

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АГРОБИЗНЕСЕ
ПРИРОДООБУСТРОЙСТВЕ И ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Кузьменко И.В., Самусенко В.И.

КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ

Учебно-методические указания для выполнения
лабораторной работы по дисциплине: «Тракторы и автомобили»
студентами инженерно-технологического факультета
по направлению подготовки:
35.03.06 Агроинженерия
профиль: Технические системы в агробизнесе
профиль: Технический сервис в АПК
по направлению подготовки:
23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы
профиль: Машины и оборудование природообустройства и
дорожного строительства

УДК 62-231.311 (07)

ББК 34.442

К 89

Кузьменко, И. В. Кривошипно-шатунный механизм: учебно-методические указания для выполнения лабораторной работы по дисциплине: «Тракторы и автомобили» студентами инженерно-технологического факультета по направлению подготовки: 35.03.06 Агроинженерия профиль: Технические системы в агробизнесе профиль: Технический сервис в АПК по направлению подготовки: 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы профиль: Машины и оборудование природообустройства и дорожного строительства / И. В. Кузьменко, В. И. Самусенко. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. – 18 с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы по изучению конструкции кривошипно-шатунного механизма поршневых двигателей внутреннего сгорания. Для студентов инженерно-технологического института.

Рецензент: доцент Будко С.И.

Рекомендовано к изданию решением методической комиссии инженерно-технологического института Брянского ГАУ, протокол №6 от 30 апреля 2019 года.

© Брянский ГАУ, 2019
© Кузьменко И.В., 2019
© Самусенко В.И., 2019

КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия кривошипно-шатунного механизма, конструкцией деталей из которых он состоит, их ролью в работе механизма.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ: изучить детали КШМ с использованием учебно-методического пособия, обучающего видеофильма, рассмотреть механизм и детали его составляющие на разрезах макетов ДВС и натуральные детали КШМ.

ОБОРУДОВАНИЕ, НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ:

Разрезные макеты ДВС, натуральные детали КШМ, плакаты, видеослайды, видеофильмы.

НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО КШМ

Кривошипно-шатунный механизм предназначен для восприятия сил давления газов и преобразования прямолинейного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала.

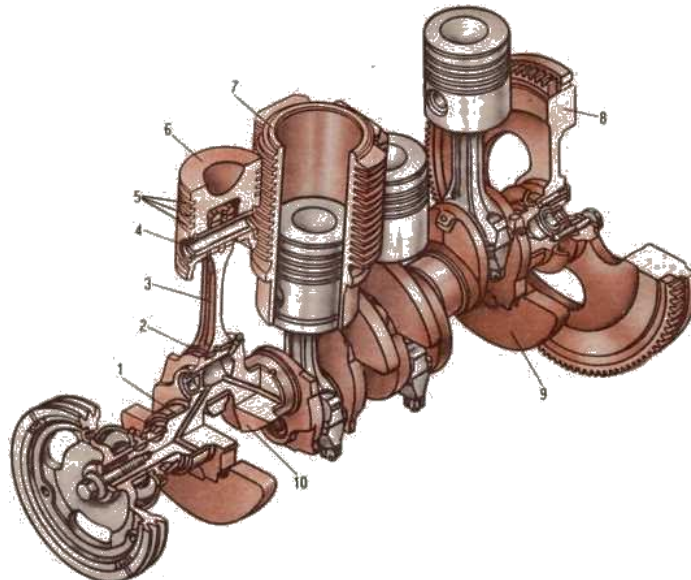


Рисунок 1 - Кривошипно-шатунный механизм:

1 – коренной подшипник; 2 – шатунный подшипник; 3 – шатун; 4 – поршневой палец; 5 – поршневые кольца; 6 – поршень; 7 – цилиндр; 8 – маховик; 9 – противовес; 10 – коленчатый вал.

Он состоит из блок-картера с цилиндрами 7 (рис. 1), поршней 6 с кольцами 5, поршневых пальцев 4, шатунов 3, коленчатого вала 10, маховика 8.

