококачественного чугуна или стали, привинчивается к остальной части поршня. Направляющая часть поршня изготавливается из кремний-алюминиевого сплава, или чугуна с шаровидным графитом.

ЗАЩИТА РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОРШНЯ

Разрушение масляной пленки во время частых холодных пусков, кратковременная перегрузка (высокая частота вращения) двигателя, или работа в условиях недостаточной смазки (низкого уровня масла в поддоне) часто приводят к появлению задиров на поверхности поршня. Для быстрой приработки деталей двигателя и для предотвращения повреждений, возникающих при работе в неблагоприятных условиях, юбку поршня покрывают защитными материалами, которые позволяют:

- Увеличить сопротивление схватыванию материалов деталей;
- Защитить рабочие поверхности от теплового пере-напряжения;
- Снизить время приработки двигателя;
- Повысить антифрикционные свойства рабочих поверхностей.

Нанесение слоя свинца или олова

Поршень можно покрыть тонким слоем свинца, на короткое время, погрузив его в ванну с расплавленным свинцом. Вследствие этого повышается температура плавления поверхности. Это предотвращает появление задиров, например, при работе в условиях недостаточной смазки. Тонкий слой олова на поверхности поршня, выполненного из легкого сплава, повышает сопротивляемость схватыванию поверхностей во время холодного пуска и в фазе высоких нагрузок горячего двигателя. Кроме того, слой металла толщиной в 1..2 мкм (микрона) позволяет получить высокие антифрикционные свойства сопрягаемых металлических поверхностей.

Нанесение графитового слоя

Перед нанесением графита поверхность поршня подвергают обработке металлизированными фосфатами.

После предварительной обработки на глубину 1 мкм металлическая поверхность поршня готова к покрытию слоем синтетической искусственной смолой с высоким содержанием графита. Покрывной материал представляет собой фенол-резол-графитовую смолу. Приблизительно от 10 до 20 мкм покрывного материала выгорает при высоких температурах. Оставшийся на поверхности поршня графит обладает хорошими антифрикционными свойствами и высокую адгезивную способность при контакте с моторным маслом. Это позволяет удерживать масло на поверхности поршня длительное время, предотвращая появление сухого трения при холодном или горячем пуске двигателя.

Покрывные синтетическими материалами

Направляющую часть поршня частично или полностью покрывают искусственно созданными синтетическими материалами (пластмассами). Покрытие может представлять собой эпоксидную смолу. Это позволяет снизить шумность работы двигателя и уменьшить износ деталей цилиндропоршневой группы.

ПЕМАРКА:

В продаже появились широко-рекламируемые поршни с тефлоновым покрытием.

Политетрафторэтилен, тефлон или фторопласт-4 ($-C_2F_4-$)_n — полимер тетрафторэтилена (ПТФЭ), пластмасса, обладающая редкими физическими и химическими свойствами и широко применяемая в технике и в быту. Слово «Тефлон» является зарегистрированной торговой маркой корпорации DuPont. Непатентованное название вещества — «политетрафторэтилен» или «фторополимер». В СССР и России традиционное техническое название этого материала — фторопласт.

DuPont указывает температуру начала плавления согласно стандарту ASTM D3418 для разных типов тефлона от 260°C до 327°C. Юбка поршня нагревается до температуры 450°C, поэтому для применения тефлонового покрытия юбки поршня просто не существует условий его применения. Тефлон, не успевая создать защиту поршня, колец и цилиндров, разлагается с выделением сильнейших ядов, вредных мотору.

Более 10 лет назад тефлон снят с применения в США. Заявленные производителями автомобильных добавок свойства тефлона в двигателях внутреннего сгорания были не только не подтверждены, но и опровергнуты испытаниями. Испытания производились государственной комиссией США. С выводами комиссии вынужден был согласиться и сам изобретатель тефлона фирма DuPont. Поэтому можно сказать с большой уверенностью, что все добавки, сделанные на основе тефлона, а их не мало, приносят вред, но никак не пользу.

УЧЕТ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИ УСТАНОВКЕ ПОРШНЯ

Согласно указаниям производителей автомобильных двигателей, поршни должны устанавливаться в цилиндр двигателя в строго определенном положении относительно продольной оси двигателя. Указания по ориентации поршня относительно продольной оси двигателя нанесены на днище поршня (см. рис. 33-НВ11).

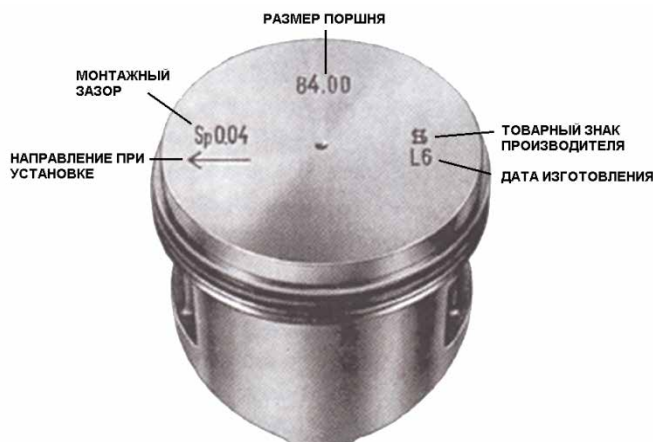


Рисунок 33-НВ11: Указания по встраиванию поршня; источник: *Autofachmann*

Вершина стрелки, или надпись «*Front*»; «*Avant*»; «*Перед*» должны указывать позицию поршня относительно коленчатого вала двигателя – то есть к его передней части.



РЕМАРКА:

В ряде иностранной технической литературы можно встретить указание, что стрелка направлена по ходу движения автомобиля. Это указание касается только варианта с продольным расположением двигателя.

На днище поршня можно увидеть и другие надписи.

Таблица 33-НВ3: Надписи и знаки, указывающие на позицию поршня в цилиндре

<i>v, h:</i>	Поршень следует устанавливать, как передний « <i>vorderer (v)</i> » или задний « <i>hinterer (h)</i> », причем – всегда в направлении движения автомобиля.
<i>re, li:</i>	Этот поршень подлежит установке в оппозитный или V-образный двигатель. Надписи « <i>re (rechts)</i> » или « <i>li (links)</i> » означают правый или левый ряд соответственно.
<i>Anl. S:</i>	Этот поршень следует устанавливать надписью к стороне, на которой установлен стартер.
<i>Z1, Z3:</i>	Поршень следует устанавливать в цилиндр, номер которого указан на днище поршня, например Z1 – в первый цилиндр; Z3 – в третий цилиндр.

Поршни с разрезом в юбке устанавливаются разрезом к стороне цилиндра, противоположной основной опорной поверхности, то есть разрез на юбке не делают на основной опорной поверхности.

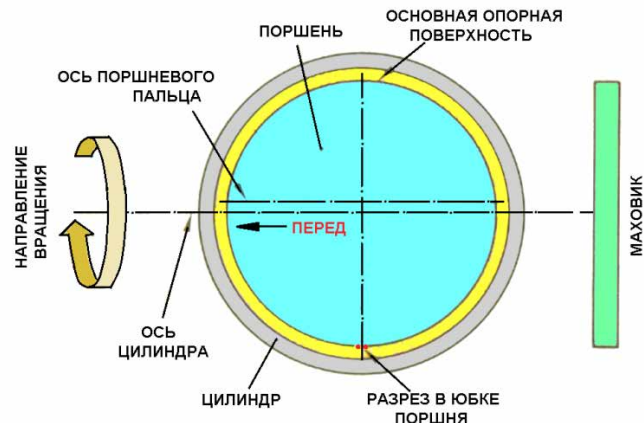


Рисунок 33-НВ12: Указание по установке поршня с разрезом на юбке в цилиндр двигателя; источник: *Westermann*

Поршни с эксцентричным расположением оси поршневого пальца устанавливаются в цилиндр так, чтобы смещение оси поршневого пальца находилось на стороне основной опорной поверхности поршня.

Поршни двухтактного двигателя часто имеют дополнительную метку с надписью «*Ausp.*». Стрелка указывает на сторону выпуска (*Auspuffseite* = Сторона выпуска).

Поршни двухтактных двигателей не имеют особых отличий в соединении с поршневым пальцем и поршневыми кольцами, за исключением наличия «окон» в стенках цилиндра и ответных вырезов в юбке поршня. Перед установкой поршней в цилиндры многоцилиндровых двухтактных двигателей следует быть особенно внимательным к рекомендациям изготовителя по монтажу цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма.

ПОРШНЕВЫЕ КОЛЬЦА

Поршневые кольца должны решать следующие задачи:

- Уплотнять камеру сгорания со стороны картера коленчатого вала (компрессионные кольца);
- Отводить часть теплоты сгорания топлива в цилиндре двигателя от поршня к стенкам цилиндра;
- Снимать часть моторного масла со стенок цилиндра, возвращая масло в масляный поддон (маслосъемные кольца).

Поршневые кольца подразделяются по их задачам на компрессионные кольца и маслосъемные кольца. В большинстве случаев поршни бензиновых двигателей имеют два компрессионных и одно маслосъемное кольцо (см. рис. 33-НВ13).



Рисунок 33-НН13: Расположение поршневых колец

Поршни дизельных двигателей нуждаются в установке от 2 до 4 компрессионных колец и одно-два маслосъемных кольца. Часто маслосъемное кольцо на поршне дизельного двигателя располагается ниже бобышки поршня, то есть в области направляющей части поршня. Поршни двухтактных двигателей имеют от 2 до 3 компрессионных кольца. Они не нуждаются ни в одном маслосъемном кольце.

Размеры компрессионных и маслосъемных колец регламентированы национальными стандартами и рядом международно-признанных стандартов, в частности *DIN = Deutsches Institut für Normung* = Немецкий институт по стандартизации.

Для того чтобы поршневое кольцо хорошо уплотняло камеру сгорания цилиндра двигателя, оно должно обладать упругостью, достаточной для постоянного прижатия рабочей поверхности кольца к стенке цилиндра.

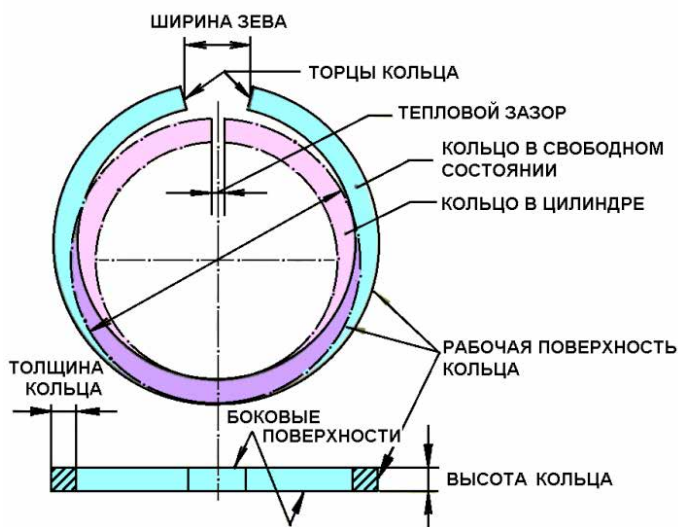


Рисунок 33-НН14: Наименование элементов поршневого кольца; источник: *Westermann*

Для обеспечения радиального усилия, которое прижимает поршневое кольцо к стенке цилиндра, кольцу придана форма открытого пружинного кольца (см. рис. 33-НН14).

Маслосъемное кольцо помещается всегда ниже компрессионных колец. Снимаемое кольцом масло поступает через отверстия в канавке поршня внутрь поршня, где участвует в смазывании поршневого пальца и втулки в верхней головке шатуна. Остальное масло стекает в масляный поддон.

Компрессионные и маслосъемные кольца из-за особой их формы часть могут устанавливаться на поршень только в одном положении. Надпись «TOP» на боковой стороне кольца должна при установке быть обращена в сторону днища поршня.

