

С.А. Алёхин, А.Н. Коваленко, А.Н. Косовцев, С.В. Лыков

ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ ПОРШНЕВОЙ ГОЛОВКИ ШАТУНА ВЫСОКОФОРСИРОВАННЫХ ДВУХТАКТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В данной статье приведен путь становления игольчатого подшипника верхней головки шатуна. Обращено внимание на необходимость охлаждения игольчатых подшипников высокофорсированных двухтактных дизелей, а также отмечается важность подогрева материалов подшипников с повышенными механическими свойствами при высоких температурах и механических нагрузках.

В турбопоршневых двухтактных дизелях 5ТДФ мощностью 515 кВт и 6ТД мощностью 735 кВт в поршневой головке шатуна устанавливаются подшипники качения (рис. 1). В качестве тел качения используются ролики, устанавливаемые в два ряда. Наружной обоймой для них служит втулка верхней головки шатуна (ВГШ) из стали ШХ15-Ш, а внутренней – поршневой палец с цементированной поверхностью и высокой чистотой и геометрией под ролики [1].

Ролики изготавливаются из стали ШХ15-Ш. При их установке необходимо обеспечивать подбор с размерностью не более 2 мкм в одном комплекте, что обеспечивает равномерность их нагружения. Ролики отделяют друг от друга и от поршневой втулки с помощью колец, уменьшающих силы контактного трения [3].

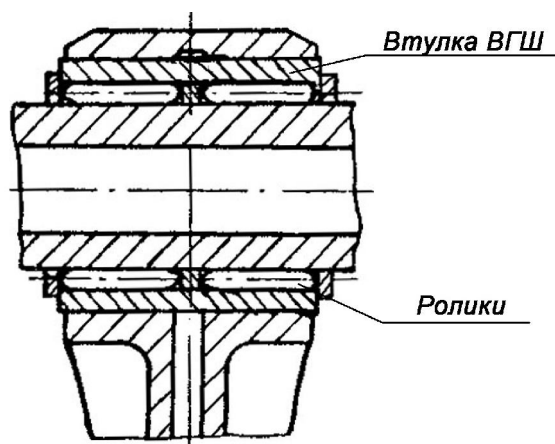


Рис. 1. Подшипник ВГШ двигателя 5ТДФ

Данная конструкция верхней головки шатуна (ВГШ) обеспечивает надежность работы двигателей 5ТДФ и 6ТД до 1000 часов и выше. Удельная мощность данных двигателей 5ТДФ и 6ТД, соответственно, составляет 37,8 кВт/л и 45,1 кВт/л. Максимальное давление сгорания в цилиндрах указанных двигателей не превышает 13 МПа.

При создании форсированных двигателей аналогичной конструкции до уровней удельной мощности 60 кВт/л и выше потребовалось усовершенствование конструкции ВГШ, поскольку штатная конструкция не обеспечивала надежность. При

форсировании двигателей уровень максимального давления сгорания в цилиндрах достиг 15 МПа. При этом значительно возросла температура поршня, деталей подшипника ВГШ. В ходе испытаний форсированных двигателей со штатной конструкцией имели место: бринулирование поршневых пальцев (рис. 2) и втулок; выкрашивание роликов, беговых дорожек втулок и поршневых пальцев. Дефект начинал развиваться с образования повышенного износа и выкрашивания периферийных поверхностей роликов. Расчетно-экспериментальными исследованиями было установлено, что причиной данного дефекта является защемление концов роликов при деформации поршневого пальца от сил давления газа в цилиндре при наличии высокой температуры данных деталей.

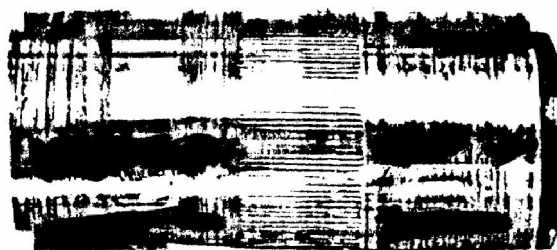


Рис. 2. Поршневой палец с бринулированием

С целью повышения надежности работы подшипников ВГШ форсированных дизелей были разработаны следующие мероприятия:

- увеличена подача масла к подшипникам ВГШ за счет увеличения сечения жиклеров в шатунных шейках коленвалов, повышена производительность масляного насоса, а также увеличены фазы подачи масла из коленвала за счет поворота жиклеров в шатунных шейках [2];

- для улучшения приспособляемости игл к деформации поршневого пальца разработана разрезная (составная) втулка подшипника ВГШ, состоящая из двух одинаковых втулок. На торцах этих втулок введены фрезеровки для равномерной прокачки масла через обе половинки подшипника (рис. 3);

- для предохранения попадания выхлопных газов и воздуха в подшипник ВГШ разработаны

заглушки, закрывающие поршневой палец и устанавливающиеся в поршень с натягом.

