

УДК 681.7; 004.932

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КРОМКИ ЛОПАТОК ПАРОВЫХ ТУРБИН

Ахмеров А. Х.¹

Научный руководитель – к.т.н., Васильев А. С.¹

¹Университет ИТМО

В работе представлен алгоритм определения геометрических параметров кромки рабочих лопаток паровых турбин на основе морфологической обработки изображений. Проанализированы и опробованы различные схемы функционирования алгоритма. Представлены результаты проверки работоспособности алгоритма на базе экспериментального макета.

Введение

В процессе эксплуатации рабочие лопатки паровых турбин подвергаются воздействию высоких температур, перепадов давления, каплеударных нагрузок, приводящих к их постепенному разрушению и выходу из строя. Поломки рабочих лопаток могут привести к неблагоприятным последствиям, включающим в себя угрозу жизни обслуживающего персонала, а также поломки паротурбинной установки в целом.

Процедура осмотра лопаточного аппарата является крайне трудоемким, но неотъемлемым процессом при эксплуатации паровых турбин. Для облегчения этой процедуры путём обеспечения возможности осмотра рабочих лопаток без полной разборки корпуса турбины используются оптико-электронные системы эндоскопирования. Принцип действия оптико-электронных систем эндоскопирования основан на введении видеоэндоскопов внутрь турбины через специальные технологические каналы, проделанные в ее корпусе. При этом, как правило, контролируется только внешняя часть кромки.

Для контроля большей части кромок и поверхности рабочих лопаток предлагается использование многоканальных систем эндоскопирования, использующих несколько каналов получения изображений одновременно. За счет комплексирования разноракурсных изображений и их обработки можно измерить геометрические параметры кромки рабочих лопаток с высокой точностью.

Разработка алгоритма

Первым этапом алгоритма морфологической обработки является бинаризация исходного изображения. Наиболее приоритетной функцией корпуса паротурбинной установки является обеспечение полной герметичности каналов, рабочих каналов, по которым проходит пар. В связи с этим, внутренняя часть корпуса практически полностью свободна от внешних засветок. Таким образом, единственным источником внутри будет являться видеоэндоскоп, вводимый через технологический канал.

Тем не менее, следует учитывать, что интенсивность света, падающего на входную и выходную кромки будет сильно отличаться, так как одна из них будет расположена значительно ближе к видеоэндоскопу. Порог бинаризации, а также методику его расчёта следует выбирать, ориентируясь на контраст между лопаткой и фоном. Для реализации текущего алгоритма было решено использовать метод Отсу, позволяющий осуществить адаптивный расчет порога бинаризации.

Так как лопатки экспериментального макета были изготовлены при помощи 3D-принтера, их поверхность обладает определенным рельефом, создающим перепады освещенности по всему изображению. Для более корректного определения области изображения, относящейся к лопатке, следует сгладить этот рельеф. Для этого предобработка включает в себя размытие Гаусса, а после бинаризации к изображению применяется операция замыкания.

После предобработки и бинаризации осуществляется поиск цельных объектов на изображении. Способ выбора контрольного объекта зависит от количества лопаток,

попадающих в поле зрения системы, и взаимного соотношения их размеров на изображении. Вычисляются координаты угловых точек лопатки, определяется положение кромок по значениям соседних пикселей. По известным исходным геометрическим параметрам лопаток (угол закрутки, длина, хорда) и углу поворота лопаток по отношению к устройству получения изображений рассчитываются положения эталонных прямых, описывающих положение кромок. Для оценки степени эрозии рассчитываются отклонения точек, относящихся к изображению кромок лопатки, от эталонных прямых.

Выводы

Разработана структура алгоритма морфологической обработки изображений для определения геометрических параметров кромок лопаток. Алгоритм успешно опробован на экспериментальных изображениях, полученных при помощи экспериментального стенда. При определенной доработке и настройке алгоритм может быть внедрен в средства обработки изображений реальных систем эндоскопирования. Выделено направление дальнейших исследований – оценка влияния смаза изображения при съёмке во время поворота вала турбины.