МАТЕРИАЛЫ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

Идеальный материал для поршневых колец должен обладать следующими свойствами:

Высокая износостойкость. Компрессионные кольца работают в условиях высоких температур, и высоких нагрузках от давления газов, а так же в условиях недостаточной смазки (особенно верхнее компрессионное кольцо). Кроме того, материал поршневого кольца не должен обладать склонностью к свариванию поверхностных слоев рабочей части кольца с материалом цилиндра. В то же время, поршневое кольцо должно обладать хорошей способностью к прирабатываемости. Это значит, что покрытие рабочей стороны поршневого кольца должна поддаваться полировке, не вызывая глубинного повреждения материала поршневого кольца. Материал колец должен подбираться так, чтобы при совместной работе с цилиндром и поршнем изнашивалось поршневое кольцо, как наименее дорогая деталь по сравнению с цилиндром или поршнем.

Механические свойства. Поршневые кольца во время работы испытывают значительные изгибающие напряжения, но наибольшее напряжение испытывает кольцо при его надевании на поршень. Материал поршневого кольца должен подбираться так, чтобы кольцо имело пружинящие свойства без остаточной деформации. Материал поршневого кольца должен противостоять знакопеременным изгибающим моментам, которые испытывает поршневое кольцо при его работе в цилиндре двигателя. Материал поршневого кольца должен хорошо обрабатываться. Качество обработанной поверхности должно благоприятствовать получению хорошей работоспособности и низкому износу, поэтому рабочая поверхность поршневого кольца, как правило, покрывается пористым материалом, способным удерживать смазку. Желательно, чтобы материал поршневого кольца обладал малой плотностью (малым удельным весом).

Коррозионная стойкость. Химически активные продукты сгорания топлива не должны разрушать материал поршневого кольца. Наибольшему риску подвергается верхнее компрессионное кольцо, поэтому рабочую поверхность верхнего компрессионного кольца, если это допустимо сочетанием с материалом цилиндра, покрывают керамикой, хромируют, феррооксидируют, покрывают молибденом, нитрируют или производят плазменное напыление.

Чем ниже твердость материала цилиндра, тем большую важность приобретает тщательный подбор материала компрессионных и маслосъемных колец. Для цилиндров, обладающих низкой твердостью материала, материал рабочей поверхности колец должен обладать высокой пористостью, и высокими антифрикционными свойствами (малым коэффициентом трения). Напротив, в цилиндрах с высокой твердостью материала цилиндра нельзя применять кольца с высокой твердостью материала. Например, в хромированных цилиндрах нельзя применять хромированные кольца.

При выборе материала колец учитывают и материал, из которого изготовлен поршень. Например, стальные кольца нельзя применять в поршнях, верхняя часть которых изготовлена из стали, или имеющих стальную вставку для верхнего поршневого кольца. Стальные кольца сильно изнашивают чугунные поршни, или поршни, изготовленные из легкого сплава.

Стальные кольца целесообразно применять в следующих случаях:

В качестве компрессионного кольца, установленного в нижних канавках поршня, работающего в цилиндре из серого чугуна;

В качестве заготовки для изготовления хромированных компрессионных и маслосъемных колец их специальных сталей, обладающих стабильной характеристикой упругости.

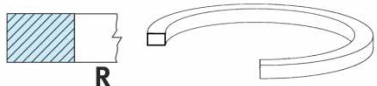
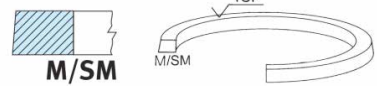
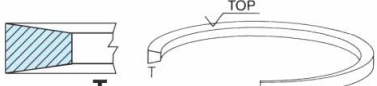
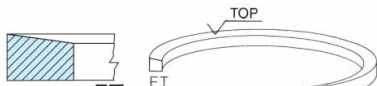
Маслосъемные и маслораспределительные кольца всех типов – кольца с буртиком или скосом рабочей поверхности, коромысловые кольца с прорезями, 3-компонентные и 4-компонентные кольца с расширителем.

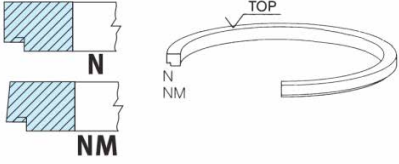
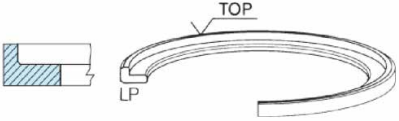

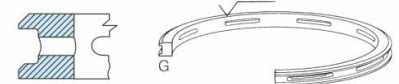

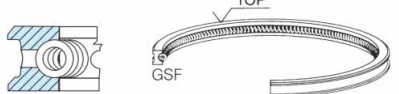


Как правило, в качестве материала поршневого кольца используют серый чугун, улучшенный термообработкой; чугун, улучшенный шаровидным графитом. Широко используется производная от ковкого чугуна, известная, как пластинчатый чугун. Пористая структура чугуна позволяет удерживать масло в микроскопических полостях (порах), что значительно уменьшает износ трущихся поверхностей.



ФОРМЫ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

Форма поршневого кольца обусловлена его назначением. Некоторым кольцам намерено придается коническая форма сечения (см. табл. 33-НВ4), поэтому приработка таких колец происходит довольно быстро.

Таблица 33-НВ4: Форма поршневых колец

Форма кольца	Особые свойства и установка кольца
Условное изображение кольца	
Компрессионные кольца	
 <p>R</p> <p>R - Rechteckring = цилиндрическое компрессионное поршневое кольцо</p>	Цилиндрическое компрессионное поршневое кольцо может устанавливаться в обоих направлениях, за исключением наличия надписи «TOP».
 <p>M/SM</p> <p>M - Minutenring = Коническое поршневое компрессионное кольцо SM - Schwachminutenring = Коническое поршневое кольцо с уменьшенным углом наклона рабочей поверхности</p>	Коническое поршневое компрессионное кольцо можно устанавливать только надписью «TOP» в сторону днища поршня.
 <p>T</p> <p>T - Trapezring 6°/15° = Трапециевидное компрессионное поршневое кольцо 6°/15°</p>	Трапециевидное кольцо с симметричным сечением можно устанавливать в обоих направлениях, однако следует обратить внимание, что часть углы трапеции не равны, то есть сечение не симметрично. В этом случае кольцо следует устанавливать надписью «TOP» в сторону днища поршня.
 <p>ET</p> <p>ET - Einseitiger Trapezring = Полутрапециевидное компрессионное поршневое кольцо</p>	Полу-трапециевидное компрессионное кольцо устанавливается только в одном положении: надписью «TOP» в сторону днища поршня.

Форма кольца	Особые свойства и установка кольца
Условное изображение кольца	
Компрессионные кольца	
 <p>N - Nesenring = Скребок поршневое компрессионное кольцо NM - Nesenminutenring = Скребок коническое поршневое компрессионное кольцо</p>	<p>Скребок кольца типа «N» и «NM» устанавливаются во вторую сверху кольцевую канавку поршня, и являются кольцами, управляющими масляной пленкой. Скребок кольца устанавливаются надписью «TOP» к стороне днища поршня.</p>
 <p>LP - L-Profilring = L-профильное поршневое компрессионное кольцо</p>	<p>L-образные компрессионные кольца из-за асимметричности сечения обладают предварительным скручиванием, в результате которого нижняя часть кольца прижимается в стенке цилиндра. На такте сжатия и рабочего хода давление газов, поступающих в выемку кольца, заставляет кольцо плотнее прижиматься к цилиндру. На такте впуска и выпуска давление в цилиндре невысокое, и кольцо слабо прижимается к цилиндру, снижая износ.</p>
Маслосъемные кольца	
 <p>S - Ölschlitzring = Маслосъемное поршневое коробчатое кольцо с прорезями</p>	<p>Маслосъемное коробчатое поршневое кольцо с прорезями для отвода масла имеют симметричное сечение, поэтому могут устанавливаться в обоих направлениях. Материал кольца обладает пружинными свойствами, поэтому кольцо не нуждается в расширителе.</p>
 <p>G - Gleichfasenring = Маслосъемное коробчатое поршневое кольцо с параллельными фасками</p>	<p>Маслосъемное коробчатое поршневое кольцо имеет две симметричные фаски, поэтому установка такого кольца возможна только надписью «TOP» в сторону днища поршня.</p>
 <p>SSF - Ölschlitz-Schlauchfederring = Маслосъемное поршневое коробчатое кольцо с прорезями и с витым пружинным расширителем</p>	<p>В ряде случаев маслосъемное коробчатое кольцо с прорезями снабжено витым пружинным расширителем. Если сечение кольца симметричное, то кольцо может устанавливаться в любом направлении.</p>
 <p>GSF - Gleichfasen-Schlauchfederring = Маслосъемное поршневое коробчатое кольцо с параллельными фасками и витым пружинным расширителем</p>	<p>Если у маслосъемного коробчатого кольца с прорезями и витым пружинным расширителем на рабочей поверхности выполнены фаски, кольцо может устанавливаться только надписью «TOP» в сторону днища поршня.</p>
 <p>DSF - Dachfasenschlitzring mit Schlauchfeder = Маслосъемное поршневое коробчатое кольцо с симметричными фасками и витым пружинным расширителем</p>	<p>Маслосъемное коробчатое кольцо с симметричными фасками с прорезями и витым пружинным расширителем можно устанавливать в обоих направлениях.</p>
 <p>SEF - Ölschlitzring mit Expanderfeder = Маслосъемное поршневое коробчатое кольцо с прорезями и пластинчатым пружинным расширителем</p>	<p>Маслосъемное коробчатое поршневое кольцо с прорезями и радиальным пластинчатым пружинным расширителем может иметь симметричные и асимметричные фаски, поэтому кольцо можно устанавливать в обоих направлениях только при отсутствии надписи «TOP».</p>

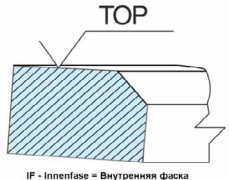
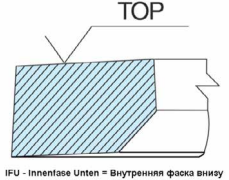
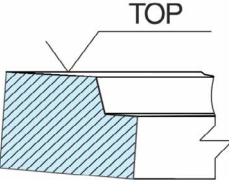
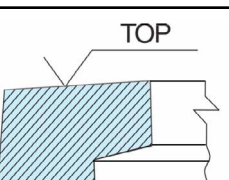
Форма кольца	Особые свойства и установка кольца
<p>Условное изображение кольца</p>  <p>SLF - Stahlmellenfederring = Стальное пластинчатое поршневое маслоотъемное кольцо</p>	<p>Стальное трехэлементное маслоотъемное кольцо с пластинчатым тангенциальным расширителем держит два ограничивающих стальных диска в прижатом к боковым стенкам кольцевой канавки состоянии. Через щели в расширителе масло поступает к отверстиям в канавке маслоотъемного кольца. Кольцо можно устанавливать в обоих направлениях.</p>
 <p>UF - U-Flex-Ring = U-образное пружинное поршневое маслоотъемное кольцо</p>	<p>U-образное стальное пружинное маслоотъемное кольцо можно устанавливать в обоих направлениях.</p>

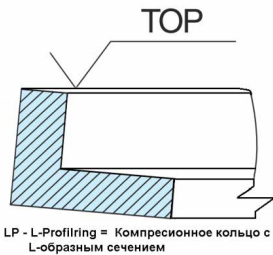
Наклон рабочей поверхности очень мал, и составляет у некоторых колец всего 40 угловых минут (2/3 градуса). Конические кольца в основном применяются в цилиндрах, поверхность которых уже изношена. Трапециевидные кольца применяются там, где работа кольца сопряжена с риском закоксовывания продуктами горения топлива, или работа происходит в условиях недостаточной смазки. Так как трапециевидное кольцо постоянно перемещается в кольцевой канавке, отложения сажи и прочих продуктов горения топлива и масла постоянно вытисняются из кольцевой канавки.

