

Термографический контроль установок для обеззараживания воды ультрафиолетовым излучением

В.Ф. Клепиков, С.Н. Шаляпин*, Н.И. Базалеев, В.В. Брюховецкий, В.В. Литвиненко^o

Институт электрофизики и радиационных технологий НАН Украины
*ООО «Харьковская электротехническая компания»

Введение

Технология обеззараживания воды бактерицидным ультрафиолетовым излучением имеет более чем пятидесятилетнюю историю. На ранних стадиях создания принципов проектирования установок [1] одна из задач, заключалась в оценке равномерности обеззараживания воды в процессе прохождения через камеру с источниками ультрафиолетового излучения. Так в работе [1] описан подход, основанный на использовании натурной модели камеры обработки, выполненной из оптически прозрачного материала, что позволяло наблюдать перемешивание красящего пигмента при внесении его на входе в камеру и, таким образом, оценивать траекторию единичного объема жидкости а, соответственно, и полученную им дозу облучения. Учитывая то, что в настоящее время различными производителями изготавливается широкая номенклатура установок, снабженных различными турбулизаторами, выполняющими функцию перемешивания воды в потоке, проведение подобных натуральных испытаний влечет существенные дополнительные расходы ресурсов и времени на внедрение новых моделей. К тому же наличие шероховатостей поверхности у реальных изделий будет также влиять на режимы перемешивания жидкости, и, таким образом, они будут отличаться от полученных при модельном эксперименте.

Важной задачей является также оценка надежности сварных швов изделий, равномерности затяжки болтов на фланцевых соединениях. Данная задача решается проведением обязательных гидравлических испытаний, сводящихся к констатации целостности конструкции и ее прочности при подаче нормативной нагрузки. Однако эти испытания не способны оценить

^o email: vvlytvynenko@ukr.net

участки наиболее вероятного нарушения в будущем при истечении срока эксплуатации. Указанная проблема важна с точки зрения тенденций перехода к европейским стандартам качества и связанным с этим оперированием термином «управление старением», заключающегося в необходимости физически обоснованного прогнозирования вероятного сценария нарушения целостности сосуда под давлением [2]. Следует также отметить, что повышенные требования к качеству технической воды на АЭС а также к бактериологическому составу сбросовых вод открывает перспективы использования ультрафиолетовых установок в гидроцехах АЭС и, таким образом, предъявляет к ним повышенные требования по надежности и безопасности..

Вместе с тем вышеуказанные операции могут быть успешно дополнены оперативным и информативным методом на основе проведения дистанционного термографического контроля. Данный метод находит все большее применение в науке, промышленности, медицине, коммунальном хозяйстве, экологии, энергетике [3-6] и его интеграция в технологии диагностики аппаратов для ультрафиолетового (УФ) обеззараживания воды является, несомненно, актуальной.

Проведение термографических исследований связано с необходимостью учета возможных помех. Для решения задачи использования термографических измерений в повышении эффективности диагностики при стендовых испытаниях аппаратов УФ обеззараживания необходимо было: отработать технику проведения измерений, которая должна учитывать источники погрешностей; определить физические механизмы проявления возможных дефектов в температурном поле;

Методика проведения экспериментов и анализ результатов

В качестве тестовых объектов для получения термограмм были выбраны установки «ВОДОГРАЙ В-20.02» и «ВОДОГРАЙ В-1» производительность 20 м³/ч и 1 м³/ч соответственно производства ООО

«Харьковская электротехническая компания». Для проведения измерений температурного поля применялся тепловизор Fluke Ti32, имеющий такие характеристики: тип приемника излучения - матрица 320x240 в фокальной плоскости, неохлаждаемый микроболометр; тепловая чувствительность $\leq 0,045^{\circ}\text{C}$ (45 мК); спектральный диапазон ИК от 7,5 до 14 мкм.

