

РАЗРАБОТКА КОНТАКТНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ДАТЧИКА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА ГТД

Н.В. Рузанов, М.А. Болотов, В.А. Печенин, Е. Р. Матэк
Научный руководитель: к.т.н. М.А. Болотов
Самарский университет,
Россия, г. Самара, Московское ш., 34, 443086
E-mail: n.v.ruzanov@ssau.ru

Лопатки компрессора являются наиболее массовой деталью газотурбинного двигателя. От точности их изготовления зависит надежность и экономичность всего двигателя, поэтому данные детали требуют особого контроля своих геометрических параметров[1]. Форма ключевых поверхностей лопатки компрессора позволяет отказаться от использования сложных универсальных измерительных машин и разработать специализированный прибор, предназначенный для измерения данных поверхностей, что позволит снизить стоимость процедуры контроля данных деталей[2]. Измерительные машины состоят из множества компонент, в данной работе рассматривается разработка одного из ключевых узлов измерительной машины – измерительного датчика. Разрабатываемый датчик планируется использовать в составе специализированного прибора для измерения геометрических параметров лопаток компрессора газотурбинного двигателя.

Для измерения формы поверхности лопатки широко используется контактный метод измерения. Данный метод основан на определении координат точки касания измеряемой поверхности и измерительного щупа, входящего в измерительный датчик. Вследствие давления со стороны измеряемой поверхности измерительный щуп отклоняется от своего начального положения. Задача измерительного датчика заключается в определении величины данного отклонения, что в дальнейшем позволяет определить указанную точку касания.

Основным измерительным элементом разрабатываемого измерительного датчика был взят тензорезистор. Устройство имеет малые геометрические размеры и обладает узким диапазоном допустимого изменения своих размеров[3], поэтому для увеличения диапазона допустимых отклонений измерительного щупа от положения покоя тензорезистор был наклеен на углепластиковую пластину. Измерительный щуп также находится на углепластиковой пластине, поэтому при возникновении давления на щуп происходит отгиб указанной пластины. Одновременно с деформацией пластины происходит изменение размеров тензорезистора, наклеенного на её участок. Сопротивление тензорезистора постоянно измеряется аналого-цифровым преобразователем и передается для дальнейшей обработки на персональном компьютере. Внешний вид разрабатываемого измерительного датчика представлен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид измерительного датчика

В ходе работы в системе ANSYS было создано несколько моделей измерительного датчика, проведено имитационное моделирование силового воздействия на измерительный щуп и проведен анализ возникающих деформаций углепластиковой пластины. На основе полученных результатов была выбрана модель измерительного датчика, позволяющая достичь наибольшей чувствительности устройства.

В результате тестирования датчика, созданного по полученной модели, было отмечено высокое влияние температуры окружающей среды на результаты измерения. Данное явление связано с высокой чувствительностью тензорезистора к температурному расширению. Для компенсации температурного воздействия был принят ряд мер:

1. Произведена замена кремниевого тензорезистора на тензорезистор на базе сульфида самария, обладающего меньшей зависимостью от температуры окружающей среды.
2. Изменена конструкция датчика - расположение основной конструкции датчика в пластиковом корпусе, защищающего её от колебаний воздуха.

Указанные меры позволили сделать изменение температуры датчика более плавным, что в свою очередь улучшило качество температурной компенсации результатов измерения, реализованной в программном обеспечении управления измерительным датчиком.

Также в ходе экспериментов было выявлено значительное влияние на результаты измерения вибраций площадки, на которой находится измерительный датчик. Для подвода площадки с измерительным датчиком к измеряемой поверхности используется шаговый двигатель. Дискретность вращения двигателя приводит к возникновению вибраций площадки в моменты её движения. Указанную зависимость в некоторой степени удалось компенсировать за счет добавления демпферного элемента из силикона и изменения алгоритма обработки данных.

Задачей измерительного датчика является определение величины смещения измерительного щупа. Для решения данной задачи на основе практических экспериментов была построена зависимость величины отклонения щупа от величины сопротивления тензорезистора (рис. 2). После получения указанной зависимости был изготовлен плоский эталонный элемент с углублениями заданной глубины, проведено измерение сопротивления тензорезистора в различных точках эталонного элемента и определено смещение измерительного щупа в измеренных точках (рис. 3).

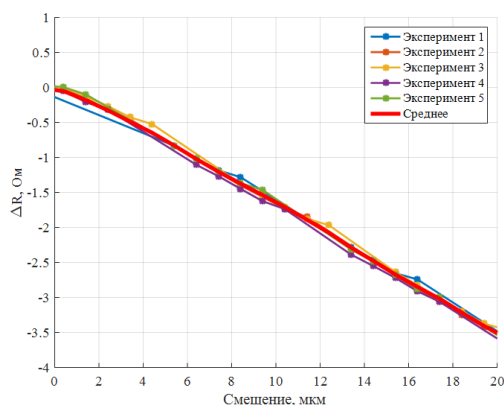


Рис. 2. Зависимость сопротивления тензорезистора от величины смещения измерительного щупа

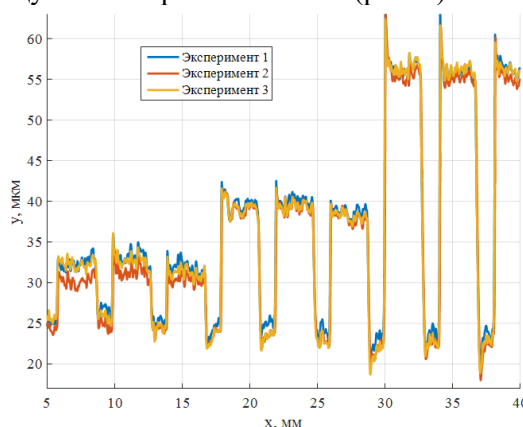


Рис. 3. Участок эталонного элемента с углублениями 8, 16 и 32 мкм

Анализ результатов измерения показал, что точность измерения параметров эталонного элемента составляет порядка 3-4 микрон, что сопоставимо с точностью других измерительных датчиков. Также высокая частота аналого-цифрового преобразователя сделала возможным достижение значительной скорости измерения, что позволяет построить модель измеряемой поверхности с большой точностью. Результаты работы показывают перспективность дальнейшей разработки измерительного датчика на основе тензорезистора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ermakov A.I., Shklovets A.O., Popov G.M., Kolmakova D.A. Investigation of the effect of the gas turbine compressor supports on gas flow circumferential nonuniformity // Research Journal of Applied Sciences. – 2014. – V.9. – № 10. – PP. 684-690.
2. Bolotov M.A., Kapenkina E.A., Rusanov N.V., Pechenin V.A. Choice of production measuring instruments based on techno-economic analysis, taking into account the type I error and type II error // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2014. – V.9. – № 10. – PP. 1834-1841.
3. Park, J.-J., Kwon, K., Cho, N. Development of a coordinate measuring machine (CMM) touch probe using a multi-axis force sensor // Measurement Science and Technology. – 2006. – V. 17. – № 9. – PP. 2380-2386