Блок-картер (рис. 2) в однорядных и V-образных автотракторных двигателях с жидкостным охлаждением представляет собой отливку коробчатой формы, верхняя часть которой образует блок цилиндров, а нижняя – верхнюю часть картера коленчатого вала. Блок-картер при работе двигателя воспринимает большие нагрузки от сил давления газов и сил инерции движущихся масс, поэтому он должен обладать повышенной жесткостью и малой массой. Жесткость блок-картера повышают путем постановки перегородок и ребрения внутренней поверхности и понижения плоскости крепления поддона картера относительно оси коленчатого вала.

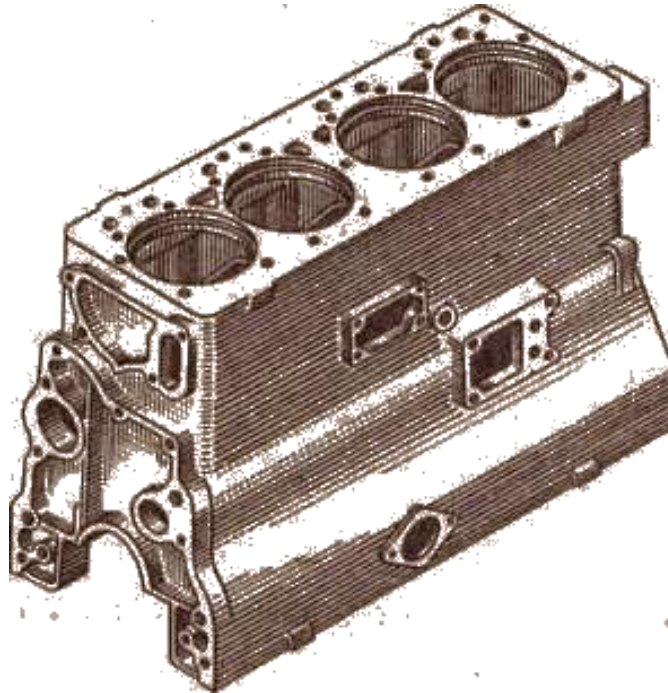


Рисунок 2 – Блок – картер.

Блок-картер представляет собой отлитую из серого чугуна жесткую монолитную коробку, к которой крепят и в которой размещены различные механизмы, агрегаты и отдельные детали. Верхняя часть отливки является блоком цилиндров, а нижняя – картером. К верхней обработанной плоскости блок-картера на шпильках крепят головку цилиндров, к обработанной части передней торцо-

вой плоскости блок-картера – крышку распределительных шестерен, а к задней – картер маховика. В стенках блок-картера расположены каналы для подвода масла к трущимся поверхностям деталей и отверстия для установки подшипников распределительного вала. На наружных поверхностях стенок блок-картера имеются обработанные площадки для крепления различных механизмов и агрегатов.

В верхней части блок-картера предусмотрены вертикальные расточки цилиндров, в которые вставляют гильзы цилиндров. Пространство между внутренними стенками блок-картера и наружной поверхностью цилиндра (гильзы) называют *водяной рубашкой*, оно заполнено охлаждающей жидкостью. Водяная рубашка блок-картера соединена с водяной рубашкой головки цилиндра посредством водоперепускных отверстий. Нижняя часть блок-картера имеет поперечные перегородки, количество которых равно числу коренных опор коленчатого вала. В каждой перегородке расположены гнезда коренных подшипников коленчатого вала. К нижней обработанной плоскости крепят поддон картера. Материалом для изготовления блок-картеров служат серый легированный чугун и алюминиевые сплавы. Блок-картеры двигателей могут быть гильзованными и негильзованными. У автотракторных двигателей блок-картеры выполняют со вставными гильзами.

