

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ ПОДВОДА МАСЛА К ПОДШИПНИКАМ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДИЗЕЛЯ ПРИ ИЗНАШИВАНИИ

Е. П. Барыльникова, А. Т. Кулаков, И. Р. Фахруллин
*Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»
(г. Набережные Челны, Российская Федерация)*

Аннотация: Отказы двигателя КамАЗ с проворотом шатунных вкладышей разные авторы связывают с попаданием абразивных частиц в подшипники или ухудшением условий смазки при эксплуатационных износах. В статье приводятся методика и результаты исследования баланса располагаемого притока масла Q , проходящего на смазку шатунных подшипников и необходимого потребного расхода R при номинальных и максимальных зазорах в коренных и шатунных подшипниках.

Ключевые слова: износ; центробежная сила; разрыв потока; коренные и шатунные подшипники.

METHODOLOGY AND RESULTS OF STUDYING MODES OF OIL SUPPLY TO THE BEARINGS OF A KNEE SHAFT OF A DIESEL DURING WEAR

E. P. Barylnikova, A. T. Kulakov, I. R. Fakhrullin
*Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal
University
(Naberezhnye Chelny, Russian Federation)*

Abstract: Investigating the defect of the KAMAZ engine, the rotation of the connecting rod inserts was established due to the ingress of abrasive particles into the bearing or deterioration of the lubrication conditions during operational wear. Studies of the available oil inflow Q , passing to the lubrication of connecting rod bearings and the required flow rate R at nominal and maximum liner clearances are carried out.

Keywords: centrifugal force; flow break; main and connecting rod bearings.

Опыт эксплуатации двигателей на автомобилях КамАЗ показывает, что эффективность их работы, сроки и объемы капи-

тальных ремонтов в значительной степени определяются техническим состоянием деталей кривошипно-шатунного механизма, среди которых наиболее ответственные и быстро изнашиваемые подшипники коленчатого вала (ПКВ). До 25 % отказов двигателей обусловлено проворачиванием шатунных вкладышей и это является одной из основных причин преждевременного ремонта, причем аварийные дефекты могут проявляться уже на малых пробегах, когда еще нет оснований говорить о предельных эксплуатационных износах [1, с. 15], [2, с. 17].

Исследованиями аналогичных дефектов на двигателях КамАЗ авторами [3, с. 4], [4, с. 6], установлено, что проворот шатунных вкладышей наступает из-за попадания абразивных частиц в подшипник или ухудшения условий смазки при эксплуатационных износах. В процессе эксплуатации дизеля износы шатунных и коренных шеек и вкладышей приводят к увеличению зазоров в подшипниках от номинального 0,086 мм до максимального 0,4 мм. Одновременно изменяется баланс подвода масла к шатунным подшипникам.

Подача смазки к шатунным подшипникам осуществляется от коренных подшипников через отверстия в коленвале. Сложностями подвода являются потери давления, имеющие место при ускорении масла до скорости вращения поверхности шейки центробежных сил, действующих на масло, а также в перепускных каналах. Они возрастают пропорционально квадрату частоты вращения коленвала и становятся значимыми при высоких оборотах.

Подвод масла к шатунным подшипникам определяется давлением в точке 3 (рисунок 1). До этой точки, кроме обозначенных выше суммарных потерь давления до входа масла в коленчатый вал, обусловленных действием центробежных сил в каналах коленчатого вала, большое значение имеет давление в кольцевом канале 1 (рисунок 1), а оно определяется величиной зазора и изнашиванием поверхностей коренного подшипника.

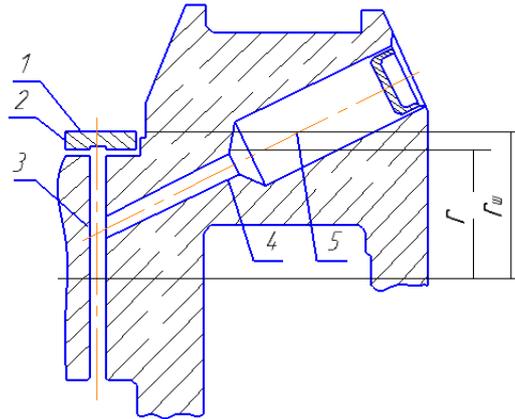


Рисунок 1 – Схема подвода масла к шатунным подшипникам:

1 – кольцевой канал, 2 – канал в коренной шейке, 3 – вход в канал подвода к шатунной шейке, 4 – канал подвода, 5 – полость

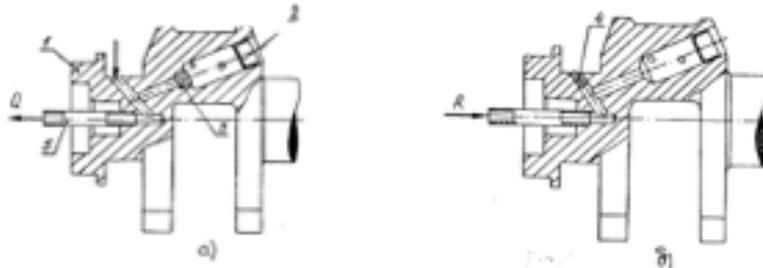


Рисунок 2 – Схема определения расхода масла через 1-ю коренную шейку (а) и схема определения расхода масла через первую шатунную шейку (б) (3, 4 установленные заглушки; 5 – трубка, установленная в носок 1 коленвала для подвода и отвода масла; 2 – заглушка штатная центробежной ловушки

Отказ шатунных подшипников может наступать из-за разрыва потока масла и опорожнения шатунной полости. Для изучения этого явления проведены исследования, в ходе которых на работающем двигателе КамАЗ-740 измерялся располагаемый приток масла Q , проходящий на смазку шатунных подшипников (рисунок 2а) и необходимый потребный расход R (рисунок 2б). При различных эксплуатационных режимах и давлениях в системе смазки объем выходящего (рисунок 2а) и входящего (рисунок 2б) масла измерялся счётчиком ШЖУ-25 за одну минуту на одном двигателе после съема и установки соответствующих заглушек 3 и 4. Коленчатый вал специально был доработан для подвода масла со второй коренной шейки в первую шатунную шейку

при установленной заглушке 3, а также для измерения количества масла через трубку 5.

На рисунке 3 показаны притоки Q и расходы R на номинальном режиме работы двигателя при $n = 2600 \text{ мин}^{-1}$. При номинальных зазорах в коренных и шатунных подшипниках они изображены соответственно кривыми 2.1 и 1.1. Номинальные зазоры (0,1 мм) получены путем установки в двигатель новых коленчатого вала, коренных и шатунных вкладышей. Максимальные зазоры до 0,4 мм получены установкой изношенных вкладышей после эксплуатации. Увеличение зазоров в коренных подшипниках приводит к снижению притоков (2.2). Увеличение зазоров в шатунных подшипниках приводит к возрастанию расходов (1.2). Из рисунка 3 видно, что благодаря центробежному насосному действию расход через шатунные подшипники при предельном зазоре 0,4 мм в шатунных подшипниках возрастает почти в 10 раз.

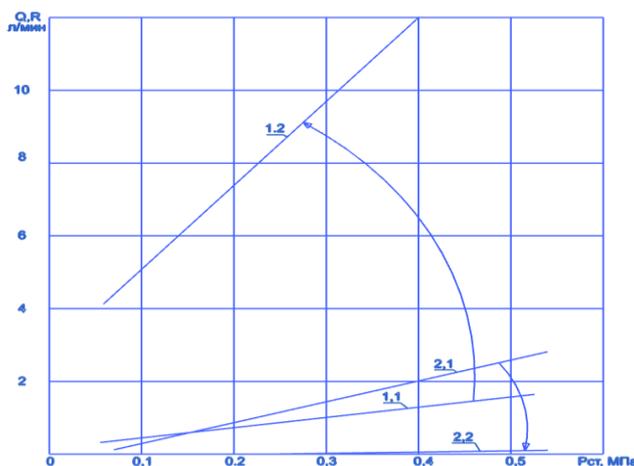


Рисунок 3 – Соотношение расходов масла по располагаемому притоку Q (2) и фактическому расходу R (1) к первой шатунной шейке на номинальном режиме работы двигателя в зависимости от увеличения зазоров от номинальных (1.1; 2.1) до предельных (1.2; 2.2) при различных давлениях в системе смазки

Из представленного графика на рисунке 3 видно, что разрыв потока (равенство прихода и расхода) может наступать при нормальном давлении в системе смазки 0,4...0,5 МПа при зазорах в шатунных и коренных подшипниках порядка 0,18...0,19 мм. В условиях разорванного потока подвод масла к шатунным подшипникам осуществляется не по расчетным режимам, а только

под давлением, создаваемым инерционными силами в центробежной ловушке с неопределенным распределением между двумя соседними подшипниками. Это является причиной выхода из строя одного из шатунных подшипников.

