

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В ЗАЗОРЕ ЧАСТИЧНО ПОРИСТЫХ ПОДШИПНИКОВ С ВНЕШНИМ НАДДУВОМ ГАЗА

Космынин А.В., Виноградов С.В.

Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет.

Комсомольск-на-Амуре, Россия

Одним из направлений повышения точности и производительности металлорежущих станков является применение в шпиндельных узлах подшипников на газовой смазке. Исследованиями установлено, что среди многообразных конструкций газостатических опор лучшими характеристиками обладают пористые подшипники.

Вместе с тем, применение пористых подшипников осложняется трудностью точного изготовления вкладыша. Поэтому перспективными представляются конструкции подшипников, в газонепроницаемом вкладыше которых устанавливаются пористые вставки, предназначенные для подвода газа в зазор опоры. Заметим, что такие подшипники более технологичны по исполнению, чем подшипники с дискретными питающими отверстиями и микроканавками. Анализ многочисленных работ отечественных и зарубежных ученых по исследованию газовых опор говорит, что особенности работы частично пористых подшипников до настоящего времени остаются наименее изученными.

Для теоретического исследования характеристик подшипников с пористыми вставками в КНАГТУ разработана математическая модель распределения поля давления смазки в зазоре подшипников, что, в итоге, позволяет определить основные эксплуатационные характеристики таких опор.

Систему исходных уравнений, описывающих течение смазки, составляют уравнение политропы, движения, неразрывности и энергии. При разработке математической модели приняты следующие допущения:

течение газа в пористой среде считается вязким и ламинарным. К такому течению применим закон Дарси, что позволяет считать коэффициент проницаемости пористого материала постоянным;

течение газа в зазоре подшипника изотермическое, а сама газовая смазка сжимаемая, и удовлетворяет уравнению состояния;

радиус вала намного больше толщины смазочного слоя;

толщина смазочного слоя позволяет пренебречь течением в пленке в направлении нормали к стенкам подшипника и считать давление в этом направлении неизменным;

массовые и инерционные силы пренебрежительно малы по сравнению с силами вязкого трения и восстанавливающей силой смазочного слоя, уравнивающей внешнюю нагрузку;

режим работы подшипника стационарный.

Можно показать, что с учетом принятых допущений поле давления газа в зазоре частично пористых подшипников можно найти с помощью модифицированного уравнения Рейнольдса. Это уравнение является дифференциальным уравнением эллиптического типа в частных производных, поиск аналитического решения которого является сложной задачей. Поэтому решение уравнения Рейнольдса выполняется численным методом путем аппроксимации входящих в него частных производных трехточечными центральными разностями. При этом краевые условия решаемой задачи ставятся на границе области интегрирования и на границе пористых вставок.

Решение совокупной системы уравнений ведется итерационным методом Гаусса-Зейделя. Необходимыми и достаточными условиями завершения итерационного цикла являются условия малого отличия (в пределах заданной погрешности) давления в любом узле конечно-разностной сетки на двух ближайших итерациях.

Для проверки корректности решения краевой задачи в КнАГТУ выполнен комплекс экспериментальных исследований характеристик частично пористых опор с различным расположением вставок во вкладыше подшипника.

Сопоставление экспериментальных и теоретических характеристик показало, что расхождение в оценке несущей способности подшипника не превосходит 18%, а коэффициента радиальной жесткости 17%.