Поддон картера предназначен для предохранения механизмов и агрегатов двигателя снизу от попадания в них пыли и грязи и служит резервуаром для масла. Поддон в автомобильных двигателях, как правило, штампуется из листовой стали, а в тракторных двигателях поддоны изготавливают как литые, так и штампованные. Поддон имеет маслосливной штуцер и трубку для масломерной линейки. Его крепят к блок-картеру болтами или шпильками. Уплотнение между блок-картером и поддоном достигается установкой прокладки из пробки или паронита.

Гильзы цилиндров(рис. 3)представляют собой тонкостенные пустотелые цилиндры с тщательно отполированной рабочей поверхностью. Рабочую поверхность гильзы цилиндра, по которой перемещается поршень с кольцами,

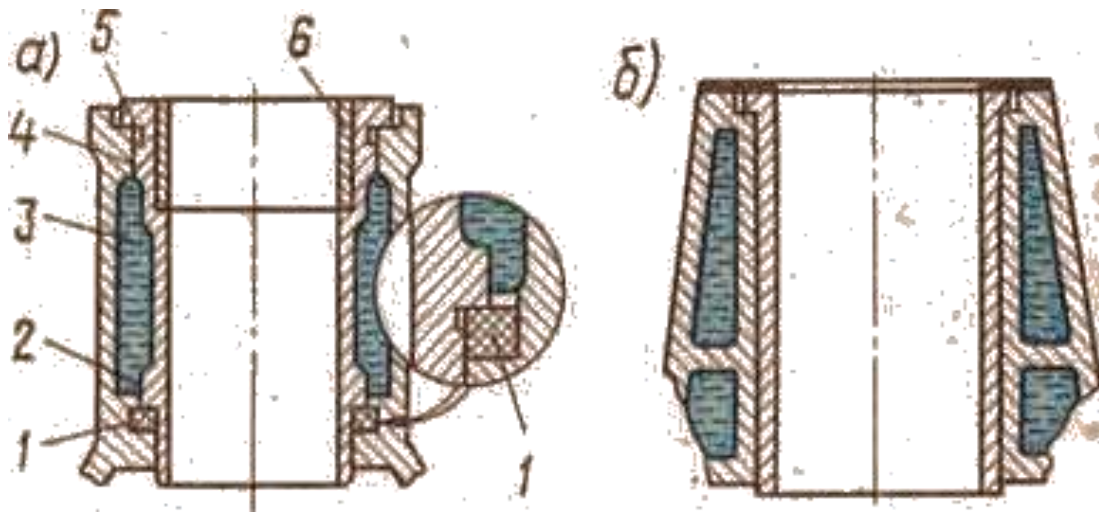


Рисунок 3 - Гильзы цилиндров

называют *зеркалом цилиндра*. В зависимости от способа установки в блок-картере гильзы цилиндров делят на мокрые и сухие. Гильзы, непосредственно омываемые снаружи охлаждающей жидкостью, называют мокрыми (рис. 3, *a*), а гильзы, не омываемые охлаждающей жидкостью и установленные в предварительно расточенные цилиндры блок-картера, – *сухими* (рис. 3, *б*).

Наибольшее распространение имеют мокрые гильзы, так как они обеспечивают лучшую теплоотдачу охлаждающей жидкости. Мокрая гильза в верхней части имеет обработанный буртик 5, которым она входит в кольцевую выточку блока. На наружной цилиндрической поверхности гильзы расположены верхний 4 и нижний 2 посадочные пояса, которыми она плотно входит в центрирующие отверстия блок-картера. Между гильзой и стенками блок-картера образуется водяная рубашка 3, по которой циркулирует охлаждающая жидкость. Уплотнение нижней части гильзы от просачивания охлаждающей жидкости достигается резиновыми кольцами, верхней части – буртиком 5 и прокладкой.

