

УДК 621.822.01

СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК НЕРАЗЪЕМНОГО СОЕДИНЕНИЯ ВТУЛОК ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА ДВС

Санинский В.А., Румянцев Е.И., Горшенева М.П., Платонова Ю.Н.

Волжский политехнический институт (филиал), Волгоградский государственный технический университет (ГОУ ВПО «ВолгГТУ»), e-mail: saninv@rambler.ru

Предложена система допусков и посадок распределительного вала, направленная на повышение запасов точности с учетом изнашивания соосных пар трения за счет учета действительных величин пространственного расположения пар трения. Разработанная система допусков и посадок способствует введению автоматизированного подбора комплектующих деталей для селективной, в том числе индивидуальной сборки МУПВ. Разработанная система допусков МУПВ позволяет разработать рекомендации для назначения посадок в сопряжении «сборный из верхнего и нижнего вкладышей подшипник скольжения – коренная шейка коленчатого вала». Методы групповой и индивидуальной сборки могут иметь резерв повышения запаса точности $K_{т.м}$ МУПВ по сравнению с традиционным методом полной взаимозаменяемости соответственно в 1,93 и 5,14 раза.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, распределительный вал, соосность, подшипники, износ, поле допуска, посадка, зазор, пара трения.

KEYLESS ENTRY AND LANDINGS ARE PERMANENTLY CONNECTED TO THE BEARING BUSHES OF SLIP DISTRIBUTION SHAFT DVS

Saninsky V.A., Rumyantsev E.I., Gorsheneva M.P., Platonova Y.N.

Volga Polytechnic Institute (branch), the Volgograd State Technical University (HPE VSTU), e-mail: saninv@rambler.ru

The system of tolerances and fits camshaft directed action towards improving inventory accuracy, taking into account the wear coaxial pairs of friction by taking into account the actual measurements of the spatial location of friction pairs. A system of tolerances and fits promotes the introduction of the automated selection of accessories for the selective, including self-assembly MUPV. A system for tolerances MUPV allows to develop recommendations for the appointment of landings in conjunction "made of the upper and lower bearing inserts - crank journal." Methods of group and individual assemblies can have a reserve increase of stock $K_{t.m}$ MUPV accuracy compared with the traditional method of complete interchangeability respectively 1.93 and 5.14 times.

Keywords: internal combustion engine, the camshaft alignment, bearings, wear tolerance, landing clearance, friction pair.

Подшипники скольжения, применяемые в двигателях внутреннего сгорания (ДВС), могут представлять собой цельную конструкцию, разрезную или состоять их вкладышей. В статье [1] представлена система допусков и посадок разъемного соединения тяжелого V-образного дизеля 8ЧВН 15/16 коренных подшипников скольжения, позволяющая разработать рекомендации для назначения посадок в сопряжении отверстия D_u - условный подшипник – втулка, собранный из верхнего и нижнего вкладышей – и диаметра d коренной шейки коленчатого вала. На этой основе предложена методология повышения эксплуатационные характеристики МУПВ путем варьирования зазорами, рассчитанными по действительным отклонениям величин D_u и d с учетом отклонений от соосности этих деталей узла.

Разработанная система допусков и посадок способствует введению автоматизированного подбора комплектующих деталей для селективной, в том числе индивидуальной сборки МУПВ, что создает новые возможности для технологического обеспечения равномерных, в

пределах оптимальных пределов, зазоров в соосных парах трения, повышения работоспособности МУПВ и ДВС в целом.

Результаты исследований показывают, что применение системы при конструкторско-технологическом обеспечении качества МУПВ способами групповой и индивидуальной сборки позволяет обеспечить превышение запасов на износ лимитирующих коренных подшипников по сравнению с рассчитанными традиционным методом «максимум – минимум» соответственно в 1,81 и 1,86 раза.

Соответственно, методы групповой и индивидуальной сборок могут иметь резерв повышения запаса точности $K_{т.м}$ МУПВ по сравнению с традиционным методом полной взаимозаменяемости соответственно в 1,93 и 5,14 раза.

При этом система позволяет производить автоматизацию комплектации МУПВ [3-5] на основе автоматизированной компенсации разницы диаметров D постелей под вкладыши на основе стабилизации диаметров соседних подшипников компьютерной сборкой. Компенсирующие отклонения диаметров и от соосности постелей толщины вкладышей предлагается выбирать в среде КОМПАС 3D [3].