Если цилиндр подвергнут короблению, или имеет овальную форму, во время ремонта устанавливают кольца со скошенными гранями, позволяющими кольцу получить скрученное состояние в сечении. Вследствие этого кольца обеспечивают безупречную герметизацию.

Таблица 33-*HW5* приводит сечения колец, которые обеспечивают внутреннее напряжение в кольце, и приводят кольцо в скрученное состояние. Скрученное состояние в технической литературе называют торсионным эффектом кольца.

Таблица 33-*HW5*: Формы сечений поршневых колец с подрезкой профиля

Сечение кольца	Описание особенностей формы
 <p>IF - Innenseite = Внутренняя фаска</p>	<p>Компрессионное кольцо с внутренней фаской (<i>IF – Innenseite</i>). Ослабляющая проточка на внутренней верхней части пружинящего кольца приводит к умеренному скручиванию кольца, и получению наклона рабочей части кольца. Такое кольцо лучше прирабатывается и изнашивается. На такте рабочего хода, когда верхняя сторона поршневой канавки прижимается к верхней боковой поверхности кольца, оно принимает прямое положение, хорошо уплотняет камеру сгорания.</p>
 <p>IFU - Innenseite Unten = Внутренняя фаска внизу</p>	<p>Компрессионное кольцо с внутренней фаской внизу (<i>IFU – Innenseite Unten</i>). Ослабляющая проточка на внутренней нижней части кольца приводит к обратному скручиванию кольца. Рабочая часть конического кольца принимает меньший угол наклона относительно поверхности цилиндра. Тем не менее, кольцо обладает скребковым эффектом, и призвано управлять толщиной масляной пленки. Применяется в качестве второго компрессионного кольца.</p>
 <p>IW - Innenwinkel = Внутренний угол</p>	<p>Кольцо с внутренней фаской (<i>IW – Innenwinkel</i>). Ослабляющая проточка ступенчатой формы позволяет получить наклон рабочей части кольца. Это снижает износ рабочей поверхности кольца. Вместе с тем, наличие ступенчатой проточки позволяет сжатым газам, поступившим в пространство между кольцевой канавкой и кольцом, повернуть кольцо против направления его скручивания, улучшая компрессию. Подобное кольцо можно использовать в качестве верхнего компрессионного кольца.</p>
 <p>IWU - Innenwinkel Unten = Внутренний угол внизу</p>	<p>Кольцо с внутренней фаской (<i>IWU – Innenwinkel Unten</i>). Ослабляющая ступенчатая проточка на внутренней нижней части конического кольца позволяет получить меньший угол наклона рабочей поверхности кольца, снижая управляющие толщиной масляной пленки свойства кольца. В ряде случаев это необходимо для обеспечения лучшей смазки верхнего компрессионного кольца.</p>

Сечение кольца	Описание особенностей формы
	<p>Компрессионное кольцо с L-образным профилем в сечении (<i>LP – L-Profilring</i>) позволяет получить качественный эффект от действия давления горящих газов, которые плотно прижимают рабочую поверхность кольца к гильзе цилиндра, обеспечивая хорошую герметизацию камеры сгорания. На тактах впуска и выпуска давление газов невелико, поэтому кольцо находится в скрученном состоянии, снижая износ рабочей части кольца. Это кольцо в процессе приработки получает форму со сглаженной нижней кромкой рабочей поверхности кольца.</p>

ТЕПЛОВОЙ ЗАЗОР И ЗАЗОР ПО ВЫСОТЕ КОЛЬЦА

Расстояние между торцами поршневого кольца, вставленного в цилиндр двигателя, определяется, как тепловой зазор в поршневом кольце.

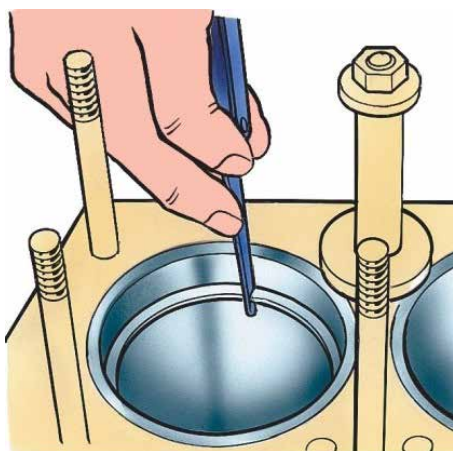


Рисунок 33-НН15: Измерение теплового зазора в поршневом кольце, вставленном в цилиндр двигателя; источник: *Manual-Car.info*.

Величина этого зазора целиком зависит от диаметра цилиндра. Слишком маленький зазор в замке кольца приводит к смыканию концов кольца при тепловом расширении, и поломки кольца. Слишком большой тепловой зазор приводит к потере мощности. Величина теплового зазора зависит от диаметра цилиндра, и варьируется от 0,15 до 0,9 мм.



ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ:

- Для измерения теплового зазора поршневое кольцо должно находиться в цилиндре перпендикулярно стенкам цилиндра (см. рис. 33-НН16). Тепловой зазор измеряется щупом--толщиномером.
- Для измерения бокового зазора кольцо должно быть вставлено в кольцевую канавку поршня, причем кольцо должно находиться перпендикулярно стенке поршня. Боковой зазор между кольцом и стенкой канавки измеряется щупом -толщиномером.

ром. Зазор по высоте составляет, в зависимости от диаметра поршня, от 0,02 до 0,04 мм.



Рисунок 33-НН16: Измерение бокового зазора между кольцом и стороной кольцевой канавки щупом -толщиномером; источник: *Manual-Car.info*.

Слишком большой боковой зазор способен вызвать:

- Образование большого количества нагара в кольцевой канавке;
- Перекос кольца в кольцевой канавке;
- Появление насосного эффекта при вертикальном перемещении кольца в кольцевой канавке.

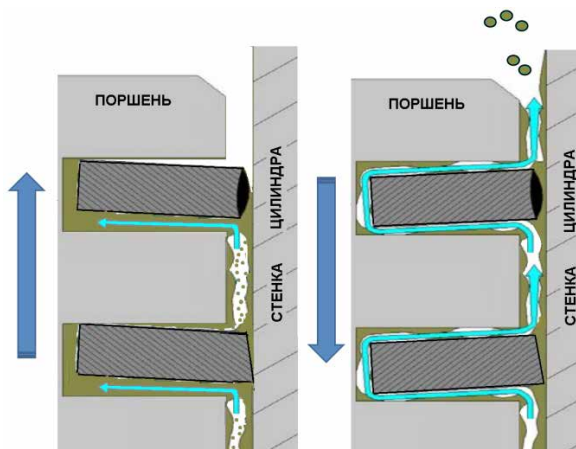


Рисунок 33-НН17: При большом зазоре между кольцом и кольцевой канавкой возникает насосный эффект, вызывающий перекачку масла со стенок цилиндра в камеру сгорания.

Насосный эффект способствует перекачке масла со стенок цилиндра в камеру сгорания, и сжиганию масла в ней. Кроме того, благодаря насосному эффекту в картере создается разрежение, так как вместе с маслом в камеру сгорания двигателя перекачиваются картерные газы.

Это влечет за собой повышенный расход масла, образованию лаковых отложений на днище поршня и стенках камеры сгорания, и повышению содержания несгоревших углеводородов в отработавших газах.

ПОРШНЕВОЙ ПАЛЕЦ

Поршневой палец переносит действующую на поршень силу от давления газов на шатун. Поршневой палец в основном испытывает изгибающие нагрузки. Чтобы уменьшить массу совершающих возвратно-поступательные движения деталей, поршневой палец изготовлен в виде трубки.

Опорная поверхность поршневого пальца подвергается высоким знакопеременным нагрузкам, причем, это часто происходит в условиях недостаточной смазки. Поэтому поверхность поршневого пальца должна обладать износостойкостью, а палец должен обладать жесткостью.



РЕМАРКА:

Жёсткость — это способность конструктивных элементов сопротивляться деформации при внешнем воздействии. Характеристика обратная податливости (гибкости при деформации изгиба). Не следует путать с твёрдостью.

Поршневой палец изготавливается из низколегированной цементуемой стали (например: 15Cr3 или 16MnCr5) или азотируемые стали (например: 3Cr Mo V9) для поршневых пальцев высоконагруженных двигателей. Необходимая твердость рабочей поверхности поршневого пальца достигается закалкой на мартенсит, или азотированием. Тонким шлифованием и полировкой достигается качество опорной поверхности поршневого пальца. Внутренняя поверхность поршневого пальца имеет цилиндрическую или коническую форму (см. рис. 33-НВ18), что позволяет снизить массу поршневого пальца.

Для двухтактных двигателей применяются поршневые пальцы с перемычкой в середине, с односторонним глухим отверстием или со стальными стенками, заполненные пластмассой. Это обусловлено необходимостью воспрепятствовать перетеканию газов из одного продувочного окна в другое через отверстие в пальце. Для высоконагруженных, высокоскоростных двигателей применяется фасонный поршневой палец (см. рис.

33-НВ18), который обладает высокой жесткостью при возможности снижения массы поршневого пальца.

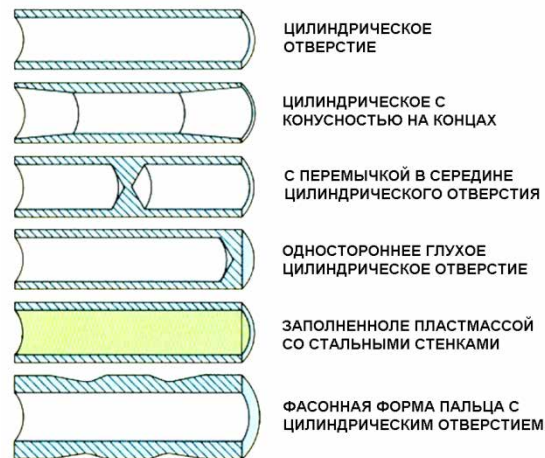


Рисунок 33-НВ18: Формы поршневых пальцев; источник: Westermann

Поршневые пальцы в бензиновых двигателях часто соединяют с шатунами посредством горячего прессового соединения, достигаемого усадкой предварительно нагретой верхней головки шатуна. Вследствие этого отпадает необходимость применения стопорящих палец деталей. В дизельных двигателях поршневой палец, как правило, соединяется с шатуном через подшипник скольжения (втулку). Одновременно с обеспечением подвижности пальца во втулке головки шатуна, предусматривается подвижная (скользящая) посадка пальца и в бобышках поршня. Подобное соединение в звене поршень – палец – шатун называется «плавающим» пальцем.

Осевое перемещение плавающего пальца должно ограничиваться стопорящими элементами. В качестве стопорящих элементов в основном применяются пружинящие фиксирующие кольца (см. рис. 33-НВ19).

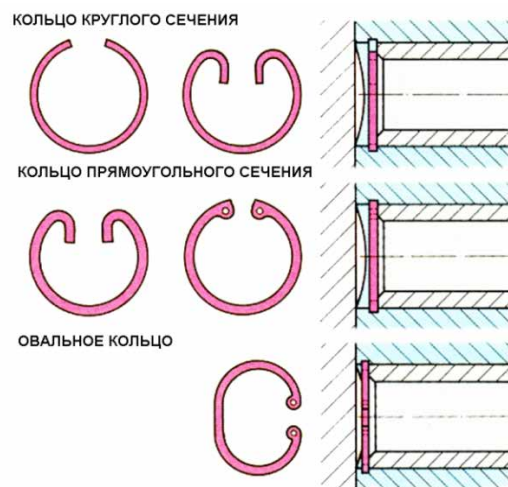


Рисунок 33-НВ19: Фиксаторы поршневого пальца; источник: Westermann

Фиксирующие кольца устанавливаются в прорезанные пазы на обоих концах отверстия под поршневой палец. В высокооборотистых двигателях спортивных автомобилей для снижения массы деталей, совершающих возвратно-поступательное движение, поршневые пальцы изготавливают из тонкостенной трубки, заполненной пластической массой.

