

УДК 004.932; 681.78

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗНОРАКУРСНОГО КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛОПАТОК ПАРОВЫХ ТУРБИН ОТ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ОСВЕТИТЕЛЯ

Ахмеров А.Х. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н., доцент Васильев А.С.

(Университет ИТМО)

Исследование посвящено экспериментальной оценке эффективности методов разноракурсного комплексирования изображений при использовании различных источников излучения видимого и ближнего инфракрасного диапазона. Для получения зависимости эффективности комплексирования от спектрального состава были выбраны 11 различных однокомпонентных светодиодных источников с длинами волн в интервале 400..950 нм и реальный образец изношенной лопатки паровой турбины. Представлена спектральная характеристика эффективности методов комплексирования, согласно которой максимальная эффективность достигается при длине волны источника излучения 505 нм.

Введение. Паровые турбины являются неотъемлемой частью современной энергетики – с их помощью вырабатывается более половины всей электроэнергии в России. Детали проточной части паровых турбин подвергаются воздействию перепадов температуры и давления, а также повреждаются в результате эрозии и коррозии. Это приводит к изменению отражательной спектральной характеристики поверхности лопаток уже к моменту первой диагностики.

Ранее был проведен ряд исследований посвященных созданию оптико-электронного комплекса для контроля износа лопаток паровых турбин, основанного на многоканальном видеозндоскопе и методах обработки изображений. Многоканальный видеозндоскоп позволяет избежать перепозиционирования видеоустройства в турбине за счет охвата всей контролируемой области лопатки в одном кадре, ускоряя процедуру диагностики и уменьшая погрешность измерений. Методы обработки изображений включают в себя алгоритмы комплексирования снимков нескольких каналов и измерения дефектов формы и поверхностных повреждений. Комплекс позволяет вывести метод видеозндоскопирования на новый уровень и в перспективе может уменьшить частоту вскрытия цилиндров турбин, уменьшая трудоемкость и стоимость диагностических работ.

Методы разноракурсного комплексирования основаны на поиске и сопоставлении опорных точек нескольких изображений, соответствующих одним и тем же точкам пространства. Для нахождения опорных точек необходимо, чтобы детали поверхности объекта на изображении обладали высоким контрастом, сохраняющимся независимо от ракурса съёмки. При этом окрестности найденных опорных точек должны быть уникальны и идентифицируемы на всех исходных изображениях. Контраст деталей поверхности также не менее важен для поиска и измерения дефектов.

Основная часть. Для создания наиболее контрастной картины на поверхности лопатки паровой турбины необходимо подобрать подходящий спектральный состав источника излучения. Известно, что отражательная способность большинства металлов, металлических сплавов и углеродистой стали растет с увеличением длины волны, однако в случае лопаток паровых турбин это правило неактуально, так как воздействие коррозии изменяет спектр отражения.

В рамках эндоскопического устройства в силу габаритных ограничений наиболее подходящими источниками излучения для системы подсветки являются светодиоды. Большинство малоразмерных фотоприемных устройств, применимых для задачи видеозндоскопирования лопаток паровых турбин, изготавливаются по технологии КМОП (комплементарная структура металл-оксид-полупроводник) на базе кремния, а их

спектральный диапазон чувствительности ограничивается видимым и ближним инфракрасным излучением.

Для постановки эксперимента используются два видеоэндоскопа МЕГЕОН-33251 с разрешением 640x480, частотой кадров 30 Гц и углом обзора 52°. Видеоэндоскопы располагаются на расстоянии 170 мм от контролируемого объекта, в качестве которого используется реальный образец снятой с эксплуатации лопатки паровой турбины. Таким образом, пересечение полей зрения эндоскопов в плоскости размещения лопатки составляет 38%.

В качестве источников излучения используются 11 различных моделей светодиодов с длинами волн 405, 470, 505, 525, 550, 568, 590, 625, 660, 700 и 950 нанометров. Светодиоды размещаются вместе с видеоэндоскопами, а их яркость регулируется таким образом, чтобы общая яркость изображения поверхности лопатки была максимально идентична для всех используемых источников. Оценка и согласование общего уровня яркости производится по гистограмме получаемых изображений, что позволяет учесть спектральную характеристику чувствительности видеоэндоскопов.

При съёмке собственная система подсветки используемых видеоэндоскопов выключена, а вся установка закрыта темной тканью, чтобы избежать влияния внешней засветки на результаты эксперимента. Чтобы проверить эффективность разноракурсного комплексирования для различных участков лопаток, видеоэндоскопы и источники излучения смещаются вдоль контролируемого объекта с шагом 50 мм при помощи системы позиционирования Standa 8MT295. Качество результатов комплексирования оцениваются при помощи математического и визуального критериев.

Выводы. Полученные в рамках эксперимента изображения позволили составить спектральную характеристику эффективности источников излучения для разноракурсного комплексирования изображений пораженных коррозией лопаток паровых турбин. Согласно полученной зависимости, источники излучения синей области спектра показывают высокую эффективность, возрастающую на интервале от 405 до 505 нм. При увеличении длины волны от 505 нм наблюдается падение эффективности вплоть до длинноволновой границы исследуемого интервала 950 нм. Интерполяция полученной зависимости позволяет выявить теоретическую оптимальную длину волны источника, составляющую 492 нм.