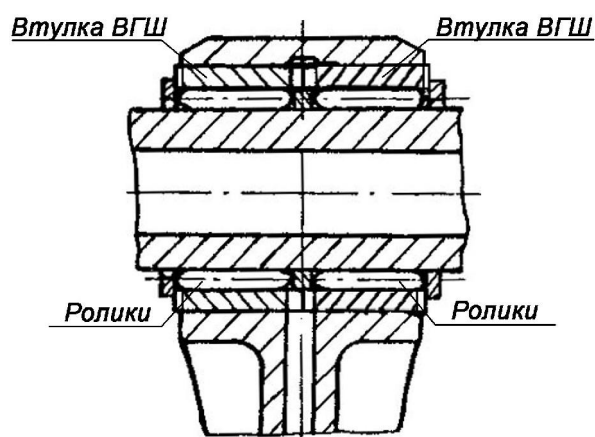


Рис. 3. Усовершенствованный подшипник ВГШ

Эффективность разработанных мероприятий проверялась ускоренными стендовыми испытаниями на одноцилиндровом двигателе ОЦУ-456 (1ДН 12/2×12).

Сравнительные исследования проводились в 3 этапа. Сравнительные испытания проводились на одних и тех же режимах работы ОЦУ-456.

На первом этапе ускоренным испытаниям была подвергнута штатная конструкция ВГШ двигателей 5ТДФ и 6ТД. Уровень максимального давления сгорания при испытаниях значительно превышал эксплуатационные значения, а именно более чем на 30%.

Штатная конструкция ВГШ двигателя 5ТДФ и 6ТД (без мероприятий по усовершенствованию) при работе с уровнем P_z до 15,4 МПа выдержала испытания в объеме 100 часов, после чего разрушилась. По результатам разборки было установлено усталостное разрушение роликов.

На втором этапе ускоренным испытаниям была подвергнута штатная конструкция с мероприятием по увеличению подачи масла к ВГШ. При работе с уровнем P_z до 15,3 МПа ОЦУ-456 выдержала испытания в объеме 160 часов, после чего начал появляться повышенный износ. После наработки 200 часов произошло разрушение ВГШ. По результатам разборки были установлены усталостные разрушения роликов ВГШ и точечные выкрашивания на втулке (рис. 4).

На третьем этапе ускоренным испытаниям была подвергнута разрезная втулка ВГШ в комплексе с увеличением подачи масла к ВГШ. При работе с уровнем P_z до 17 МПа ОЦУ-456 отработала без замечаний в объеме 328 часов, что удовлетворяет требованиям гарантийной наработки, и осталась в работоспособном состоянии.

Таким образом, ускоренными испытаниями на ОЦУ-456 была экспериментально подтверждена эффективность усовершенствованной конструкции ВГШ, представленной на рис. 3, в комплексе с увеличением подачи масла к ВГШ.

Данное мероприятие было в дальнейшем проверено на развернутом двигателе. По результатам успешных типовых испытаний двигателя 6ТД-2Е мощностью 882 кВт в объеме 300 часов усовершенствованная конструкция ВГШ внедрена в конструкцию двигателей, разработанных ГП «ХКБД»:

- двигатель 3ТД-3А мощностью 367 кВт для бронетранспортера БТР-4Е;
- двигатель 6ТД-2Е мощностью 882 кВт для танка БМ «Оплот»;
- двигатель 5ТДФМА-1 мощностью 772 кВт для танка Т72ВА-1.

Таким образом, замена сплошной втулки ВГШ двумя втулками позволила им при деформациях поршневого пальца самоустанавливаться в верхней головке шатуна и на поршневом пальце, в результате чего обеспечивается разгрузка концов игольчатых роликов. Последнее значительно уменьшает защемление концов игольчатых роликов и их перекосы. Кроме того, за счёт зазора между втулками увеличилась прокачка масла, и обеспечен более равномерный проток масла через оба ряда роликов, что положительно сказывается на улучшении теплоотвода от деталей подшипника ВГШ и, в конечном итоге, на повышении его работоспособности и долговечности.

Дальнейшее повышение работоспособности подшипника ВГШ возможно за счет применения сталей с более высокими механическими свойствами при рабочих температурах. Так, применение подшипника из более теплостойкой стали типа ЭИ347Ш (8Х4В9Ф2-Ш) позволило значительно повысить его работоспособность и долговечность за счет более высокой температуры отпуска стали (для ШХ15-Ш температура отпуска 150°C, а для ЭИ347Ш - 400°C) [3].