ШАТУНЫ

Шатун соединяет поршень с коленчатым валом двигателя. Через шатун переносятся силы, действующие на поршень, к коленчатому валу. Шатун совершает сложное движение в плоскости, расположенной перпендикулярно оси вращения поршневого пальца и оси вращения коленчатого вала. Верхняя головка шатуна вместе с поршнем и поршневым пальцем совершает возвратно-поступательные движения. Вместе с тем, верхняя головка шатуна совершает качающиеся движения вокруг оси поршневого пальца. Нижняя головка шатуна совершает вращательные движения вокруг оси коленчатого вала, и, вместе с тем, колебательные движения вокруг оси шатунной шейки коленчатого вала.

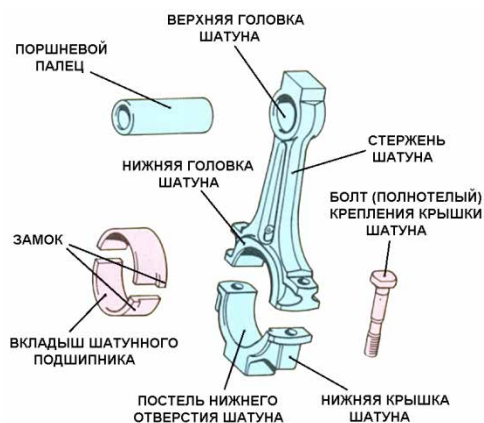


Рисунок 33-НВ20 Детали шатунной группы; источник: *Westermann*

Во время рабочего цикла шатун подвергается растяжению, сжатию и продольному изгибающему усилию. Колебательные (качающиеся) движения поршневого пальца вокруг оси поршневого пальца производят дополнительные изгибающие напряжения. В большинстве случаев стержень шатуна имеет сечение двутавровой балки, которая обеспечивает высокую жесткость при значительном снижении массы. Для маломощных двигателей сечение стержня может иметь круглую или овальную форму.

МАТЕРИАЛ ШАТУНА

Материалом для изготовления шатунов обычно является марганцовистые, хромистые, хром-никелевые или хром-молибденовые стали с содержанием углерода от

0,30 до 0,45%. Заготовки шатунов получают штамповкой в несколько стадий с промежуточной термообработкой, что обеспечивает упрочнение материала при небольшой его твердости, но высокой вязкости и пластичности. Если заготовки для шатунов изготавливают литьём, то литейные улучшенные стали имеют шаровидный графит.

Шатуны, изготовленные из высококачественного алюминия, легче, но имеют ряд недостатков, например, высокое тепловое расширение, и недостаточная прочность изделия на изгиб. Ещё один недостаток – это отвод теплоты от поршня через шатунный палец к шатуну и кривошипу (шатунной шейке). Поэтому следует предусмотреть изоляцию поршневого подшипника пальца и организовать дополнительное охлаждение шатунных пальцев и кривошипов.

В двигателях современных автомобилей можно встретить шатуны, изготовленные методом порошковой металлургии.

ШАТУННЫЙ ПОДШИПНИК КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

Расположенная в верхней головке шатуна втулка является неразъемным подшипником. В большинстве современных автомобильных двигателей поршневой палец имеет возможность вращаться во втулке верхней головки шатуна, которая изготовлена из сплава меди с цинком или оловянно-свинцовой бронзы типа *Cu Pb10 Sn10*. В некоторых моделях двигателей поршневой палец скользит по поверхности отверстия верхней головки шатуна без втулки. Скольжение обеспечивается сочетанием «мягкого» материала шатуна и «твердого» материала пальца. Такая конструкция имеет преимущество, поскольку верхняя головка шатуна разгружена от натяга в соединении пальца с головкой, поэтому масса верхней головки шатуна, совершающей возвратно-поступательное движения, меньше массы верхней головки шатуна с втулкой, или соединяемой с поршневым пальцем с натягом. В высоконагруженных дизельных двигателях, в которых смазка втулки обеспечивается подачей масла снаружи или по внутреннему каналу шатуна, верхнюю головку шатуна часто снабжают чугунной втулкой. Поршневой палец, который имеет возможность вращения, как в верхней головке шатуна, так и в бобышках поршня, называют «плавающим» поршневым пальцем.

В двухтактных двигателях, в которых смазывание производится смесью топлива с маслом, часто применяют игольчатый подшипник качения.

Для обеспечения смазки подшипника в верхней головке шатуна в стержне шатуна выполняется канал, соединяющий отверстие для нижней головки шатуна, подшипник которой смазывается под давлением, с верхней головкой шатуна (см. рис. 33-НВ21).

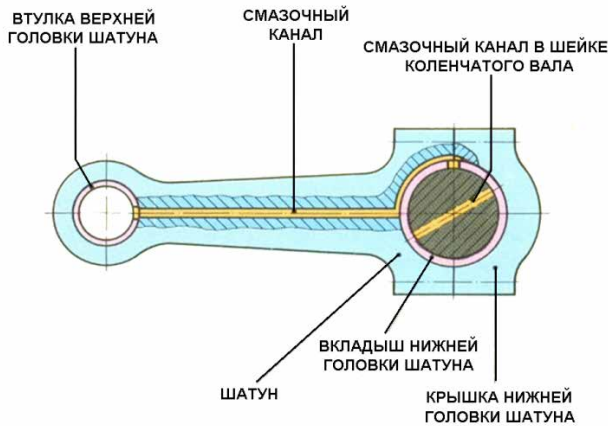


Рисунок 33-НВ21: Принудительное смазывание втулки верхней головки шатуна; источник: *Westermann*

В ряде случаев верхнюю головку шатуна снабжают улавливающим устройством в виде воронки с каналом, соединяющим воронку с внутренней поверхностью втулки верхней головки шатуна. Моторное масло, стекающее с внутренней поверхности поршня, через улавливающую воронку поступает к трущимся поверхностям втулки и поршневого пальца. Нижняя головка шатуна совместно с крышкой охватывает поверхность вкладыша шатунной шейки.

В дизельных двигателях из-за высокого давления сгорания топлива в камере сгорания опорная поверхность нижней головки шатуна должна иметь большую, чем у бензиновых двигателей площадь. Поэтому шатунная шейка имеет больший диаметр, а это значит, что нижняя головка шатуна по внешнему габаритному размеру оказывается больше диаметра цилиндра.

Чтобы позволить производить монтаж собранных деталей шатунно-поршневой группы через цилиндр, выполняют косой разрез нижней головки шатуна (см. рис. 33-НВ22).

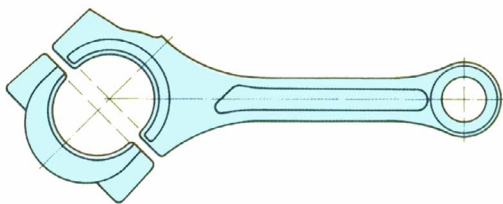


Рисунок 33-НВ22: Косой стык крышки шатуна со стержнем; источник: *Westermann*

В качестве подшипника нижней головки шатуна, как правило, назначается составной подшипник скольжения, который называют вкладышем шатунной шейки коленчатого вала. В отличие от втулки верхней головки шатуна, неподвижность которой обеспечивается прес-

совой повадкой, неподвижности вкладышей нижней головки шатуна обеспечивается замками (удерживающими выступами), выполненными в теле вкладышей (см. рис. 33-НВ20).

Вкладыши коленчатого вала всегда выполняются многослойными, причем, основой служит стальная лента, на которую различными способами наносят антифрикционные материалы.

Для составных коленчатых валов вкладыш нижней головки шатуна может представлять собой неразъемную втулку. В двухтактных двигателях может использоваться роликовый подшипник качения.

Для изготовления шатунных болтов используют стали, с содержанием углерода не менее 0,3%, поскольку болты из низкоуглеродистых сталей со временем могут растягиваться, ослабляя крепление крышки шатуна.

Шатунные болты испытывают циклические знакопеременные нагрузки, и требуют значительного усилия предварительной затяжки при относительно небольшом их диаметре. Шатунные болты шлифуются по их наружной поверхности, в том числе и галтели – переходы от одного диаметра к другому. Резьба, как правило, не нарезается, а накатывается с помощью резьбонарезных роликов.

Гайки шатунных болтов изготавливаются большей, чем обычные гайки высоты, часто с увеличенной опорной поверхностью. В современных двигателях гайки от отворачивания удерживаются только силами трения, поэтому никаких фиксирующих приспособлений не используется.



ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ:

УКАЗАНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ КОНТРОЛЬНЫХ И СБОРОЧНЫХ РАБОТ

- Если в ходе ремонта возникает потребность в замене втулки верхней головки шатуна, её удаление следует производить с помощью прессы. Для этого используется ступенчатая оправка и упорное кольцо, внутренний диаметр которого больше наружного диаметра втулки.
- Запрессовка новой бронзовой втулки производится с помощью прессы и соответствующей ступенчатой оправки. Рекомендуется производить установку втулки с такой разностью температур между втулкой и верхней головкой шатуна, чтобы втулка вошла в отверстие свободно. Однако, наибольшего качества установки втулки после её запрессовки в верхнюю головку шатуна можно добиться, раскатав втулку инструментом, подобным инструменту для раскатки направляющей клапана.

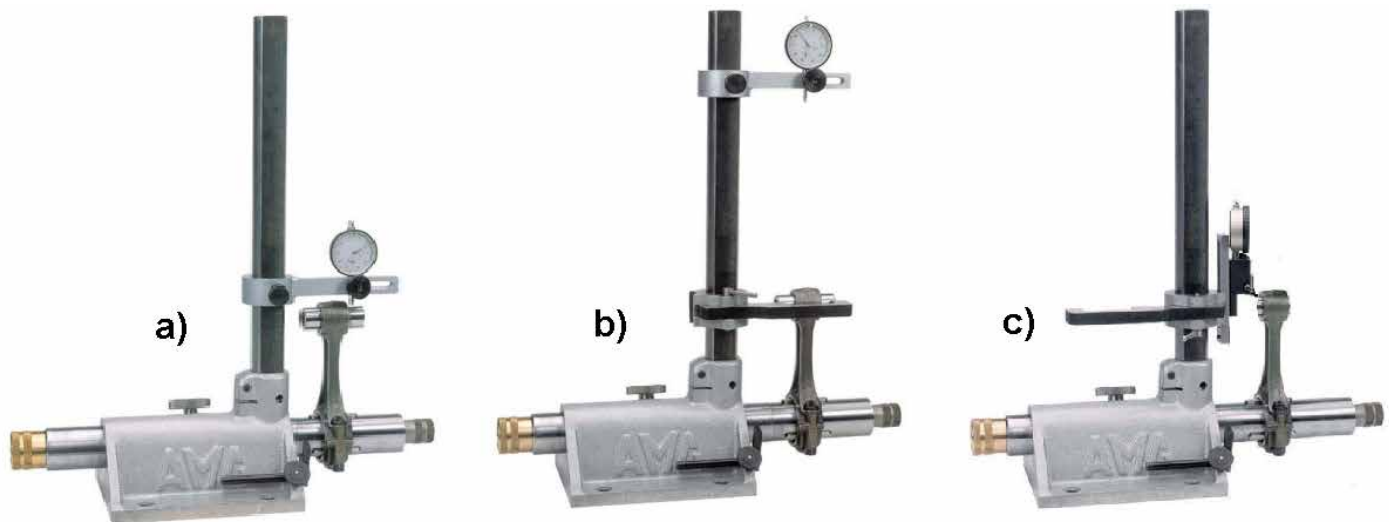


Рисунок 33-*HW23*: Приспособление для проверки шатунов. а) проверка изгиба шатуна; б) проверка шатуна на скручивание; в) проверка верхней головки шатуна на смещение; источник: *AMC-SCHOU A/C*.