Однако для неразъемного соединения втулок подшипников скольжения распределительного вала ДВС такая система допусков и посадок в существующих и более ранних стандартах [6-8] не представлена. Отсутствие методики назначения допусков и посадок с применением аналогичной системы позволяет считать проведение такой работы актуальным.

Такую систему можно рассмотреть применительно к распределительным валам и осям рычагов, где, как правило, установлены соосные цельные втулки-подшипники, контактирующие с соосными шейками и образующие между собой соосные пары трения. Иногда, как это имеет место в корпусе распределительного вала двигателей ВАЗ, например в трибологической системе распределительных валов, подшипниками являются соосные отверстия в корпусе распределительного вала, т.е., такие втулки выполнены заодно с корпусом. Однако и этот вариант в упрощенном исполнении не противопоказан для использования положений известной методологии.

Такая монолитная система также образуют координированные параллельные ряды (КПР) глубоких прерывистых отверстий (ГПО) подшипниковых опор, и к ней предъявляются аналогичные технические требования. Каждый из пяти соосных подшипников скольжения корпуса распределительного вала двигателя ВАЗ имеет все эксплуатационные характеристики многоопорного узла поддержки распределительного вала (МУПВ). Возможные сочетания погрешностей поверхностей контакта соосных опор корпуса распределительного вала и соосных шеек распределительного вала показаны на рис. 3. Они относятся к погрешностям формы указанных поверхностей и не превышают их полей допусков.

Расчеты конструкторских и сборочных размерных цепей выполняют по ГОСТам [6–9]. При этом используются положения системы допусков и посадок, изложенные в работах [1-3].

С учетом всех погрешностей на схеме рис. 1 показаны диаметральные погрешности и влияние на зазоры в промежуточных соседних парах трения четырехопорного МУПВ, т.е. схема полей допусков четырехопорного МУПВ при неблагоприятном коллениарном расположении разнонаправленных векторов погрешностей, которая отражает влияние отклонений погрешностей обработки в поперечном сечении МУПВ на зазоры в соосных подшипниках после их сборки.

Становится возможным применение следующих обозначений, по аналогии с системой [1]: TD_{\min} , TD_{\max} – соответственно минимальный и максимальный допуски опоры-подшипника; $S_{\min F}$ и $S_{\max F}$ – минимальный и максимальный функциональные зазоры; $TD_{\text{к.ш}}$ – допуск коренной шейки; $S_{\text{и1}}$ – запас на износ первого подшипника; $\Delta_{\text{нс.к.ш2}}$ и $\Delta_{\text{нс.к.ш3}}$ – отклонения от соосности второй и третьей шеек распределительного вала; $\Delta_{\text{нс.к.о2}}$, $\Delta_{\text{нс.к.о3}}$ – отклонение от соосности второй и третьей опор-подшипников; $\Delta_{\text{пр ГПО}}$ – прочие отклонения ГПО, составленного из опор-подшипников корпуса распределительного вала; $S_{\text{оп}}$ – оптимальный зазор; $S_{\text{т}}$ – технологический зазор; $S_{\min F} < S_{\text{оп}} < S_{\text{т}} < S_{\min F}$; Y и X – координаты общей оси ГПО, мкм; ΣEPC_{i-j} – суммарная погрешность промежуточных подшипниковых опор.

Таким образом, можно рассчитать границу предельно допустимого зазора, при совмещении с границей допустимого износа $S_{\text{и}}$, соответствует суммарной погрешности ΣEPC_{i-j} промежуточных подшипниковых опор относительно общей оси [1].

При идеальном изготовлении узла ΣEPC_{i-j} равна максимальному функциональному зазору $S_{\max F}$. Следовательно, чем меньше погрешности деталей узла, тем больше запасы на износ ($S_{\text{и}}$) и технологическую точность ($K_{\text{т.мj}}$) МУПВ [5].

Если считать, что i -я пара трения (подшипник – шейка распределителя) с наименьшим $S_{\min iFi}$ приобретает критический зазор $S_{\text{и}}$ за больший промежуток времени, а в то же время j -я пара трения с зазором $S_{\max Fij}$ наибольшим в ряду и более приближенным к критическому может быстрее других при эксплуатации достичь критического износа $S_{\text{и}}$, то для лимитирующей i -й опоры запас $S_{\text{иi}}$ на износ можно определить с учетом рекомендаций работы [3; 4] по формуле

$$S_{\text{иi}} = 0,5[(S_{\max F} - S_{\min F}) - (TD + Td)] - \Sigma EPC_{i,j},$$

где $\Sigma EPC_{2-3} = EPC_{2-3} + \Delta_{\text{нс.о}} + \Delta D + 2\Delta Td_i$,

ΔTd_i – поле допуска на разнотолщинность втулки-подшипника по чертежу.