Поршень предназначен для восприятия сил давления газов и передачи их через поршневой палец и шатун коленчатому валу и для отвода теплоты в стенки цилиндра. В процессе работы двигателя поршень воспринимает механические нагрузки от сил давления газов и сил инерции движущихся масс, а также тепловые нагрузки от нагрева днища горячими газами. Поэтому поршень должен обладать необходимой прочностью и жесткостью при минимальной массе,

повышенной износостойчивостью трущихся поверхностей, высокой теплопроводностью, хорошим отводом теплоты от днища поршня в стенки цилиндра.

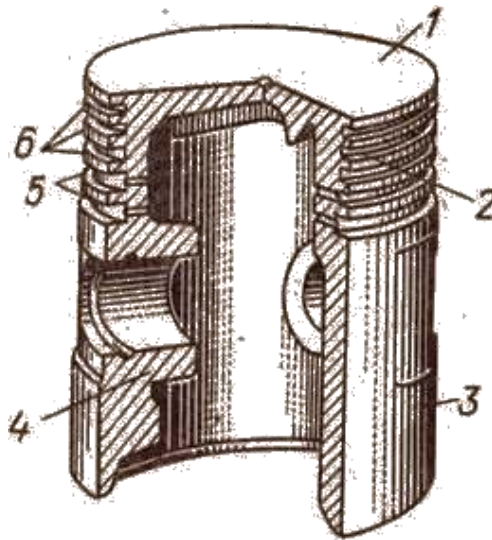


Рисунок 4 – Поршень

Поршень (рис. 4) имеет форму стакана и состоит из днища 1, уплотняющей 2 и направляющей частей или юбки 3. Днище вместе с уплотняющей частью составляет головку поршня. Днище поршня образует с внутренней поверхностью головки цилиндров камеру сгорания и воспринимает давление газов. Днище поршня 1 выполняется плоским, выпуклым, вогнутым или фасонным в зависимости от формы камеры сгорания, степени сжатия, способа смесеобразования, расположения клапанов, расположения форсунок и от других факторов. У большинства четырехтактных карбюраторных двигателей применяют днище поршня плоское. Оно имеет минимальную поверхность нагрева и просто в изготовлении. У дизелей большое распространение получили днища с полостями. Для увеличения прочности и лучшего отвода теплоты днище поршня с внутренней стороны снабжают ребрами.

Материалом для изготовления поршней служат алюминиевые сплавы и иногда чугун. Преимущество поршней, изготовленных из алюминиевых сплавов, по сравнению с чугунными – меньшая масса и более высокая теплопроводность (в 3-4 раза выше).

Поршни из алюминиевых сплавов изготавливают в основном отливкой. Что-

бы сократить период приработки поршня с цилиндром, боковую поверхность поршня покрывают тонким слоем (0,002-0,006 мм) олова.

На уплотняющей части поршня расположены кольцевые канавки 5 и 6 для поршневых колец. В канавки 6 устанавливают компрессионные кольца, а в канавки 5 – маслосъемные. В канавках 5 расположены сквозные отверстия для отвода излишков масла в поддон картера. Юбка поршня служит для направления его движения в цилиндре и для передачи бокового усилия от шатуна на стенку цилиндра. Юбка поршня имеет бобышки 4 с отверстиями для установки поршневого пальца.

