

## Крейцкопфы

Крейцкопф (в крейцкопфных малооборотных дизелях) служит для шарнирного соединения поршневого штока с шатуном и разгрузки цилиндра от боковой (нормальной) силы  $N$ . Крейцкопф состоит из поперечины 1 (рис. 8.16а,б) с цапфами (или цапфой) 2 крейцкопфных подшипников и двух или одного ползуна 3, передающих нормальную силу на параллели.

Во время работы дизеля детали крейцкопфа подвержены механическим нагрузкам (движущая сила  $P$  и сила инерции  $P$  ползунов), которые стремятся изогнуть поперечину (опасное сечение I-I) и цапфы крейцкопфных подшипников (опасное сечение II-II). Концевые цапфы для ползунов также подвержены изгибу под действием сил инерции  $P$  ползунов и силы нормального давления  $N$  на параллели (опасное сечение III-III).

К конструкции крейцкопфа предъявляют следующие основные требования: высокая жесткость поперечины (для обеспечения надежной работы крейцкопфных подшипников); достаточная прочность; высокая износостойкость цапф поперечины и трущихся поверхностей ползунов; возможность работы дизеля с демонтированным поршнем (в аварийном случае).

Материал: поперечин - углеродистая сталь 45, 50 или легированная сталь 30ХМА, 40ХН и др.; ползунов - ковкая или литая сталь 30, 35Л; подошвы ползунов заливают баббитом.

Конструкции крейцкопфов даны на рис. 8.16. В крейцкопфе с двумя двусторонними ползунами (рис. 8.16б) к верхней головке шатуна 8 болтами 10 крепят два крейцкопфных подшипника 9, на нижние половины которых опираются цапфы поперечины 6. Двусторонние ползуны 5 свободно надеты на концевые цапфы поперечины, их осевому смещению препятствуют круглые крышки 4, прикрепленные к торцам поперечины. Предохранительные шайбы 3 крепят к ползунам, они входят в кольцевые выточки крышек 4 с небольшим зазором. При таком креплении ползуны могут самоустанавливаться, поворачиваясь вокруг цапф на небольшой угол. При работе дизеля с демонтированным поршнем (в аварийном случае) шайба 3 фиксирует положение поперечины, предотвращает ее разворот под действием сил трения и перекрывает отверстия для подвода смазки к крейцкопфным подшипникам. Подошвы ползунов имеют поперечные канавки для лучшего распределения масла.

Масло к деталям крейцкопфа подводится по шарнирным трубам, прикрепленным к поперечине, поступает в осевой канал в теле поперечины и далее по радиальным каналам идет на смазку крейцкопфных подшипников и ползунов.

Преимущества крейцкопфа с двумя ползунами: относительно небольшой износ ползунов и свободный доступ к деталям движения со стороны параллелей.

В крейцкопфном механизме с одним односторонним ползуном (рис. 8.16) к верхней головке шатуна 14 болтами 16 крепят нижнюю сплошную половину 13 крейцкопфного подшипника с тонкостенным стальным вкладышем 12, залитым антифрикционным сплавом. Две верхние половины 9 подшипника также имеют тонкостенные вкладыши 10. Пустотелая цапфа 11 подшипника имеет поперечный паз, в котором установлена и прикреплена болтами 8 изготовленная заодно с ползуном 2 поперечина 3. К поперечине шпильками 17 крепят фланец штока поршня 1. Для упрощения центровки поршня в цилиндре предусмотрена возможность перемещения штока относительно опорной поверхности поперечины (до 2 мм от центра в любом направлении) за счет поворота двух эксцентричных колец 4 и 5 с делениями, в которых размещен фланец штока. Односторонний ползун 2 во время хода расширения полной поверхностью башмака передает нормальную силу  $N$  на параллель 6, а во время хода сжатия, когда сила  $N$  принимает противоположное направление, ее действие передается двумя узкими поверхностями ползуна на нащечины 7 заднего хода.

Масло к верхним (ненагруженным) вкладышам крейцкопфного подшипника и к подошве ползуна подводится под давлением 7-8 МПа от кривошипного подшипника по сверлению в шатуне, нижней опоре подшипника и ползуна. К нижнему сплошному вкладышу (нагруженному) масло поступает от двух двухплунжерных насосов 15 (на рис. 8.16в показан один). Насосы навешены на шатун и приводятся в действие за счет его качательного движения. Высокое давление масла и сплошная нижняя половина крейцкопфного подшипника обеспечивает гидростатическую смазку (за счет масляной «подушки», приподнимающей цапфу).

Преимущество крейцкопфа с односторонним ползуном - относительная простота конструкции и эксплуатации. Недостатки конструкции: возможность перекоса штока поршня под действием сил инерции ползуна; затрудненный доступ к деталям движения со стороны параллелей и главное - неодинаковые условия работы на передний и задний

ход. В связи с этим ограничивается продолжительная работа двигателя на задний ход.