$\Delta_{\text{нс.о}}$ – биение отверстий под втулки распределительного вала.

$EPC_{2-3} = 2\Delta Td + \Delta_{нс. ш.р.в.}$, где ΔTd - поле допуска шейки распредвала.

Оценивать эффективность разработанной системы допусков и посадок можно по запасу точности МУПВ и через относительный коэффициент $K_{им}$ запаса на износ [5]: $K_{им} = S_{и.гр} / S_{и \max-min}$, где $S_{и.гр}$ – запас на износ при групповом методе сборки; $S_{и \max-min}$ – запас на износ при методе «максимум – минимум»:

$$S_{и \max-min} = 0,5[(S_{\max F} - S_{\min F}) - (TD + td)] - (\Delta_{нс.о} + \Delta_{нс.к.ш.} + \Delta_{i-j});$$

$$K_{им2} = S_{и.и} / S_{и \max},$$

где $S_{и.и}$ – запас на износ, рассчитанный при индивидуальном подборе.

Для метода полной взаимозаменяемости коэффициент запаса точности находим по формуле

$$K_{т.м1} = (S_{\max F} - S_{\min F}) / (TD + Td + \sum EPC_{i-j}).$$

Разработанная система допусков МУПВ позволяет рекомендовать методику расчета радиальных зазоров в сопряжении «опора - подшипник скольжения – шейка распределительного вала», назначать посадки с менее жесткими допусками, но при достижении минимально необходимых и достаточных величин радиальных зазоров. Это позволяет повысить эксплуатационные характеристики МУПВ путем варьирования зазорами, рассчитанными по действительным отклонениям деталей узла.

Данный метод также позволяет вычислить приведенный внутренний диаметр втулки-подшипника, имеющий предельные размеры, обеспечивая нормирование точности соединения условной втулки-подшипника и шейки распредвала, и назначать требуемый допуск посадки в соединении:

$$D_{пр \max} = D_{о \max} - \Delta Td_t;$$

$$D_{пр \min} = D_{о \min} - \Delta Td_t,$$

где $D_{о \max}$, $D_{о \min}$ – соответственно максимальный и минимальный размеры постели по сборочному чертежу картера; ΔTd_t – поле допуска на разнотолщинность втулки-подшипника по чертежу.

Разработанная система допусков и посадок способствует введению автоматизированного подбора комплектующих деталей для селективной, в том числе индивидуальной сборки МУПВ [4; 5], что создает новые возможности для технологического обеспечения равномерных, в пределах оптимальных пределов, зазоров в соосных парах трения, повышения работоспособности МУПВ на основе применения прецизионной сборки [5; 9; 10].