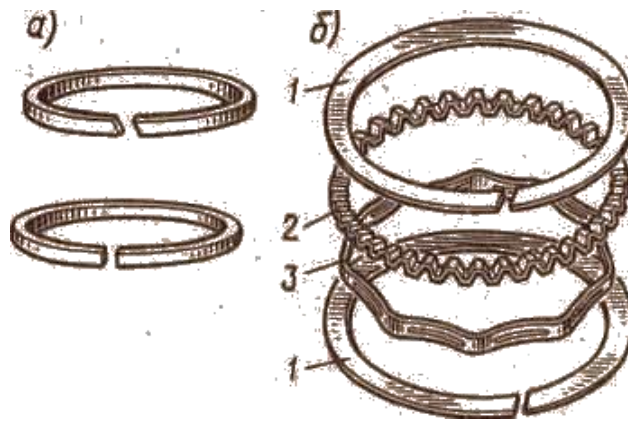


Рисунок 5 - Поршневые кольца

Изготавливают юбку поршня большего диаметра, чем днище, так как она во время работы двигателя меньше нагревается, а следовательно, и меньше расширяется. Чтобы уменьшить передачу теплоты от головки поршня к юбке, в поршнях карбюраторных двигателей иногда делают прорезь по части окружности между головкой и юбкой. Для нормальной работы поршня без стуков и заеданий и свободного перемещения его в холодном и нагретом цилиндре, необходимо иметь минимальный зазор между юбкой и стенкой цилиндра. Чтобы получить минимальный зазор, юбки поршня выполняют эллиптической или конической формы с уменьшением диаметра кверху и разрезные. Для грузовых автомобилей и тракторов в основном применяют поршни, у которых юбка имеет эллиптическую форму.

Поршневые кольца по назначению разделяют на компрессионные (уплотнительные) и маслосъемные (маслосбрасывающие).

Компрессионные кольца (рис. 5, а) предназначены для уплотнения зазора между поршнем и цилиндром от прорыва газов из камеры сгорания в поддон картера и для отвода теплоты от головки поршня к стенкам цилиндра. Уплотняющее действие компрессионных колец основано на создании ими в зазоре между поршнем и цилиндром лабиринта. Поршни карбюраторных двигателей имеют два-три компрессионных кольца, а поршни дизелей вследствие более высоких давлений в камере сгорания – три-четыре кольца.

Конструкция компрессионных колец определяется формой поперечного сечения и формой их замка.

Форма сечения колец может быть прямоугольной (рис. 6, б) и трапециевидальной (рис. 6, а). Замок кольца (рис. 5, а) выполняют прямым или косым. Наиболее широко применяются кольца с прямыми замками, которые просты в изготовлении и надежны в работе. Чтобы предотвратить прорыв газов через замки, последние располагают под углом 90-120° относительно друг друга. Маслоъемные кольца (рис. 5, б) служат для удаления со стенок цилиндра излишков масла и направления их в картер с целью предотвращения попадания в камеру сгорания. Маслоъемные кольца выполняют различной формы.

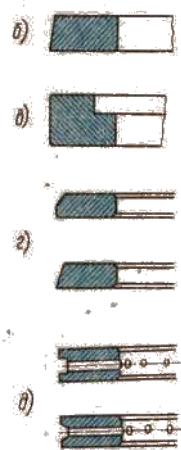


Рисунок 6 – Форма сечения колец

Наиболее широко применяются конические (рис. 6, з), скребковые (рис. 6, д) и составные маслоъемные кольца. Составное маслоъемное кольцо имеет (рис. 5, б) два кольцевых диска 1 и два расширителя – осевой 2 и радиальный 3. При перемещении поршня вниз излишки масла со стенок цилиндра снимаются

кромками маслосъемных колец и через щели в кольце и отверстия в поршне отводятся в поддон картера. Поршни двигателей обычно имеют два-три компрессионных и одно-два маслосъемных кольца, которые устанавливаются или непосредственно под компрессионными кольцами, или одно кольцо помещают в нижней части юбки поршня.

Материалом для изготовления колец служат серый чугун, сталь и легированные чугуны. Чтобы повысить износостойкость и ускорить приработку, рабочую поверхность верхнего компрессионного кольца покрывают пористым хромом (толщина 0,1-0,14 мм), а трущиеся поверхности остальных колец – слоем олова (толщиной 0,005-0,01 мм).

Поршневой палец служит для шарнирного соединения поршня с шатуном. Палец при работе воспринимает большие нагрузки от давления газов и сил инерции движущихся масс, переменных по величине и направлению. Кроме того, палец при работе воспринимает тепловую нагрузку, возникающую в результате трения пальца о головку шатуна и бобышки поршня. Поэтому палец должен обладать высокой прочностью при переменной нагрузке, повышенной износостойкостью рабочей поверхности и малой массой.