Рис. 4. Игольчатые ролики с началом разрушения

Выводы

1. Внедрение мероприятия по увеличению подачи масла к ВГШ двигателей 5ТДФ и 6ТД увеличивает ресурс ВГШ не менее, чем в 2 раза. При форсировании двигателей данной конструкции увеличение подачи масла к ВГШ без усовершенствования конструкции ВГШ не является достаточным для обеспечения требуемого ресурса изделия.

2. Усовершенствованная конструкция ВГШ с разрезной втулкой ВГШ в комплексе с увеличением подачи масла к ВГШ обеспечивает надежную работу двигателей при их форсировании до уровня удельной мощности 60 кВт/л и выше.

Список литературы:

1. Двигатель 6ТД. – М: Военное изд-во, 1988. – 144 с.
2. Рязанцев Н.К. Экспериментальное определение пропускной способности масла через верхнюю головку шатуна. – М: НИИ информтяжмаш, 1973. – С.16-25. Двигатели внутреннего сгорания. Сер.4 – Вып. 11.
3. Конструкция форсированных двигателей наземных транспортных машин. Часть 1. Рязанцев Н.К. – Киев, 1993. – 252 с.

Bibliography (transliterated):

1. Dvigatel' 6td. - M: Voennoe izd-vo, 1988. - 144 s.
2. Ryazantsev N.K. Eksperimental'noe opredelenie prokachki masla cherez verchnyuyu golovku shatuna. - M: NII informtyazhmash, 1973. - s.16-25. dvigateli vnutrenne-go sgoraniya. ser.4 - vyp. 11.
3. Konstruktsiya forsirovannykh dvigatelei nazemnykh transportnykh mashin. Chast' 1. Ryazantsev N.K. - Kiev, 1993. - 252 s.47.

Поступила в редакцию 29.05.2014

Алехин Сергей Алексеевич – канд. техн. наук, генеральный конструктор-директор Государственного предприятия "Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению", Харьков, Украина, e-mail: hkbd@kharkov.ukrtel.net.

Коваленко Анатолий Николаевич – начальник отдела Государственного предприятия "Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению", Харьков, Украина, e-mail: hkbd@kharkov.ukrtel.net.

Косовцев Александр Николаевич – ведущий инженер Государственного предприятия "Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению", Харьков, Украина, e-mail: hkbd@kharkov.ukrtel.net.

Лыков Сергей Валентинович – начальник отдела Государственного предприятия "Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению", Харьков, Украина, e-mail: hkbd@kharkov.ukrtel.net.

ПІДШИПНИКИ КОЧЕННЯ ПОРШНЕВОЇ ГОЛОВКИ ШАТУНА ВИСОКОФОРСОВАНИХ ДВОТАКТНИХ ДВИГУНІВ

С.О. Альохін, А.М. Коваленко, О.М. Косовцев, С.В. Лыков

В цій статті наведено шлях становлення голкового підшипника верхньої головки шатуна. Привернуто увагу до необхідності охолодження голкових підшипників високофорсованих двотактних дизелів, а також відзначається важливість підбору матеріалів підшипників з підвищеними механічними властивостями при високих температурах та механічних навантаженнях.

FRICTIONLESS BEARINGS OF THE PISTON HEAD OF A CONNECTING ROD IN HIGH-POWER TWO-STROKE ENGINES

S.A. Alyohin, A.N. Kovalenko, A.N. Kosovtsev, S.V. Lykov

In a sectional paper the path of becoming of a needle bearing of a small end of a connecting rod is adduced. The attention directed to necessity of chilling of needle bearings highly of augmented two-stroke diesels conversions, and also the relevance guard rope of materials of bearings with heightened mechanical characteristics is scored at heats and mechanical offloadings.

УДК 621.432 (621.435, 62-144)

Н. А. Ткачук, О. В. Веретельник, А. В. Грабовский, С. А. Кравченко, С. Ю. Белик

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ И ТРИБОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАННЫХ МЕТОДОВ УПРОЧНЕНИЯ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ

В статье предложены способы повышения прочностных и трибомеханических характеристик элементов машиностроительных конструкций на основе комбинированных методов упрочнения поверхностных слоев. С использованием полученных экспериментальных данных и результатов лабораторных исследований установлены некоторые физико-механические характеристики образованных таким образом поверхностных слоев деталей. Решена задача контактного взаимодействия упрочненных деталей конструкций. Установлены характерные особенности распределения контактных давлений и напряжений в сопряжении упрочненных деталей ДВС.

Введение. Большое количество машиностроительных конструкций работает в условиях интен-

сивного силового термомеханического взаимодействия со взаимным относительным движением со-

Н. А. Ткачук, О. В. Веретельник, А. В. Грабовский, С. А. Кравченко, С. Ю. Белик, 2014