- Перед сборкой поршня с шатуном необходимо проверить параллельность осей верхнего и нижнего отверстия с помощью приспособления для проверки шатунов.

На рисунке 33-*HW23a* изображена проверка шатуна на изгиб с помощью двух контрольных проверок на краях поршневого пальца. Для этого нижняя головка шатуна крепится на оправке, и производится два последовательных измерения с помощью индикатора циферблатного типа. Сначала производится измерение на одном конце поршневого пальца, затем производится перемещение шатуна на оправке так, чтобы против циферблатного индикатора оказался второй конец поршневого пальца.

На рисунке 33-*HW23b* показана проверка шатуна на скручивание. Для этого на вертикальную стойку крепится держатель с шаблоном, входящим в комплект приспособления. Сравнением расстояния между поверхностью шаблона и поршневого пальца можно определить скручивание стержня шатуна.

На рисунке 33-*HW23c* показана проверка смещения верхней головки шатуна относительно его нижней головки. Измерение производится путем перестановки шатуна двумя сторонами, обращенными к циферблатному индикатору.

Если оси верхнего и нижнего отверстия шатуна не параллельны, то есть шатун изогнут или скручен, или отверстие во втулке верхней головки рассверлено косо, шатун необходимо подвергнуть правке. Если дефект шатуна не исправить, во время работы двигателя будет происходить повышенный износ колец, поршня и гильзы цилиндра.

- При возвратно-поступательном движении поршня, поршневых колец и поршневого пальца, а так же той части шатуна, которая совершает вертикальные перемещения вместе с поршнем, возникают значительные силы инерции. В многоцилиндровых двигателях эти силы инерции компенсируются силами, возникающими при встречном движении поршней. Во избежание раскачки двигателя силами инерции массы деталей, совершающих возвратно-поступательное движение, должны быть уравнены. Для легковых автомобилей допустимый разброс по массе собранных деталей шатунно-поршневой группы не должен превышать 5 граммов; для грузовых автомобилей – не больше 10 граммом.
- Если поршень соединяется с поршневым пальцем горячей посадкой, поршень следует нагреть в масляной ванне до 80°C для установки в него поршневого пальца.

После окончательной сборки поршня с шатуном производится дополнительная проверка собранных деталей шатунно-поршневой группы на соответствующем приспособлении (см. рис. 33-*HW24*).

При проверке на изгиб поршень устанавливается на шатун, нижняя часть поршня должна крепко держаться на ограничителе, а на его верхней части при помощи циферблатного индикатора производится проверка изгиба. Нужно сделать две проверки: по одной с обеих сторон поршня. Поэтому после первой проверки шатун снимается с оправки и затем помещается на оправку обратной стороной.

- Поскольку шатун и коленчатый вал могут иметь различные значения теплового расширения, между боковой поверхностью нижней головки шатуна и

торцевыми поверхностями шатунной шейки должен быть зазор.



Рисунок 33-*HW24*: Проверка собранных деталей шатунно-поршневой группы; источник: *AMC-SCHOU A/C*.

ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

Подшипники скольжения коленчатого вала предназначены для восприятия сил, возникающих при возвратно-поступательном движении деталей шатунно-поршневой группы.

По направлению действия нагрузки, возникающие в опорах коленчатого вала, различаются на:

- Радиальные нагрузки, воспринимаемые радиальными подшипниками;
- Осевые нагрузки, воспринимаемые упорными подшипниками.

Радиальные подшипники воспринимают силы, действующие перпендикулярно оси вращения коленчатого вала двигателя (см. рис. 33-*HW25*).

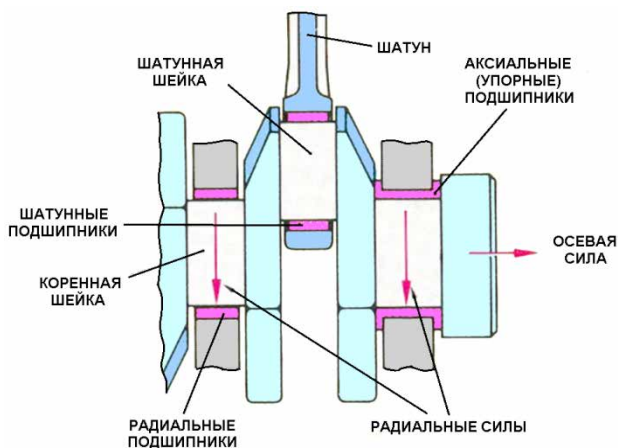


Рисунок 33-*HW25*: Радиальные и аксиальные (осевые) силы, действующие на подшипники коленчатого вала; источник: *Westermann*

В коленчатом валу осевые силы возникают в основном при включении и выключении сцепления.

Для восприятия радиальных сил один из подшипников коленчатого вала выполнен в виде подшипника двойного назначения – радиально-упорного, или на одной из шеек коленчатого вала устанавливаются упорные полукольца, толщиной которых достигается допустимое осевое перемещение коленчатого вала.

Подшипники скольжения, как правило, изготавливают многослойными, в основе которых лежит стальная лента. Количество слоев фрикционного материала может быть различным, среди них:

- Однослойные подшипники;
- Двухслойные подшипники;
- Трехслойные подшипники скольжения.

Однослойные подшипники

Сплошные, массивные или однослойные подшипники применяются в основном на двигателях с картером коленчатого вала (блоком цилиндров двигателя) из легкого сплава.

В качестве материалов для однослойных вкладышей используются:

- Алюминиевые сплавы;
- Цинковые сплавы;
- Медные сплавы с добавлением цинка или свинца;
- Медно-оловянные, медно-цинковые сплавы, или медно-цинковые с добавлением олова сплавы.

Подшипники скольжения показаны на рисунке 33-*HW26*.

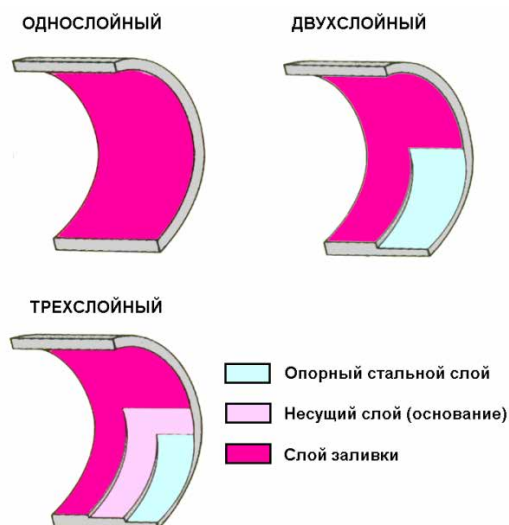


Рисунок 33-*HW26*: Подшипники скольжения коленчатого вала; источник: *Westermann*

Для средненагруженных двигателей подшипники скольжения коленчатого вала изготавливаются путем гальванического нанесения слоя заливки на вкладыш из легкого сплава.

Двухслойный подшипник

Двухслойные подшипники скольжения изготавливаются следующим способом:

- Стальная основа для вкладыша;
- Тонкий антифрикционный слой.

В основе вкладыша лежит стальная лента из мартеновской стали с содержанием 0,1% углерода, с добавлением марганца, фосфора и серы. Это повышает прочность и сопротивление разрушению при длительных нагрузках. Основа вкладыша имеет приемлемые антифрикционные свойства, позволяющие при износе антифрикционного слоя подшипника скольжения принимать нагрузку, не нанося большого вреда поверхности шеек коленчатого вала.

Антифрикционный слой подшипника скольжения (слой заливки) – это сплав алюминия (*Al*), олова (*Sn*) и меди (*Cu*).

Трехслойные подшипники

Трехслойные подшипники скольжения – это подшипники с высокой несущей способностью. Они предназначены для применения в высоконагруженных бензиновых и дизельных двигателях.

Три слоя в подшипнике представляют собой:

- Основу, изготовленную из стальной ленты;
- Несущий слой, или подложку;
- Слой заливки (антифрикционный слой).

Стальная лента, служащая основой подшипника, изготавливается из мартеновской стали с содержанием углерода 0,1%.

Несущий слой представляет собой слой медно-оловянного сплава с добавлением свинца. Антифрикционный слой представлен сплавом, именуемым баббитом, и состоящим из сплава свинца с оловом с добавлением меди.

Толщина антифрикционного слоя составляет от 0,022 до 0,1 мм.

Пограничный слой никеля толщиной 0,0015 мм между несущим слоем и слоем заливки не позволяет компонентам антифрикционного слоя перемещаться в подложку.

Подшипники, предназначенные для восприятия осевой нагрузки, покрываются антифрикционным слоем по их торцевым поверхностям.

Размеры и обозначения в подшипниках скольжения

Разница между наружным диаметром вкладыша, измеренного по поверхности разъема, и внутренним диаметром постели подшипника обозначается, как мера распора (см. рис. 33-НВ27).

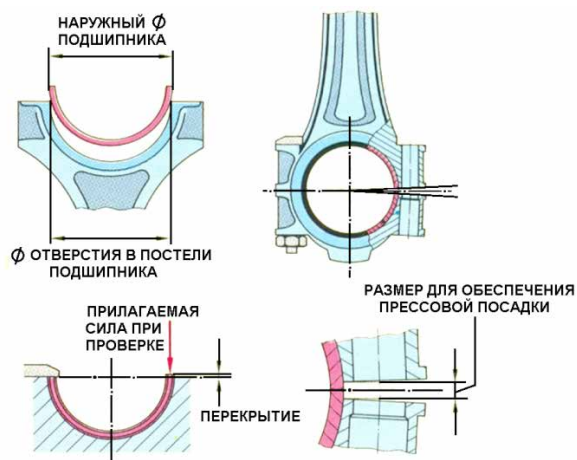


Рисунок 33-НВ27: Организация распора вкладыша в шатуне и крышке шатуна, и обеспечение прессовой посадки вкладыша в постели подшипника перекрытием вкладыша; источник: *Westermann*

Распор подшипника обеспечивает встраивание подшипника в постель, и его удержание в постели при монтаже деталей шатунно-поршневой группы в цилиндр двигателя, и крышки шатуна на коленчатый вал двигателя.

После установки вкладыша в постель шатуна его следует прижать к постели с помощью шатунной крышки, надетой на шатун. Без затяжки крышки подшипника на одной из сторон шатуна должно получиться перекрытие, размер которого зависит от диаметра постели, и варьируется в пределах 0,1 мм. Если крышку шатуна притянуть гайками с предписанным моментом затяжки (узнать момент затяжки следует в руководстве по ремонту) затянутый вкладыш получит необходимую прессовую посадку. Перекрытие (вспомогательный размер) необходим для обеспечения прессовой посадки вкладыша в постели (см. рис. 33-НВ27).

Если вкладыш подшипника оснащен замочным выступом, который вставляется в соответствующий паз постели подшипника, перекрытие должно располагаться с противоположной замку стороне. Тонкостенный двух- и трехслойный вкладыш подшипника оснащен удерживающим выступом (замком) который предотвращает проворачивание вкладыша в постели во время вращения коленчатого вала.

Разница между диаметром шатунной шейки коленчатого вала и диаметром подшипника скольжения в собранном и затянутом с предписанным моментом состоянии,

является зазором между шатунным подшипником и шатунной шейкой коленчатого вала. Зазор в подшипнике может быть измерен с помощью специального полимерного калибра (*Plastigauge*).



РЕМАРКА:

PLASTIGAUGE® - измерительная пластиковая калиброванная проволока для точного измерения зазора между сопряженными поверхностями. Самое широкое применение, *PLASTIGAUGE* нашла в автомобильной промышленности, для измерения радиального зазора в подшипниках скольжения, например, шатунов, где измерение плоским щупом неосуществимо.

Измерительные полосы для подшипников скольжения *PLASTIGAUGE* представляют простую и в тоже время точную возможность измерения зазоров и величин зазоров.