Поршневой палец 4 представляет собой отрезок тонкостенной трубы с прямыми цилиндрическими (рис. 1) или коническими внутренними поверхностями. Конструкция поршневого пальца зависит от типа сопряжений пальца с поршнем и шатуном. По этому признаку различают: палец, вращающийся в бобышках поршня и закрепленный в головке шатуна; палец, свободно вращающийся как в головке шатуна, так и в втулке. Палец, свободно вращающийся в головке шатуна и в бобышках, называют *плавающим*. Широкое распространение в двигателях получили плавающие поршневые пальцы. Преимущество плавающего пальца – незначительный и равномерный износ как по длине, так и по окружности благодаря меньшей относительной скорости скольжения, а недостаток его – свободное перемещение в осевом направлении. От осевых перемещений плавающие пальцы удерживаются пружинящими кольцами круглого сечения, вставленными в бобышки поршня. Материалом для изготовления паль-

цев служат малоуглеродистые цементируемые и легированные цементируемые стали.

Шатун служит для соединения поршня с коленом вала и для передачи усилия от поршня к коленчатому валу.

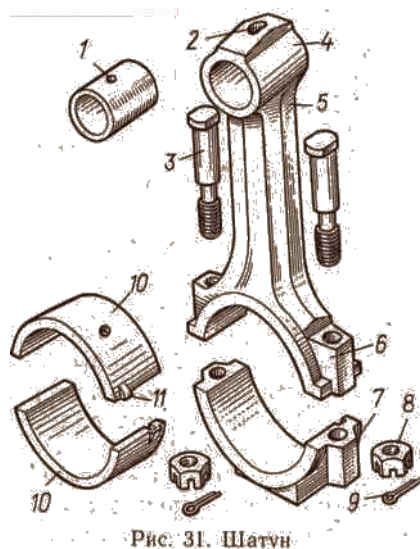


Рисунок 7 - Шатун

Шатун при работе двигателя совершает сложное качательное движение и подвергается воздействию переменной по величине и направлению нагрузки от давления газов и сил инерции. Поэтому шатун должен обладать высокой прочностью и жесткостью при относительно малой массе, высокой износостойкостью и плавностью переходов от стержня шатуна к его головкам.

Шатун (рис. 7) состоит из верхней головки 4, стержня 5 и нижней головки 6. Конструкция верхней (поршневой) головки зависит от способа крепления поршневого пальца и условий его смазки. При плавающем пальце верхнюю головку выполняют неразъемной и в нее запрессовывают бронзовую втулку, которая служит подшипником поршневого пальца.

Стержень шатуна имеет двутавровое сечение, что обеспечивает ему необходимую прочность и жесткость при относительно малой массе. Нижнюю (кривошипную) головку обычно выполняют разъемной. Разъем головки осуществляется в плоскости оси шатунной шейки. Съемную часть нижней головки называют *крышкой*. Крышку 7 крепят к телу шатуна двумя шатунными болтами 3, гайки 8 которых от отворачивания фиксируются шплинтами 9. Чтобы при-

дать большую жесткость, крышки головок выполняют с ребрами и приливами. От смещений в поперечном направлении крышка фиксируется выступами в ней или теле шатуна, треугольными шлицами в плоскости стыка или призонными болтами.

При больших размерах нижней головки, когда шатун не проходит через цилиндр (вверх), плоскость разъема головки располагается под углами 30, 45 и 60° к продольной оси стержня шатуна.

Для двухрядных V-образных автотракторных двигателей применяют, как правило, шатуны с последовательным расположением их на одной шейке вала. Их конструкция ничем не отличается от ранее описанной.

В нижней головке шатунов устанавливают подшипники скольжения, представляющие собой взаимозаменяемые тонкостенные биметаллические вкладыши 10, изготовленные из стальной ленты толщиной 1-3 мм, покрытой антифрикционным сплавом. Тонкостенные вкладыши от проворачивания и осевых перемещений удерживаются усиками 11, входящими в канавки шатуна и его нижней крышки. Вкладыши устанавливают в нижнюю головку с натягом, величина которого зависит от диаметра шатунной шейки и составляет 0,03-0,04 мм.