Конструкция крейцкопфа с двумя ползунами приведена на рис. 8.18. Его преимущество заключается в том, что продолжительность работы двигателя на задний ход не ограничена во времени.

Условия работы крейцкопфных подшипников в современных МОД обусловлены следующими факторами:

- ▶ вследствие больших значений движущей силы удельные давления на поверхности антифрикционного сплава подшипников близки к предельно допустимым;

- ▶ крейцкопфные подшипники раньше других элементов КШМ воспринимают нагрузки от изменения давления газов в цилиндре;

- ▶ качательное движение шатуна с относительно небольшой угловой скоростью не обеспечивает создание масляного клина. Смазка осуществляется главным образом за счет масляной пленки, которая разрывается при каждом изменении направления качательного движения (два раза за оборот вала). Масляная пленка может разрываться также во время пусков и реверсов дизеля из-за высокой жесткости рабочего процесса, а одностороннее приложение нагрузки затрудняет подвод масла в нагруженную зону подшипника;

- ▶ силы инерции столба масла в сверлениях шатуна в циркуляционных системах с относительно небольшими рабочими давлениями (0,12-0,18 МПа) могут вызывать колебания давления и оказывать заметное влияние на подачу масла к подшипникам;

- ▶ недостаточная жесткость цапф поперечины крейцкопфа (иногда и верхней головки шатуна) приводит к их упругой деформации в момент максимального давления  $p_z$  в цилиндре. В результате удельные давления на поверхности подшипника распределяются неравномерно и оказываются чрезмерно высокими на внутренних краях подшипников, что вызывает интенсивное изнашивание и повреждение антифрикционного слоя в этих зонах. В современных крейцкопфных дизелях верхнюю головку шатуна изготавливают в виде жесткой плиты 3 (рис. 8.19а, б), к которой прикрепляют нижние 2 и верхние 1 половины крейцкопфных подшипников

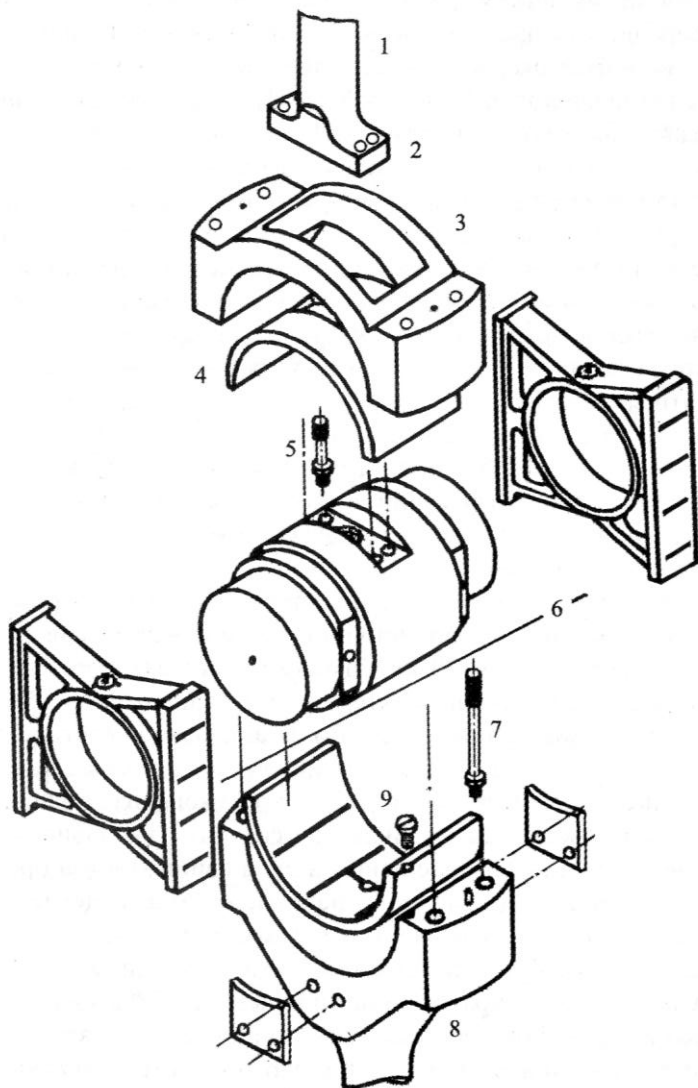


Рис. 8.18. Крейцкопф с двусторонним ползуном:

1 – шток поршня; 2 – пятка штока; 3 – крышка верхнего подшипника шатуна; 4 – вкладыш подшипника; 5 – шпильки крепления штока; 6 – ползуны; 7 – шпильки крепления головки шатуна; 8 – шатун; 9 – вкладыш подшипника шатуна

8\*

Для увеличения равномерности распределения удельных давлений по рабочей поверхности крейцкопфных подшипников и повышения

надежности их работы нижние половины выполняют податливыми за счет несимметричного расположения опорного ребра относительно середины цапфы (см. рис. 8.19) или различной толщины наружной и внутренней стенок нижней половины подшипника; при этом деформация цапф поперечины крещкопфа компенсируется деформацией податливых опор подшипников.