Краткое изложение изученного материала



РЕМАРКА:

В отличие от учебника, предназначенного для изучения в классе, в учебнике для самостоятельного изучения приведены термины и основные формулировки на двух языках: немецком и русском. Конечно же, Вы можете проигнорировать формулировки, приведенные на иностранном языке, однако Ваша, повседневная работа потребует знаний языков, и часто Вам придется быть один-на-один с базой данных или диагностическим оборудованием, которое не всегда качественно и достоверно переведено на русский язык. 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 и/или немецкие тексты, и безошибочно находить необходимую информацию, установочные и регулировочные параметры, читать и понимать указания производителя транспортного средства, диагностического и регулировочного оборудования



Термины, которые Вы должны знать.

Abrasiv = Абразив (абразивный износ)

Anlagewechsel = Перекладка поршня

Anreißer = Места появления следов трения

Assembly = Сборка (ремкомплект поршня с цилиндром)

Asymmetrisch = Асимметричность

Balligkeit = Бочкообразность

Blechmantel = Металлическая оболочка

Blechmantelbildung = Образование металлической оболочки

Blow-by = Прорыв газов в картер

Bruchverlauf = Направленный излом

Cetanzahl = Цетановое число

Chiptuning = Чиптюнинг (электронный тюнинг)

Dauerbruch/Dauerschwingbruch = Усталостное разрушение

Dauerklopfen = Продолжительное детонационное сгорание

Deachsierung = Относительное смещение осей

Druckseite = Сторона нагнетания

Erosion = Эрозия

Expansionshub = Рабочий ход

Gegendruckseite = Сторона противодействия

Gewaltbruch = Статический излом (при воздействии однократной нагрузки)

Glühzündung = Калильное зажигание

Graphitadern = Графитовые прожилки

Graphitfreilegungsquote = Процент вскрытия зерен графита

Honbürsten = Щеточное хонингование

Honen = Хон

Honstruktur = Хонингование (конечная обработка поверхности цилиндра)

Kavitation = Кавитация (кавитационное разрушение)

Kipprichtung = Качающееся движение шатуна

Klopfestigkeit = Антидетонационные свойства

Kolbenabwärtsbewegung = Нисходящее движение поршня (на такте впуска или при рабочем ходе)

Kolbenaufwärtsbewegung = Восходящее движение поршня (на такте сжатия или на такте выпуска отработавших газов)

Kolbeneinbauspiel = Монтажный (установочный) зазор

Kolbenkippen = Перекладка поршня

Kolbenlaufspiel = Рабочий зазор поршня

Kolbentragbild = Пятно контакта поршня

Kolbenüberstand = Выступ поршня (характерен для дизельного двигателя)

Kraftstoffüberschwemmung = Топливное переполнение

Kühlkanalkolben = Каналы охлаждения в поршне

Mangelschmierung = Недостаток смазки

Materialeinfall = Деформация материала

Mischreibung = Полусухое трение

Ölverdünnung = Разжижение масла

Plateauhonen = Плато-хонингование

Pressfit = Исполнение «Pressfit»: Сухая гильза, которая после введения в блок требует дополнительной обработки

Quetschfläche = Поверхность сжатия
Rasterlinien = Растровые линии
Reiber = Место истирания
Ringträger = Вставка под поршневое кольцо
Rollspuren = Извилистые дорожки износа
Schlackenzeile = Закоксывание (образование шлака)
Schleuderöl = Центробежное движение (разбрызгивание) масла
Schrägläufer = Работающий с перекосом поршень

Schrumpfpleuel = Несоосность шатуна
Slipfit = Исполнение «*Slipfit*»: Сухая гильза цилиндра после ввода которой не требуется дополнительная обработка
Tangentialspannung = Касательное напряжение
Totpunkt = Мертвая точка
Vorkammer = Предкамера
Wirbelkammer = Вихревая камера



Основные формулировки и расшифровки понятий, применяемых в главе 33НВ

(Краткое изложение материала на немецком и русском языках позволит Вам подготовиться к сертификации, а преподавателям иностранного языка подобрать тематику занятий, приближенную к изучаемому материалу).

<i>Die durch den Verbrennungsdruck entstandene Kolbenkraft über die Pleuelstange zur Kurbelwelle zu leiten. Dort wird durch die Kröpfung der Kurbelwelle ein Drehmoment erzeugt.</i>	Давление, возникающее при сгорании топлива в цилиндре двигателя, действует на поршень, и через поршневой палец передаётся на шатун. Шатун передает усилие на кривошип коленчатого вала, производя крутящий момент.
<i>Die Bauteile des Kurbeltriebs sind:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Kolben mit Kolbenringen und Kolbenbolzen, • Pleuelstange mit Pleuellager, • Kurbelwelle mit Kurbelwellenlager • Schwungrad. 	В состав кривошипно-шатунного механизма входят: <ul style="list-style-type: none"> • Поршень с поршневыми кольцами и поршневым пальцем; • Шатун с шатунным подшипником; • Коленчатый вал с подшипниками коленчатого вала; • Маховик
<i>Die Führungsbahn des Kolbens ist die Zylinderbohrung Diese ist eine druckbeanspruchte Gleitbahn.</i>	Направляющей поверхностью поршня является диаметральной поверхностью цилиндра. Нагружаемый давлением поршень скользит вдоль направляющей.
<i>Der Kolben bewegt sich zwischen den zwei Totpunkten OT und UT.</i>	При совершении возвратно-поступательного движения поршень перемещается между двумя точками: Верхней мертвой точкой (ВМТ) и Нижней мертвой точкой (НМТ).
<i>Die Größe der Kolbenkraft F_K in Richtung der Zylinderachse wird beeinflusst durch den Verbrennungsdruck und die Massenkräfte.</i>	На величину силы F_K , действующей на поршень, и направленную вдоль оси цилиндра, влияют давление сгорания и силы инерции.
<i>Die Massenkräfte werden verursacht durch die hin- und hergehenden Massen des Kolbens mit den Ringen, dem Kolbenbolzen und einem Teil der Pleuelstange.</i>	Силы инерции возбуждаются возвратно-поступательно движущимися массами поршня, поршневыми кольцами и частью шатуна.
<i>Die Kolbenseitenkraft tritt bei jeder Schräglage der Pleuelstange auf. Sie drückt den Kolben wechselseitig gegen die Zylinderwand</i>	Боковое усилие поршня возникает всегда, при каждом наклонном положении шатуна. Оно прижимает поршень к стенке цилиндра.
<i>Die Kolbenseitenkraft ist aufgrund des höchsten Verbrennungsdrucks nach dem OT am größten.</i>	Самое большое боковое усилие поршня возникает от давления в конце сгорания после ВМТ.
<i>Der Kolbenbolzen wird außermittig angeordnet, die Bolzenachse in Richtung der Druckseite des Kolbens verschoben. Dadurch erfolgt ein früher Seitenwechsel des Kolbens vor OT der die Bildung eines dämpfenden Ölfilms begünstigt.</i>	Поршневой палец располагается эксцентрично, со смещением оси пальца в сторону нагнетания поршня. Вследствие этого происходит ранняя смена боковой опоры поршня, что оказывает благоприятное воздействие на образование смягчающей масляной пленки.
<i>Die Druckseite eines Kolbens ist die Seite, auf die während des Arbeitsspiels der größte Druck wirkt.</i>	Сторона нагнетания поршня – это сторона поршня, которая подвергается самому большому давлению во время рабочего хода.
<i>Der Kolbendurchmesser d wird am unteren Schaftende quer zur Kolbenbolzenachse gemessen.</i>	Диаметр поршня измеряется в нижней его части в поперечном к оси поршневого пальца направлении

<i>Die Oberflächenform des Kolbenbodens wird durch die konstruktive Gestaltung des Verdichtungsraums beeinflusst.</i>	На форму верхней поверхности поршня оказывает влияние конструктивные особенности камеры сгорания.
<i>Häufig sind Unebenheiten (Mulden) für die Ventile oder, speziell bei Dieselmotoren, Verbrennungsmulden im Kolbenboden erforderlich, damit die Verbrennungsgase besser verwirbelt werden.</i>	Часто на днище выполнены углубления (мульды) для клапанов, или, особенно для дизельного двигателя, камеры сгорания, необходимые для того, чтобы газообразные продукты лучше завихрялись.
<i>Die Abdichtung zwischen Verbrennungsraum und Kurbelgehäuse übernehmen die Kolbenringe.</i>	Поршневые кольца обеспечивают уплотнение между камерой сгорания и картером.
<i>Durch eine gute Kühlung des Kolbenbodens ist eine Steigerung der Motorleistung möglich, weil die Dichte der Luft mit abnehmender Temperatur zunimmt und dadurch die Menge der Frischladung größer wird.</i>	При хорошем охлаждении поршня возможно повышение мощности двигателя, так как плотность воздуха с уменьшением температуры повышается, и, вследствие этого, увеличивается масса свежего заряда.
<i>Ist der Kolbenboden, speziell in Dieselmotoren, einer hohen thermischen Belastung ausgesetzt, wird dieser zusätzlich durch Öl gekühlt.</i>	Если днище поршня, что характерно для дизелей, подвержено высокой тепловой нагрузке, необходимо производить дополнительное охлаждение моторным маслом.
<i>In einem betriebswarmen Motor herrschen unterschiedliche Temperaturen am Kolben. Die Temperatur am Kolbenboden ist erheblich höher als am Schaft. Dadurch dehnt sich der Kolben in den entsprechenden Kolbenzonen unterschiedlich aus.</i>	При рабочем процессе в поршне господствуют различные температуры. Температура днища поршня значительно выше температуры юбки поршня. Вследствие этого поршень расширяется в различных областях по-разному.
<i>Das Kolben-Nennspiel ist die Differenz zwischen dem Zylinderdurchmesser und dem größten Kolbendurchmesser, der durch die Balligkeit und Ovalität vorgegeben wird.</i>	Номинальный зазор поршня - это разница между диаметром цилиндра и самым большим диаметром поршня, который определяется его бочкообразностью и овальностью.
<i>Die Kolbenausdehnung kann durch den Einbau von Regelgliedern so beeinflusst werden, daß sich die Kolbenform bei Erwärmung nur wenig ändert und ein Kolben mit einem kleineren Spiel eingebaut werden kann. Regelglieder sind Stahlbleche oder -ringe, die in den Kolben eingegossen werden.</i>	На расширение поршня могут оказать влияние встраиваемые регулирующие элементы, так что форма поршня при нагреве изменяется настолько мало, что может устанавливаться поршень с более маленьким зазором. Регулирующие элементы представляют собой элементы их листовой стали или стальные кольца, которые заливаются в материал поршня.
<i>Die Kolben werden überwiegend im Kokillenguß gefertigt. Thermisch und mechanisch hochbelastete Kolben werden durch Warmfließpressen gefertigt.</i>	Поршни преимущественно изготавливаются методом литья в кокиль. Поршни, подверженные высоким механическим и термическим нагрузкам, изготавливаются прессованием в горячем состоянии.
<i>Ölgekühlte Kolben (Kühlraumkolben) werden aus mehreren Teilen zusammengebaut. Der Kolbenboden aus hochwertigem Stahl oder Gußeisen wird mit dem restlichen Kolbenteil verschraubt.</i>	Поршни, охлаждаемые маслом (поршни с охлаждающей полостью) монтируются из нескольких частей. Днище поршня из высококачественной стали или чугуна свинчивается с оставшейся частью поршня.
<i>In viele Motoren müssen die Kolben nach Anweisung der Hersteller in einer bestimmten Richtung zur Motorachse eingebaut werden.</i>	В большей части двигателей поршни, согласно указаниям производителя, должны устанавливаться в определенном направлении относительно оси двигателя.
<i>Kolben mit versetztem Kolbenbolzen werden so eingebaut, daß der Bolzen zur Druckseite hin versetzt ist.</i>	Поршни с эксцентрическим расположением поршневого пальца устанавливаются в цилиндр так, чтобы эксцентричный палец имел смещение к стороне нагнетания.
<i>Die Kolbenringe werden nach ihren Aufgaben in Verdichtungs- und Ölabstreifringe unterteilt.</i>	Поршневые кольца по решаемым ими задачам подразделяются на компрессионные и маслосъемные и кольца.
<i>Damit der Kolbenring gut abdichtet, muß er federnd der Zylinderwand folgen. Zur Erzeugung des Radialdruckes, der den Ring gegen die Zylinderwand preßt, erhält der Ring die Form einer offenen Ringfeder.</i>	Для того чтобы кольцо хорошо выполняла возложенные на него функции оно должно упруго следовать по стенке цилиндра. Для формирования радиального усилия, которое заставляет кольцо плотно прилегать к стенке цилиндра, ему продается форма открытого пружинного кольца.