Шатуны изготовляют штамповкой из углеродистой или легированной стали. В качестве антифрикционного материала вкладышей подшипников карбюраторных двигателей применяют свинцовистые и оловянистые баббиты, алюминиевые сплавы, а для дизелей – свинцовистую бронзу БрС-30 или сплав из алюминия, сурьмы и магния (АСМ).

Коленчатый вал предназначен для восприятия усилий от шатунов и передачи крутящего момента через механизмы трансмиссии к ведущим колесам.

В процессе работы коленчатый вал воспринимает периодические нагрузки от сил давления и от сил инерции поступательно движущихся и вращающихся масс. Поэтому коленчатый вал должен обладать высокой прочностью, жесткостью износостойкостью трущихся поверхностей (шеек) при относительно малой массе.

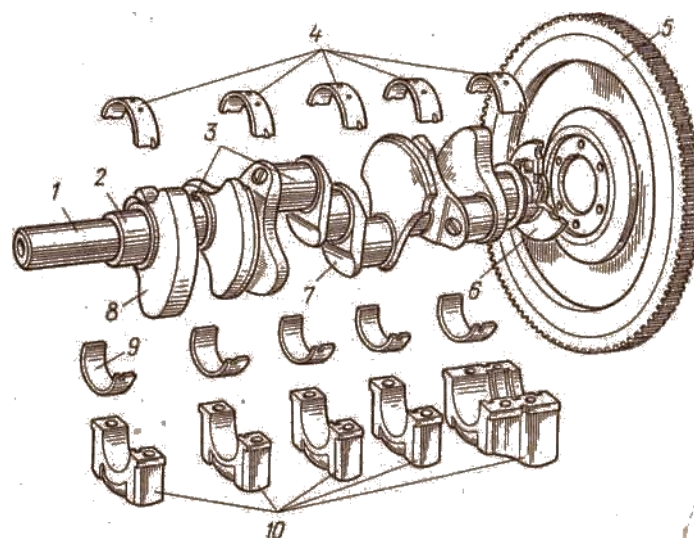


Рисунок 8 – Коленчатый вал

Коленчатые валы изготавливают ковкой или литьем. Материал для валов, изготовленных ковкой, – высококачественные среднеуглеродистые или легированные стали, для литых валов – легированные чугуны.

Коленчатый вал (рис. 8) состоит из следующих основных элементов: носка (передний конец) 1, коренных шеек 2, шатунных шеек 3, щек 7 с противовесами 8 и хвостовика (задний конец) 6.

На носке коленчатого вала устанавливают маслоотражательное устройство, шестерню газораспределения, шкив привода вентилятора, храповик для запуска двигателя с помощью рукоятки и иногда гаситель крутильных колебаний.

Коренные шейки являются опорами вала, они опираются на коренные подшипники, установленные в блок-картере. Коренные шейки выполняют все одинакового диаметра. Последняя коренная шейка или средняя имеет буртики для фиксации коленчатого вала от осевых перемещений. В эти буртики вставляют два полукольца из антифрикционного материала. В двигателях, работающих с высокими давлениями сгорания, коленчатые валы обычно имеют число коренных шеек на одну больше числа шатунных шеек, т. е. валы изготавливают полноопорными.

Шатунные шейки служат для соединения вала с нижними головками шатунов. Они, как правило, имеют меньший диаметр, чем коренные шейки, и выполняются полыми.

Щеки коленчатого вала соединяют вместе коренные и шатунные шейки. Их изготавливают прямоугольной, эллиптической и круглой форм. Щеки валов автотракторных двигателей чаще всего выполняют эллиптической формы, обеспечивающей высокую жесткость при изгибе и кручении. Переходы (галтели) от щек к шейкам выполняют с большим радиусом закруглений для уменьшения концентрации напряжений.