Подрисуночные подписи

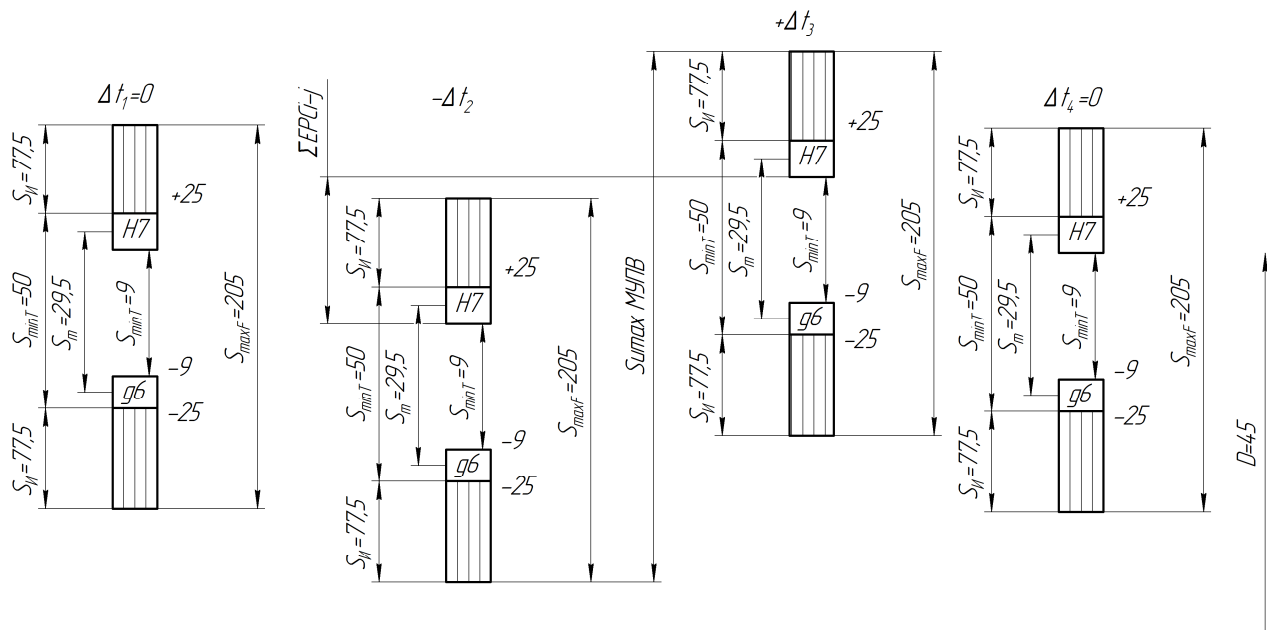


Рис. 1. Поля допусков четырехопорного МУПРВ (вид в продольном сечении):

- — — — — погрешности диаметральных размеров и границы зазоров; — — — — — границы погрешностей расположения подшипников-опор и шеек распределительного вала.

Таблица 1 - Значения исходных параметров и результатов расчета

S_{max}	S_{min}	TD	Td	$\Delta_{нс.о}$	$\Delta_{нс.к.ш}$	Δ_{i-j}	$K_{и.м1}$	$K_{и.м2}$	$K_{т.м2}/K_{т.м1}$	$K_{т.м3}/K_{т.м1}$
МКМ										
405	10	22	12	30	30	25	1,81	1,86	1,93	5,14

Список литературы

1. Компьютерная поддержка автоматизированного подбора комплектующих деталей при сборке многоопорного подшипникового узла ДВС / А.В. Петрухин, Н.П. Москвичева, В.А. Санинский, Н.А. Сторчак, М.В. Кочкин // Автомобильная промышленность. - 2011. - № 3. - С. 30-33.
2. Санинский В.А. Методология повышения запаса точности коренных подшипников дизелей размерной механической обработкой и компьютерной сборкой : учебное пособие // ВПИ (филиал) ГОУ ВПО «Волгоград. гос. тех. ун-т». - Волгоград, 2011. - 227 с.

3. Применение прецизионных технологий при производстве многоопорных узлов поддержки валов ДВС / В.А. Санинский, Н.А. Сторчак, М.В. Кочкин, А.А. Щавлев // Технология машиностроения. - 2011. - № 1. - С. 31-35.
4. Санинский В.А. Система допусков и посадок разъёмного соединения сборных коренных подшипников скольжения ДВС / В.А. Санинский, М.В. Кочкин, А.А. Шавлев // Вестник машиностроения. - 2010. - № 10. - С. 54-58.
5. Система автоматизированного подбора комплектующих деталей при сборке многоопорного подшипникового узла ДВС / А.В. Петрухин, В.А. Санинский, Н.П. Москвичева, М.В. Кочкин // Технология машиностроения. - 2011. - № 3. - С. 21-24.
6. ГОСТ 7929–80. Дизеля тракторные и комбайновые. 1982. - М. : Изд–во стандартов, 1981. - 19 с.
7. ГОСТ 24643–81 (СТ СЭВ 636–77). Допуски формы и расположения поверхностей. 1981. - М. : Изд–во стандартов, 1980. - 14 с.
8. ГОСТ 16320–80. Цепи размерные. 1982. - М. : Изд–во стандартов, 1982. - 29 с.
9. ГОСТ 16319–80. Цепи размерные. 1981. - М. : Изд–во стандартов, 1980. - 20 с.
10. Сторчак Н.А. Optimal combinations of contact surfaces in coaxial frictional pairs / Н.А. Сторчак, В.А. Санинский, Ю.Н. Платонова // Russian Engineering Research. - 2011. - Vol. 31, № 5. - С. 449-450. - Англ.
11. Systematization of the Contact-Surface Combinations in Frictional Pairs / В.А. Санинский, Н.А. Сторчак, А.В. Синьков, Ю.Н. Платонова // Russian Engineering Research. - 2011. - Vol. 31, No. 10. - С. 968-971. - Англ.

Рецензенты:

Шевчук В.П., д.т.н., профессор, профессор кафедры «Автоматизация технологических процессов и производств» филиала «Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Волжском, г. Волжский.

Пушкарев О.И., д.т.н., профессор кафедры «Общетехнические дисциплины» ВИСТЕХ (филиал) ВолгГАСУ, г. Волжский.