Податливые опоры с несимметричным расположением ребра менее эффективны по сравнению с опорами, имеющими различные толщины наружной и внутренней стенок. В первом случае вследствие несоосности опоры и нагрузки образуется момент, деформирующий опору так, что ее внутренний конец опускается; в результате рабочими поверхностями являются две цилиндрические поверхности, обращенные выпуклостями друг к другу, и нагрузка воспринимается узкой полосой антифрикционного сплава.

Во втором случае, при правильном соотношении толщин стенок, нижняя образующая рабочей поверхности подшипника имеет одинаковый с цапфой знак деформации (выпуклостью вниз), и удельные давления вдоль оси подшипника распределяются более равномерно на всех режимах работы дизеля.

Для снижения удельных давлений применяют одноопорные крещкопфные подшипники со сплошной нижней половиной (см. рис. 8.19).

Для современных МОД крещкопфные подшипники часто изготавливают со стальными тонкостенными вкладышами 4 (см. рис. 8.19б), залитыми антифрикционным сплавом. При необходимости вкладыши можно легко заменять, используя верхний вкладыш в качестве нижнего.

Хорошо зарекомендовали в работе крещкопфные подшипники с ромбовидными вкладышами. Вкладыш состоит из стального основания С (рис. 8.19в), на которое нанесен слой свинцовистой бронзы В с пересекающимися под углом  $14^\circ$  пазами, залитыми центробежным способом оловянистым или свинцовистым сплавом. После механической обработки на рабочую поверхность вкладыша гальваническим способом наносят слой прирабочного покрытия<sup>^</sup> (88% свинца, остальное олово и медь). Ромбовидные подшипники монтируют и демонтируют с помощью гидравлических домкратов с контролем равномерности затяга по удлинению болтов.

*Практические замечания.*

Чаще всего встречающиеся повреждения крейцкопфных подшипников сводятся к растрескиванию белого металла - появлению трещин

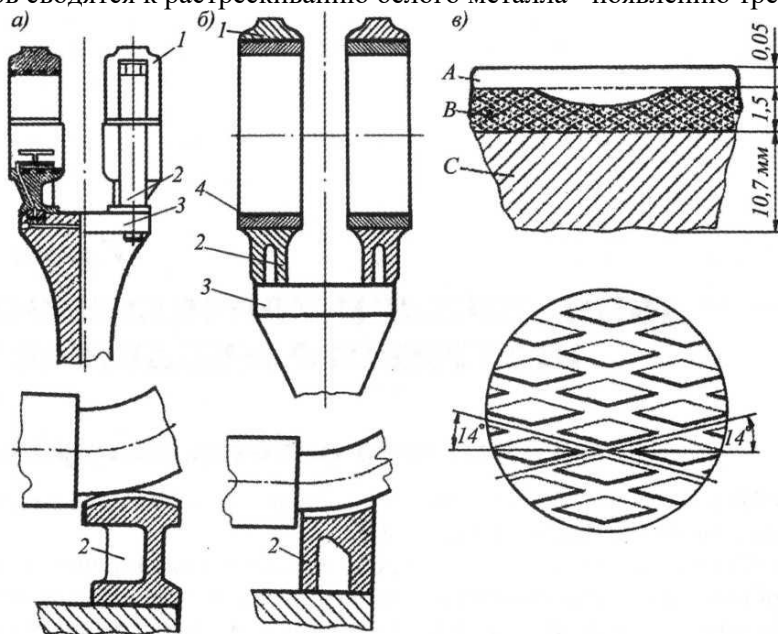


Рис. 8.19. Верхние головки и подшипники шатунов крейцкопфных дизелей:  
 а) «Зульцер» RD; б) «Бурмейстер и Вайн» К-GF; в) ромбовидный вкладыш  
 крейцкопфного подшипника (поперечное сечение)

усталостного характера, сдавливанию заливки - заполнению или почти полному исчезновению масляных канавок, блокированию маслоподводящих отверстий. Подобные повреждения обычно вызываются чрезмерно высокими давлениями газов в цилиндрах в период маневров двигателя, когда их переводят с тяжелого топлива на дизельное. Последнее обладает лучшей способностью к воспламенению (более высокое цетановое число) и большей скоростью сгорания. В итоге давление сгорания увеличивается в 1,2-1,5 раза, что, естественно, соответственно увеличивает нагрузки на подшипник, сигналом превышения давления является подрыв предохранительных клапанов. В этой ситуации рекомендуется избегать даже кратковременной работы на полных мощностях.

Литература

Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 1. / И.В.Возницкий, А.С.Пунда – М.:МОРКНИГА, 2010.- 260 с. Стр.112-117