Противовесы предназначены для разгрузки коренных подшипников от центробежных сил инерции. Их изготавливают заодно со щеками, они имеют обычно форму неполного сектора или сегмента.

Хвостовик коленчатого вала имеет фланец, к которому крепят маховик 5. Уплотнение заднего конца коленчатого вала достигается применением маслоотражательных колец вместе с сальниками и лабиринтовой винтовой нарезкой.

Масло под давлением по каналам в блок-картере подаётся к опорам коренных подшипников, далее через отверстия во вкладышах попадает на поверхность коренных шеек, обеспечивая смазку сопряжения коренной вкладыш – коренная шейка. Для подвода масла к шатунным подшипникам в коленчатом валу делают сверления. По просверленным каналам масло от коренной шейки поступает к поверхности шатунной шейки, обеспечивая смазку сопряжения шатунный вкладыш – шатунная шейка.

Коренные подшипники, прилегающие к коренным шейкам, выполняют преимущественно скользящими. В качестве подшипников используют тонкостенные вкладыши, которые по устройству подобны шатунным и внутри покрыты тем же антифрикционным металлом, что и шатунные. В верхней половине вкладыша 4 имеется отверстие для подвода масла. Верхние вкладыши устанавливают в гнезда поперечных перегородок блок-картера, а нижние 9 – в съемные крышки 10.

Маховик – массивный диск, накапливающий при вращении кинетическую энергию, служит для обеспечения равномерного вращения коленчатого вала, для вывода поршней из мертвых точек и для облегчения пуска двигателя. Маховик 5 (рис. 8) представляет собой чугунный диск с ободом, который крепят к

фланцу коленчатого вала с помощью болтов. На обод маховика напрессовывают стальной зубчатый венец для пуска двигателя от электростартера или пускового двигателя.

Коленчатый вал в сборе с маховиком подвергают балансировке.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение кривошипно-шатунного механизма?
2. Из каких деталей состоит КШМ?
3. Каково назначение поршня?
4. На эскизе укажите основные части поршня и их назначение.
5. Для чего нужен шатун?
6. Каким образом поршень крепится к шатуну?
7. Каково назначение вкладышей и полуколец в КШМ?
8. Каким образом производится смазка шатунных шеек коленчатого вала?
9. Назначение маховика?
10. Для чего предназначены поршневые кольца? Какими бывают поршневые кольца?
11. Какова роль компрессионных поршневых колец?
12. Назначение маслосъемных поршневых колец?
13. Основы конструкции коленчатого вала и его назначение?
14. Какую роль выполняют коренные и шатунные шейки коленвала?

ЛИТЕРАТУРА

1. Болотов А.К., Лопарев А.А., Судницин В.И. Конструкция тракторов и автомобилей. М.: КолосС, 2007.
2. Конструкция тракторов и автомобилей / О.И. Поливаев, О.М. Костиков, А.В. Ворохобин, О.С. Ведринский. СПб.: Изд-во «Лань», 2013. 288 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания / В.П. Алексеев, В.Ф. Воронин, Л.В. Грехов и др. М.: Машиностроение, 1990. 288 с.
4. Семенов В.М., Власенко В.Н. Трактор. М.: Агропромиздат, 1989. 352 с.

Содержание

КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ.....	3
НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО КШМ.....	3
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	15
ЛИТЕРАТУРА.....	16

Учебное издание

Кузьменко Игорь Владимирович,
Самусенко Владимир Иванович

КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ

Учебно-методические указания для выполнения
лабораторной работы по дисциплине: «Тракторы и автомобили»
студентами инженерно-технологического факультета
по направлению подготовки:
35.03.06 Агроинженерия
профиль: Технические системы в агробизнесе
профиль: Технический сервис в АПК
по направлению подготовки:
23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы
профиль: Машины и оборудование природообустройства
и дорожного строительства

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 14.05.2019 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага печатная. Усл. п. л. 1,04. Тираж 25 экз. Изд. № 6373.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