

УДК 621.83.061.1
ГРНТИ 55.03.33
ВАК 2.5.2

Методика расчета модифицированного ресурса подшипников качения

Сергей Владимирович Монтик^{1*}, Николай Сергеевич Монтик²,
Анна Петровна Головач³, Цзэчэн Фу⁴

*Брестский государственный технический университет,
Брест, Республика Беларусь*

^{1*}svmontik@mail.ru, ²nikolay.montik@gmail.com, ³golovach_anna@mail.ru, ⁴mea@bstu.by

Номинальный ресурс подшипников L_{10} , который соответствует 90% вероятности безотказной работы, и определяется для подшипников, изготовленных из широко используемого материала хорошего качества, при хорошем качестве изготовления и работающих в нормальных условиях эксплуатации [1], может значительно отличаться от реального срока службы современных высококачественных подшипников в определённых условиях эксплуатации. Фактический срок службы подшипника зависит от таких факторов, как условия смазывания, степень загрязнённости, наличие перекоса, правильность монтажа.

Если смазочный материал загрязнен твердыми частицами, то в результате перекачивания этих частиц могут образовываться остаточные вмятины на дорожке качения. В местах этих вмятин происходит повышение локального напряжения, которое ведет к снижению ресурса подшипника.

Эффективность смазочного материала главным образом определяется степенью разделения контактирующих поверхностей качения. Для образования соответствующей разделительной смазочной пленки смазочный материал должен обладать определенной минимальной вязкостью при достижении подшипником рабочей температуры. Условие разделения смазочным материалом характеризуется относительной вязкостью, являющейся отношением фактической кинематической вязкости к номинальной кинематической вязкости, необходимых для достижения надлежащих условий смазки. Значение кинематической вязкости принимают при рабочей температуре смазочного материала.

Для учета данных факторов в стандарте ГОСТ 18855-2013 (ISO 281:2007) [1] определяется модифицированный ресурс подшипников.

$$L_{nm} = a_1 a_{ISO} L_{10} \quad (1)$$

где a_1 – коэффициент модификации ресурса по вероятности безотказной работы; a_{ISO} – системный коэффициент модификации ресурса; L_{10} – номинальный ресурс, миллион оборотов.

Системный коэффициент модификации ресурса a_{ISO} учитывает следующие факторы: тип подшипника; предел усталостной нагрузки; эквивалентную динамическую нагрузку подшипника; условия смазки (тип смазочного материала, вязкость, частота вращения подшипника, размер подшипника, присадки); влияние окружающей среды (уровень загрязнения, уплотнения); параметры частиц загрязняющего вещества (твердость и размер частиц по отношению к размеру подшипника, метод смазывания, фильтрация); качество монтажа (соблюдение чистоты во время монтажа, например, тщательная промывка узла, фильтрация поставляемого масла).

При расчете предела усталостной нагрузки учитывается влияние следующих факторов: тип, размер и внутреннюю геометрию подшипника; профиль тел качения и дорожек качения; качество изготовления; предел усталостного напряжения материала дорожек качения. Некоторые мировые производители подшипников, например, шведская фирма SKF, в каталоге подшипников указывают предел усталостной прочности для конкретного типоразмера подшипника [2].

В ГОСТ 18855-2013 [1] приводятся усовершенствованный и упрощенный метод расчета предела усталостной нагрузки, а также методы расчета коэффициента загрязнений, относительной вязкости и коэффициента модификации ресурса a_{ISO} .

Ранее в соответствии с ГОСТ 18855-94 вместо понятия модифицированного ресурса использовался скорректированный расчетный ресурс L_{na} [2].

$$L_{na} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot L_{10} \quad (2)$$

где a_2 – коэффициент, корректирующий ресурс в зависимости от особых свойств материала и (или) конструкции подшипника; a_3 – коэффициент режима смазки, корректирующий ресурс в зависимости от условий работы подшипника. В связи с тем, что эти коэффициенты взаимосвязаны, в расчетах было принято использовать их произведение – коэффициент a_{23} [2]:

$$L_{na} = a_1 \cdot a_{23} \cdot L_{10} \quad (3)$$

Рассмотрим особенности расчета коэффициента модификации ресурса a_{ISO} и отличие его величины от ранее используемого коэффициента a_{23} на примере установленного на тихоходном валу двухступенчатого коническо-цилиндрического горизонтального редуктора роликового конического однорядного подшипника легкой серии 7216A по ГОСТ 27365-87, который для следующих условий эксплуатации: частота вращения внутреннего кольца подшипника 80 мин^{-1} ; эквивалентная динамическая нагрузка $28,8 \text{ кН}$. Для конического роликоподшипника для обычных условий работы, подшипник из стали ШХ15, полученной по обычной технологии, коэффициент $a_{23}=0,65$ [2].

Для рассмотренного примера $a_{ISO}= 0,89$, что в 1,37 раза больше, чем применяемый ранее коэффициент $a_{23}=0,65$. Т.е. за счет использования системного коэффициента модификации ресурса a_{ISO} , учитывающего загрязнение и условия смазки, модифицированный ресурс подшипника при тех же условиях работы оказывается в 1,37 раза больше, что позволяет использовать подшипники более легких размерных серий.

Методика расчета модифицированного ресурса подшипников по ГОСТ 18855-2013 [1] внедрена в учебный процесс и используется при проведении практических занятий и курсового проектирования по дисциплине «Детали машин» у студентов специальностей «Техническая эксплуатация автомобилей», «Автосервис», «Технология машиностроения».

Список источников:

1. ГОСТ 18855-2013 (ISO 281:2007, MOD). Подшипники качения. Динамическая грузоподъемность и номинальный ресурс. – Взамен ГОСТ 18855-94; введ. 01.08.2016. – Минск: Госстандарт: БелГИСС, 2016. – V, 49 с.: ил., табл.
2. Монтик, С.В. Особенности расчета модифицированного ресурса подшипников качения / С.В. Монтик // Новые технологии и материалы, автоматизация производства : сборник статей / Брестский государственный технический университет – Брест : Издательство БрГТУ, 2021. – С. 170–174.