

Введем понятие функции качества (запаса работоспособности)

$$\varphi = \sigma_{пред} - \sigma_p, \quad (1)$$

где  $\sigma_{пред}$  – предельные напряжения (предел длительной прочности, предел выносливости и др.);  $\sigma_p$  – рабочее напряжение в расчётном сечении.

Тогда для надёжной работы детали двигателя необходимо выполнение условия

$$\varphi > 0.$$

Предельные и рабочее напряжения – случайные величины. Они имеют нормальное или логарифмически-нормальное распределение вокруг среднего значения с некоторым стандартным отклонением от него. Следовательно, функция качества  $\varphi$  согласно выражению (1) как композиция распределений  $\sigma_{пред}$  и  $\sigma_p$  также является случайной величиной.

Можно показать, что для оценки показателей надёжности деталей двигателя при статическом нагружении необходимо уметь определять среднее квадратическое отклонение  $\sigma_{\sigma_p}$  возникающих в детали напряжений.

Среднеквадратическое отклонение  $\sigma_{\sigma_p}$  можно найти несколькими способами: методом малых возмущений, с помощью модуля “Probabilistic Design System” (PDS) в пакете конечно-элементного анализа ANSYS и др. Результатом вероятностного расчёта в пакете ANSYS являются интегральные функции распределения возмущающих и результирующих факторов, их номинальные значения и среднеквадратические отклонения, вероятности достижения ими заданных значений, матрицы корреляций и графики вероятностных коэффициентов чувствительности, определяющие рассеивание «выходного» параметра при наличии рассеивания «входных» параметров.

В настоящей работе использован программный пакет ANSYS, а в качестве примера рассмотрено рабочее колесо турбины ТРДД НК–8–4 самолета Ил-62.

По результатам расчёта можно показать, что методика позволяет ещё на этапе проектирования оценить показатели безотказности и выявить факторы, которые наиболее сильно влияют на надёжность изделия.

УДК 621.822

## **О ПОВРЕЖДЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ РОТОРНЫХ ПОДШИПНИКОВ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА НК, РАБОТАЮЩИХ В КАЧЕСТВЕ ПРИВОДА ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОВ**

Наздрачёв С.В.

ОАО «Кузнецов», г. Самара

### **GAS TURBINE ENGINE ROTOR BEARINGS ELECTRICAL CURRENT DAMAGE ON THE BASE OF NK-FAMILY ENGINES FOR ELECTRICAL GENERATOR DRIVE**

*Nazdrachev S.V. Electrical current damage is a problem known for a long time. But until now we have never met this problem in our gas turbine engines. The article deals with our experience in diagnostic of this event and solution of bearing protection problem and measures of dielectric resistance increase by means of bearing ceramic coating and the use of hybrid bearings.*

Проблема защиты подшипников от воздействия электрического тока остро стоит в электротехнических отраслях промышленности, но в нашей практике подобное явление встретилось относительно недавно. На не-

скольких двигателях, работавших в качестве привода электрогенератора, было отмечено повреждение подшипников, состоявшее в появлении на беговых дорожках и телах качения чередующихся полос. Причиной воз-

никновения подобных дефектов может быть вибрация двигателя в неподвижном состоянии, например, при транспортировке или вибрациях подвески двигателя на стоянке от соседних агрегатов. Такой тип повреждений получил название «ложное бринеллирование». Другой вероятной причиной возникновения могло стать прохождение электрического тока через конструкцию двигателя, например, от ротора турбогенератора.

Для определения первопричины повреждений был проведён ряд исследований.

Во-первых, повреждённые детали подшипников были обмерены на координатно-измерительной машине. Обмеры показали, что глубина выработок (по местам полос) достигает 0,2 мм.

Во-вторых, было проведено металлургические исследование материала беговых дорожек и тел качения. Оно показало, что на поверхности тел качения и беговых дорожек имеется изменённый слой, характерный для электроэрозионной обработки деталей, который мог возникнуть при локальных импульсных тепловых воздействиях от проскакивания электрической искры.

Наконец, было дано расчётное обоснование возникновения дефекта от прохожде-

ния электрического тока именно в виде полос на беговых дорожках исходя из предположения, что источником повреждения является турбогенератор, а именно генерируемый им переменный ток с частотой 50Гц. Было получено совпадение частоты следования полос на дефектных подшипниках с расчётной частотой при принятых допущениях.

Учитывая опыт ведущих зарубежных фирм (SKF, NSK и др.), занимающихся разработкой и производством подшипников, были намечены мероприятия по устранению дефекта.

Первое направление — использование токоизолирующих покрытий, наносимых на подшипники. Предполагается использовать диоксид циркония или диоксид кремния. В настоящее время мы занимаемся этими исследованиями на нашем предприятии.

Второе направление — применение гибридных подшипников с керамическими телами качения. Этот метод чаще всего и используется за рубежом.

Планируется испытать обновлённые подшипники с токоизолирующим покрытием на установках и в составе двигателя.

УДК 621.452

## **ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ И ДОВОДКИ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Шмотин Ю.Н., Егоров И.Н., Чупин П.В.

НПО «Сатурн», г. Рыбинск

Создание современной наукоемкой техники, такой как газотурбинный двигатель, подразумевает внедрение наиболее передовых методов на всех этапах жизненного цикла изделия. Это касается и принципов проектирования.

За последние 10 лет конструкторское бюро ОАО «НПО «Сатурн» вышло на совершенно иной технологический уровень. Широкое использование на предприятии передовых информационных технологий – ос-

нова нового системного подхода к проектированию и в целом к созданию двигателя на всех этапах. Сегодня работа по конструированию и изготовлению двигателя ведется в едином информационном пространстве с использованием самых современных методов и подходов.

В настоящее время информационные технологии, используемые в ОАО «НПО «Сатурн», обеспечивают поддержку полного