<i>Die Form der Kolbenringe wird durch den Verwendungszweck festgelegt.</i>	Форма поршневого кольца продиктована его назначением.
<i>Der Abstand der Kolbenringenden bei eingebautem Kolben wird als Stoßspiel bezeichnet. Zur Messung des Stoßspiels muß sich der Kolbenring im Zylinder senkrecht zur Zylinderwand befinden. Das Stoßspiel wird mit einer Fühlerlehre gemessen.</i>	Расстояние между концами поршневого кольца, установленного с поршнем в цилиндр, определяется как тепловой зазор. Для измерения теплового зазора поршневое кольцо должно находиться в цилиндре вертикально к стенкам цилиндра. Тепловой зазор измеряется -толщиномером.
<i>Der Abstand zwischen Kolbenringnut und Kolbenringflanke wird als Höhenspiel bezeichnet.</i>	Расстояние между канавкой под поршневое кольцо и боковой поверхностью поршневого кольца обозначается как зазор по высоте.
<i>Der Kolbenbolzen überträgt die Kolbenkraft auf die Pleuelstange. Um die hin- und hergehenden Massen gering zu halten, ist der Kolbenbolzen rohrförmig gestaltet.</i>	Поршневой палец переносит действующую на поршень силу на шатун. Чтобы уменьшить массу совершающих возвратно-поступательные движения деталей, поршневой палец изготовлен в виде трубки.
<i>Kolbenbolzen für Ottomotoren werden häufig durch eine Schrumpfverbindung in der Pleuelstange gehalten (Schrumpfpleuel). Eine Bolzensicherung wird dadurch eingespart.</i>	Поршневые пальцы Отто-моторов (бензиновых двигателей) часто соединяются с шатуном горячим прессованием (зажимающий шатун). Вследствие этого экономится стопорящее приспособление.
<i>In hochbeanspruchten Otto- und Dieselmotoren wird ein »schwimmend« gelagerter Kolbenbolzen bevorzugt. Er muß gegen seitliches Auswandern gesichert werden. Es werden überwiegend federnde Sicherungsringe verwendet.</i>	В высоконагруженных бензиновых и дизельных двигателях предпочтение отдается «плавающему» соединению, в которых поршневой палец установлен в подшипнике скольжения. Палец должен удерживаться от осевого перемещения. Для удержания пальца преимущественно применяются стопорные кольца.
<i>Die Pleuelstange verbindet den Kolben mit der Kurbelwelle. Sie überträgt die Kolbenkraft auf die Kurbelwelle.</i>	Шатун связывает поршень с коленчатым валом. Она переносит действующую на поршень силу на коленчатый вал.
<i>Das kleine Pleuelauge wird als ungeteiltes Lager ausgebildet.</i>	Маленькая верхняя шатунная головка формируется как неразъемный подшипник.
<i>Für eine gute Schmierung im Lager des Pleuelauges kann eine Längsbohrung im Pleuelstangenschaft vorhanden sein. Eine weitere Möglichkeit bietet eine Auffangmulde im Pleuelauge mit einer Bohrung zum Kolbenbolzen.</i>	Для качественного смазывания подшипника верхней головки шатуна в стержне шатуна выполняется продольный канал. В ряде случаев в верхней головке шатуна выполняется улавливающая масло муфта, которая соединена каналом с втулкой поршневого пальца.
<i>Bei Dieselmotoren wird der Pleuefuß wegen der hohen Drücke häufig breiter ausgelegt als der Zylinderdurchmesser. Um einen Ausbau durch die Zylinderbohrung dennoch zu ermöglichen, wird der Pleuefuß schräg.</i>	В дизельных двигателях из-за высоких давлений нижняя часть шатуна часто шире диаметра цилиндра. Чтобы обеспечить демонтаж через цилиндрическое отверстие разрез нижней головки шатуна часто делают косым.
<i>Als Pleuellager wird meist ein geteiltes Gleitlager vorgesehen.</i>	В большинстве случаев в нижней головке шатуна применяется составной подшипник скольжения.
<i>Die Lagerschalen sind dünnwandige Mehrstoff-Lager mit Stahlrücken.</i>	Вкладыши подшипника – это многослойные подшипники скольжения с основанием из стали.
<i>Die Pleuelschrauben werden stets auf Zug beansprucht. Da sie während des Richtungswechsels auch einer Stoßbeanspruchung ausgesetzt sind, werden Dehnschrauben verwendet.</i>	Винты шатуна всегда испытывают растягивающую нагрузку. Так как при перемене направления движения винты испытывают ударную нагрузку, применяют невыпадающие винты (винты с полным телом).
<i>Die Gleitlager an der Kurbelwelle nehmen die Kräfte auf, die bei der hin- und hergehenden Bewegung des Kolbens entstehen.</i>	Подшипники скольжения коленчатого вала воспринимают силы, которые возникают при возвратно-поступательном движении поршня.
<i>Nach der Belastungsrichtung werden unterschieden: Radiallager (Querlager), Axial Lager (Längslager).</i>	По направлению действия нагрузки различаются на: радиальные (радиальные подшипники), и осевые (аксиальные), воспринимаемые упорными подшипниками.

<i>Nach den Werkstoffschichten werden unterschieden: Einschichtlager, Zweischichtlager, Dreistoff- oder Dreischichtlager.</i>	В соответствии с количеством слоев различных материалов подшипники бывают: однослойными, двухслойными и трехслойными или подшипниками скольжения с трехслойным вкладышем.
<i>Die Differenz zwischen dem Außendurchmesser einer Halbschale (gemessen über der Trennfläche) und dem Durchmesser der Bohrung im Kurbelgehäuse wird als Spreizmaß bezeichnet.</i>	Разница между наружным диаметром основной части корпуса подшипника и диаметром гнезда в картере обозначается, как мера распора.
<i>Die Spreizung der Lagerschale erleichtert den Einbau, da sie dadurch während der Montage nicht aus dem Lagerdeckel fallen kann.</i>	Распор подшипника облегчает монтаж, не позволяя вкладышу выпасть из гнезда подшипника при монтажных работах.
<i>Ohne den Lagerdeckel festzuziehen, muß sich auf einer Seite ein Spalt ergeben, der je nach Lagerdurchmesser bis 0,1 mm betragen soll. Ein Maß (als Hilfsmittel) für die Größe des Preßsitzes ist die Überdeckung.</i>	Без затяжки подшипника на одной из сторон должно получиться перекрытие, размер которого зависит от диаметра подшипника, и составляет до 0,1 мм. Это выступание части подшипника, называемое перекрытием, необходимо для обеспечения прессовой посадки подшипника.
<i>Wird eine Lagerschale mit einseitigem Anschlag in die Gehäusebohrung eingelegt, so steht sie am anderen Ende um das Maß der Überdeckung über.</i>	Если вкладыш подшипника оснащен односторонним фиксирующим выступом, то при установке вкладыша в постель перекрытие должно располагаться со стороны, противоположной выступу.
<i>Dünnwandige Zwei- und Dreischichtlager werden zur Sicherung gegen Verdrehen und Herausschieben mit Haltenasen.</i>	Тонкостенный 2- и 3-слойный подшипник оснащен удерживающим выступом, предохраняющим подшипник от проворачивания.
<i>Die Differenz zwischen dem Pleuel- oder Hauptlagerzapfendurchmesser und dem Durchmesser der unter Preßsitz befindlichen Lagerschale ist das Lagerspiel. Das Lagerspiel kann gemessen oder mit einem Kunststoffaden ermittelt werden.</i>	Разница между диаметром коренной или шатунной шейки и диаметром подшипника, находящегося в прессовой посадке в постели подшипника – это зазор в подшипнике. Зазор в подшипнике может быть измерен с помощью специальной полимерной калибровочной проволоки.



Вопросы и задания 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. Если задание включает составление эскиза, аккуратно изобразите требуемую деталь, или совокупность деталей, и нанесите необходимые надписи, векторы сил и т.п.

1. Перечислите детали шатунно-поршневой группы, совершающие возвратно-поступательное движение при работе двигателя.
2. Графическое задание. Изобразите тангенциальную (касательную) силу, действующую на шатунную шейку коленчатого вала двигателя при давлении в цилиндре 54 кг/см^2 , диаметр цилиндра двигателя 80 мм, при ходе

поршня 74 мм. Длина шатуна 100 мм, а угол поворота коленчатого вала от ВМТ составляет 45° . Принять масштаб 5000 Ньютон в 1 сантиметре.

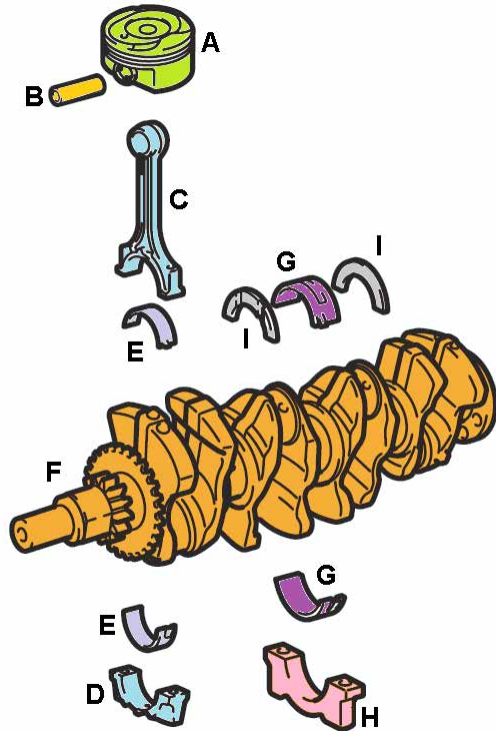
3. Перечислите пять основных задач, решаемых поршнем в двигателе.
4. Назовите пять конструктивных разновидностей поршней.
5. Обоснуйте различие температурного распределения в поршне бензинового и поршне дизельного двигателя.
6. Опишите принцип действия терморегулирующей вставки в поршне.
7. Перечислите основные компоненты лёгкого сплава, из которого сделан поршень.
8. Объясните, на что следует обратить особое внимание при установке поршня в цилиндр двигателя?
9. Объясните, какими свойствами должен обладать поршневой палец?
10. Опишите четыре формы поршневых пальцев.
11. Перечислите три основных функции поршневых колец.
12. Расскажите о пяти основных формах поршневых колец, и обозначьте основные свойства каждой из форм.
13. Расскажите о нагрузках, воспринимаемых шатуном во время работы двигателя.

14. Изобразите шатун и нанесите на эскиз надписи, обозначающие основные элементы шатуна.
15. Расскажите об основных силах, действующих на коленчатый вал двигателя во время его работы.
16. Объясните, в чем состоят основные преимущества литых шатунов по сравнению с «коваными» шатунами?
17. Изобразите схему трехслойного подшипника скольжения, и обозначьте наименование каждого из его слоев.
18. Объясните значение перекрытия при установке на место вкладыша подшипника скольжения шатуна.



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

1. Два техника обсуждают роль и функциональные назначения деталей кривошипно-шатунного механизма.



