

УДК 621.822.6

ЗАТРАТЫ МОЩНОСТИ НА ПРИВОД КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ШАРИКОВЫХ ПОДШИПНИКАХ

Данильченко Ю.А., Данильченко А.И.

Руководитель – д.т.н., профессор Самсонов В.Н.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева

Определение затрат мощности, необходимых для движения шариков и сепаратора в высокоскоростных шариковых подшипниках опор роторов ГТД, необходимо для выбора допустимого диапазона изменения осевых нагрузок и для оптимизации системы смазки и охлаждения подшипникового узла. Кроме того, разработка методов динамического анализа движения конструктивных элементов подшипника, требует определение затрат мощности для составления уравнений равновесия. Основными слагаемыми затрат мощности являются: трение скольжения - верчения на площадках контакта шариков с дорожками качения, гидродинамическое сопротивление в смазочном слое за счет перемешивания смазки в полости опоры, гистерезисные потери от упругой деформации элементов подшипника. С увеличением частоты вращения возрастает доля гидродинамического сопротивления, обусловленная силами жидкостного трения на поверхностях шариков и сепаратора, а также сопротивлением орбитальному движению шариков вокруг оси подшипника.

Разработана модель высокоскоростного шарикового подшипника, учитывающая трехмерное движение шариков и сепаратора по орбите подшипника, гидромеханические потери, затрачиваемые на привод сепаратора и шариков; при расчете сил трения учитывается неизотермический характер течения смазки в контактах шариков с дорожками качения //1/. Гидромеханическая модель позволяет с применением теории пограничного слоя определить затраты мощности на привод сепаратора, вращение шариков в гнездах сепаратора и движение шариков по окружности подшипника. Расчет напряжения трения выполняется на основе теории пограничного слоя с учетом свойств жидкости, режима обтекания и близости других поверхностей. Полагается, что для подшипников ГТД, работающих при скоростном параметре $Dn=10^6$ и выше, режим течения жидкости в пограничном слое поверхностей шариков является турбулентно - вихревым, а на цилиндрических поверхностях сепаратора существует турбулентное движение Куэтта. Применительно к шарикоподшипникам опор роторов ГТД с подачей смазки из форсунок, полагается, что они не полностью заполнены смазкой; за счет ее перемешивания в полости опоры создается масловоздушная смесь (масляный туман). Для определения коэффициентов гидравлических используется среднеобъемная плотность, зависящая от соотношения масла и воздуха в соответствующих зонах подшипника.

Для исследования был выбран подшипник с четырехточечным контактом с габаритными размерами 150x225x35 мм с бронзовым сепаратором, центрирующимся по направляющим бортикам наружного кольца. Считалось, что подшипник работает при 8400 об/мин, при смазке маслосмесью, составленной по объему из 50% масла МС-20 и 50% трансформаторного масла; температура рабочих поверхностей составляла 100° С, а доля масла в объеме опоры принималась равной 0,35. Получено, что потери мощности при данных условиях составляют 6,85 кВт, из них порядка 70% приходится на привод шариков для их движения по орбите подшипника вместе с сепаратором. При увеличении доли масла в полости опоры с 0,05 до 0,8 гидравлические потери увеличиваются с 1,23 до 18,8 кВт, а силы надавливания шариков на сепаратор возрастают более, чем в 8 раз (с 1,1 до 8,5 Н). Это подтверждает необходимость тщательной проработки системы смазки и охлаждения подшипника.