

Ю.А. Гусев, А.С. Гольцов, С.С. Крыгин

ИЗМЕРЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ ВЫСОКОНАГРЕТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГТД С ПОМОЩЬЮ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ

Развитие газотурбинных двигателей (ГТД) различного назначения неразрывно связано с повышением их основных характеристик. При этом возрастают параметры рабочего тела, в частности, температура газового потока и интенсивность нагрузок на конструктивные элементы при возрастающей частоте вращения роторов. Прочностная надежность высоко нагретых элементов ГТД является фактором, определяющим ресурс двигателя в целом. Наиболее часто встречающиеся случаи повреждения элементов ГТД обусловлены статическими напряжениями и, в основном, относятся к лопаточному аппарату, корпусам компрессоров и газовых турбин, камерам сгорания и элементам роторов, работающих в диапазоне температур 200–750 °С. Погрешности измерения статических деформаций деталей, как правило, связаны с недостаточной компенсацией температурного приращения сопротивления чувствительным элементом (ЧЭ) тензометра и с возникновением токов шунтирования между ЧЭ и телом детали через изолятор-связующее. Изменение электросопротивления ЧЭ тензометра воспринимается измерительной системой как мнимая деформация. Погрешность измерения от шунтирования значительно возрастает с ростом температуры исследуемой детали, так как при этом значительно уменьшается удельное электросопротивление изолятора-связующего.

В работе рассмотрен тензометрический датчик с двумя чувствительными элементами. Нижний ЧЭ тензометрического датчика расположен в изоляторе-связующем в непосредственной близости от тела детали и воспринимает ее основную деформацию. Верхний ЧЭ расположен над нижним. Главные оси элементов повернуты относительно друг друга на 90°С и играет роль температурно-компенсирующего элемента и одновременно регистрирует поперечную деформацию детали.

Представлена электрическая модель распределения потенциалов в тензометрическом датчике. Для определения величины токов шунтирования было применено правило Кирхгофа к линейной электрической цепи, и записаны конечно-разностные дифференциальные уравнения для суммы токов во всех узлах электрической модели. Конечно-разностные дифференциальные уравнения преобразованы в матричное, решение которого позволяет получить токи утечки во всех узлах электрической модели тензометра. Получены суммарные токи утечки в нижнем и верхнем ЧЭ тензометра для различных случаев, а также, относительные погрешности измерения деформации, обусловленные шунтированием.