Техник А утверждает, что на шатун (позиция С) действуют силы давления горящих газов и силы инерции, которые возникают при перемещении совершающих возвратно-поступательные движения деталей двигателя. К этим деталям можно отнести: поршень с поршневыми кольцами (позиция А), поршневой палец (позиция В) и часть шатуна (позиция С).

Техник В утверждает, что шатун (позиция С) преобразует движение поршня, на который действует давление горящих газов, во вращательное движение коленчатого вала (позиция F). Для этого поршень (позиция А) крепится к верхней головке шатуна с помощью поршне-

вого пальца (позиция В), а нижняя головка шатуна с помощью вместе с крышкой шатуна (позиция D) охватывают шатунную шейку коленчатого вала.

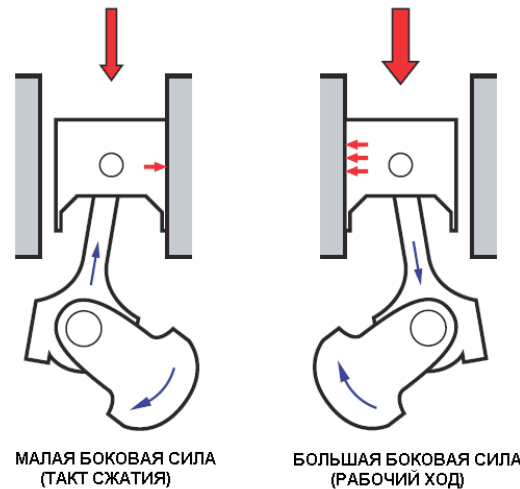
Кто из техников высказывает наиболее правильное предположение?

Только техник А	
Только техник В	

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

3. Обсуждаются силы, действующие на стенку цилиндра со стороны поршня.

ДАВЛЕНИЕ НА ТАКТЕ СЖАТИЯ ДАВЛЕНИЕ ПРИ РАБОЧЕМ ХОДЕ



Техник А утверждает, что основной опорной поверхностью, подверженной наибольшей боковой нагрузке, является та часть юбки поршня, которая обращена к стенке цилиндра, расположенной по ходу вращения коленчатого вала.

Техник В утверждает, что основной опорной поверхностью, подверженной наибольшей боковой нагрузке, является та часть юбки поршня, которая обращена к стенке цилиндра, расположенной против хода вращения коленчатого вала.

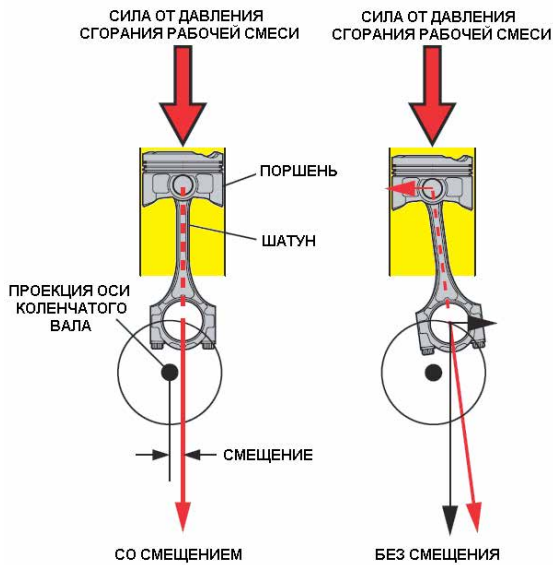
Кто из техников высказывает наиболее правильное предположение?

Только техник А	
Только техник В	

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

2. В ряде конструкций современных двигателей направляющая ось движения, которая является осью цилиндра, смещена относительно оси вращения коленчатого вала. Два техника обсуждают действие сил, которые

формируют полезный крутящий момент, и оказывают дополнительное неблагоприятное действие на детали кривошипно-шатунного механизма.



Техник А утверждает, что смещение проекции оси коленчатого вала по отношению к оси цилиндра позволяет улучшить характеристики двигателя.

- На коленчатый вал в этом случае удастся более эффективно передать усилие от поршня, на который воздействует сгорающая рабочая смесь.
- За счет снижения боковой силы, действующей на цилиндр со стороны поршня, достигается уменьшение трения.

Техник В утверждает, что смещение проекции оси коленчатого вала по отношению к оси цилиндра позволяет произвести раннюю перекладку поршня на сторону нагнетания цилиндра, что позволяет:

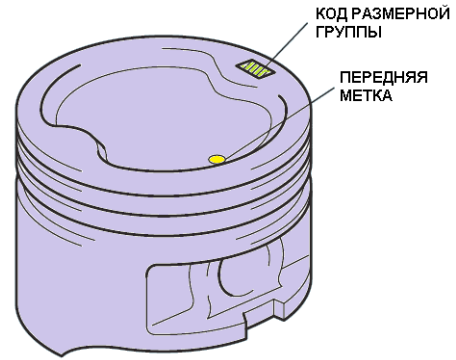
- Снизить силу удара юбки поршня о стенку цилиндра при переходе коленчатого вала через верхнюю мертвую точку, особенно при завершении такта сжатия и начале такта рабочего хода.
- Обеспечить лучшее смазывание трущейся пары поршень-цилиндр, так как при ранней перекладке поршня часть масла, находящееся на стенке цилиндра, отсекается преждевременно прижатой к стенке цилиндра юбкой поршня.

Кто из техников высказывает наиболее правильное предположение?

Только техник А	
Только техник В	

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

4. Обсуждается порядок установки поршня в цилиндр двигателя.



Техник А утверждает, что передняя метка, нанесенная на днище поршня, должна быть направлена в сторону вращения коленчатого вала двигателя.

Техник В утверждает, что передняя метка, нанесенная на днище поршня, должна быть направлена к передней части двигателя, то есть к стороне, противоположной расположению маховика на коленчатом валу двигателя.

Кто из техников высказывает наиболее правильное предположение?

Только техник А	
Только техник В	

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

5. Обсуждается причина покрытия юбки поршня композитным материалом.



Техник А утверждает, что юбку поршня покрывают композитным материалом для лучшей приработки поршня к цилиндру двигателя. В качестве композитного материала на юбку поршня современных автомобильных двигателей наносят тефлон.

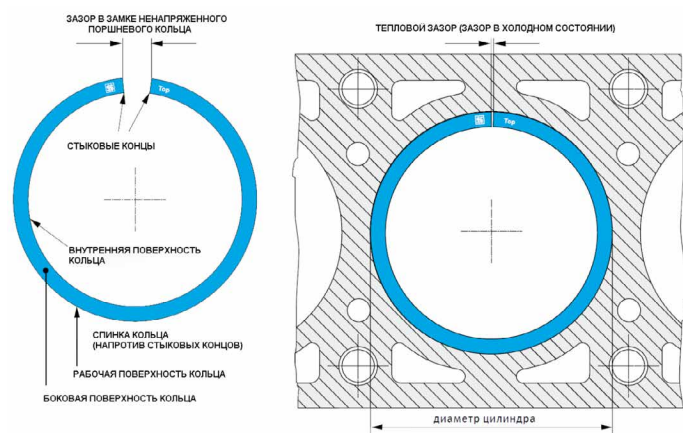
Техник В утверждает, что нанесение покрытия из

композитного материала улучшает скольжение юбки поршня по поверхности цилиндра двигателя, поскольку полосчатость (финишная обработка поверхности поршня в) сочетании с композитным материалом обеспечивают лучшее удержание масла на юбке поршня.

Кто из техников высказывает наиболее правильное предположение?

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

6. Обсуждается процедура подбора поршневых колец по цилиндру двигателя



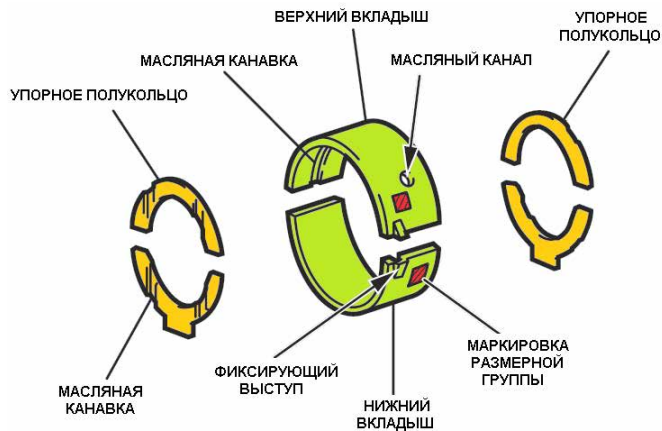
Техник А утверждает, что тепловой зазор в замке кольца должен измеряться при установке кольца в цилиндр, и, в случае необходимости, производится подбор кольца с необходимым тепловым зазором. Величину теплового зазора можно отыскать в Руководстве по ремонту двигателя.

Техник В утверждает, что тепловой зазор в замке кольца измеряется щупом--толщинометром, при этом кольцо должно быть установлено в цилиндр так, чтобы его боковые поверхности составляли с поверхностью цилиндра прямой угол. Этого проще всего добиться, погрузив в цилиндр поршень юбкой вверх. Если зазор мал или отсутствует, следует подпилить стыковые концы кольца напильником.

Кто из техников высказывает наиболее правильное предположение?

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

7. Отметьте только тот вариант рассуждений, который Вы сочтете верным



А	На рисунке изображен комплект вкладышей, который используется для установки на коренную шейку коленчатого вала двигателя.	
В	На рисунке изображен комплект вкладышей, который используется для установки на коренную шейку коленчатого вала двигателя.	
С	Масляный канал на верхнем вкладыше необходим для подачи масла к отверстию, через которое масло разбрызгивается на стенки цилиндра	
Д	Масляная канавка на верхнем вкладыше необходима для обеспечения подачи масла из масляного канала через продольное сверление в стержне шатуна к его верхней головке	

8. На рисунке показана процедура измерения бокового зазора между поршневым кольцом и боковой поверхностью кольцевой канавки.



Техник А утверждает, что измерение бокового зазора должно производиться щупом-толщинометром, и только после установки кольца в кольцевую канавку поршня, поскольку кольцо может иметь несимметричное или трапецевидное сечение.

Техник В утверждает, что зазор между боковой поверхностью кольца и поверхностью кольцевой канавки можно проверить указанным на фотографии способом только в случае, если кольцо не имеет трапецевидного или полу-трапецевидного сечения.

Кто из техников высказывает наиболее правильное предположение?

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

9. Фотография, приведенная в этом задании, показывает...



А.	...проверку свободного вращения кольца в кольцевой канавке поршня
В.	...процедуру установки колец на поршне, замки которых должны быть расположены под углом 120° относительно друг друга.
С.	...процедуру проверки зазора между тыльной поверхностью поршневого кольца и дном кольцевой канавки поршня.
Д.	...процедуру проверки бокового зазора между боковой поверхностью поршня и кольцом.

10. Тепловой зазор в поршневых кольцах необходим для...



А.	...предотвращения поломки колец при их тепловом расширении.
В.	...проникновения горящих газов в пространство между поршнем и компрессионным кольцом, что обеспечивает лучшее уплотнение цилиндра.
С.	...обеспечения свободного перемещения поршня в кольцевой канавке, которое предотвращает закоксовывание кольца, и потерю уплотняющих свойств
Д.	...верными являются утверждения А и В

Материалы перевел, актуализировал и подготовил к публикации Дмитрий Титаренко

В основу положены следующие материалы:

1. Учебник *Geregk, Brhun, Danner, Endruschat, Göbert, Gross, Kommol; Kraftfahrzeugtechnik*; издательство *Wassermann*; 2005;
2. Учебник *James D. Halderman Principles, Diagnosis, and Service*; издательство *Pearson Education, Inc.*; 2012
3. *MS Motor Service International GmbH; Kolbenringsätze* (Комплекты поршневых колец); 2010
4. *MS Motor Service International GmbH; Kolbenschäden – erkennen und beheben* (Повреждения поршня – причины и устранение); 2010