Выводы: в процессе эксплуатации, изнашивание коренных и шатунных подшипников приводит к изменению соотношения расходов и притоков и условия смазки шатунных подшипников.

Рекомендации:

- в эксплуатации при снижении давления в системе смазки осуществлять предупредительную замену коренных и шатунных вкладышей на номинальные;
- увеличить давление в системе смазки до 0,7 МПа и сдвинуть разрыв потока из эксплуатационного диапазона износов для предотвращения проворачивания шатунных подшипников;
- разработать методики и изучить гидродинамические явления в каналах подвода масла во вращающемся коленчатом вале созданием виртуальных моделей с использованием ПО Ansys, SiemensNX, STAR-CMM+.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барыльникова Е. П. Повышение ресурса автомобильных двигателей стабилизацией режима смазывания шатунных подшипников в эксплуатации : дисс. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Барыльникова Елена Петровна. Оренбург, 2013. 140 с.
2. Барун В. Н. и др. Причины и устранение случаев задира и проворачивания вкладышей подшипников коленчатого вала дизеля КАМАЗ // Двигателестроение. 1983. № 4. С. 3-5.
3. Барун В. Н., Григорьев М. А., Шестаков А. А. Определение причин задира и проворачивания шатунных вкладышей коленчатого вала двигателей КАМАЗ-740 // Протокол 37.104.05.1039-79, 1979. 7 с.
4. Кулаков А. Т., Денисов А. С. Обеспечение надежности автотракторных двигателей. Саратов : Саратовский гос. технический ун-т, 2007. 416 с.

REFERANCES

1. Baryl'nikova E. P. Povyshenie resursa avtomobil'nykh dvigatelei stabilizatsiei rezhima smazyvaniia shatunnykh pod-shipnikov v ekspluatatsii [Increasing the service life of automotive engines by stabilizing the lubrication

mode of connecting rod bearings in operation]. Ph. D. thesis. Orenburg, 2013, 140 p.

2. Barun V. N. et al. Prichiny i ustranenie sluchaev zadira i provorachivaniia vkladyshei podshipnikov kolenchatogo vala dizelia KAMAZ [Causes and elimination of cases of jamming and turning of bearings of diesel crankshaft bearings KAMAZ]. *Dvigatellestroenie*, 1983, no. 4, pp. 3-5.

3. Barun V. N., Grigor'ev M. A., Shestakov A. A. Opredelenie prichin zadira i provorachivaniia shatunnykh vkladyshei ko-lenchatogo vala dvigatelyi KAMAZ-740 [Determination of causes of cranking and cranking of crankshaft of engines KAMAZ-740]. *Protokol 37.104.05.1039-79*, 1979, 7 p.

4. Kulakov A. T., Denisov A. S. Obespechenie nadezhnosti avtotraktornykh dvigatelyi [Обеспечение надежности автотракторных двигателей]. Saratov, Saratovskii gos. tekhnicheskii un-t, 2007, 416 p.

Об авторах:

Барыльникова Елена Петровна, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» Набережночелнинского института (филиала) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (420008, Российская Федерация, Казань, ул. Кремлевская, 18), кандидат технических наук, доцент.

Кулаков Александр Тихонович, заведующий кафедрой «Эксплуатация автомобильного транспорта» Набережночелнинского института (филиала) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (420008, Российская Федерация, Казань, ул. Кремлевская, 18), доктор технических наук, профессор.

Фахруллин Ильшат Рафисович, аспирант Набережночелнинского института (филиала) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (420008, Российская Федерация, Казань, ул. Кремлевская, 18), fakhruллин.95@mail.ru.

About the authors:

Elena P. Barylnikova, associate professor of the department «Operation of road transport», Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University (420008, Russian Federation, Kazan, Kremlin Street, 18), Cand.Sc. (Engineering), associate professor.

Alexander T. Kulakov, Head of the Department «Operation of Road Transport», Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University (420008, Russian Federation, Kazan, Kremlin Street, 18), D.Sc. (Engineering), professor.

Ishat R. Fakhrullin, graduate student Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University (420008, Russian Federation, Kazan, Kremlin Street, 18), fakhruллин.95@mail.ru.