Поскольку камеры выполнены из нержавеющей стали, имеющей, как известно, высокий коэффициент отражения измерения проводили в условиях отсутствия предметов, имеющих более высокую температуру и которые могли переизлучаться от стенок камеры. Камеру установок заполняли водой, имеющей температуру на 30 К выше температуры окружающей среды. Разница температур создавала тепловой поток через стенки камеры, что давало возможность для температурного проявления возможных дефектов в месте сварных швов. На рисунках 1 и 2 показано распределение температуры вдоль линий, проведенных по корпусу камеры в окрестности сварного шва. Как видно из термограмм температура швов достаточно равномерна, при этом прослеживается граница заполнения камеры подогретой водой. В случае выявления участков с температурными всплесками целесообразно привлекать дополнительно средствами толщинометрии. Очевидно, что преимущество термографического контроля состоит в оперативности обнаружения мест возможного утонения.

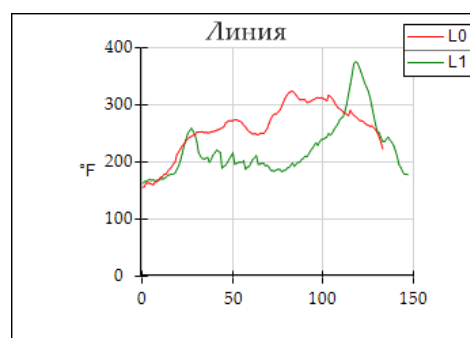
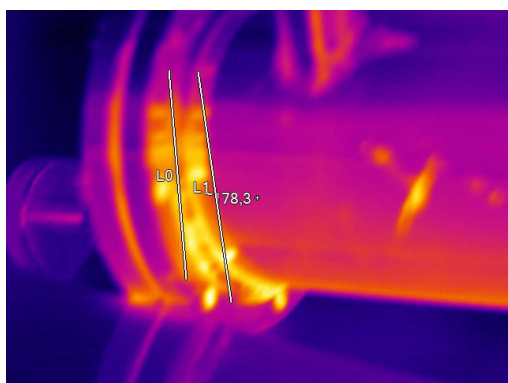


Рис.1 Распределение температуры сварного шва (корпус-фланец) установки ВОДОГРАЙ В-1 в условиях динамического нагрева

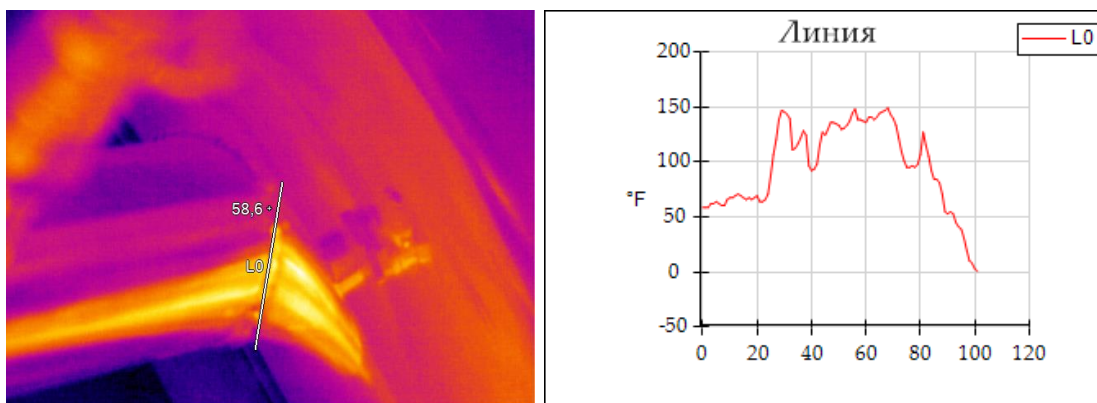


Рис. 2 Распределение температуры на фрагменте сварного шва (корпус – выходной патрубков) установки ВОДОГРАЙ В-20.02

На рис. 3 приведены термограммы, на которых видны уплотнения фланцевых соединений и мест герметизации посадочных мест кварцевых цоколей. Равномерное температурное поле подтверждает однородность уплотнения.

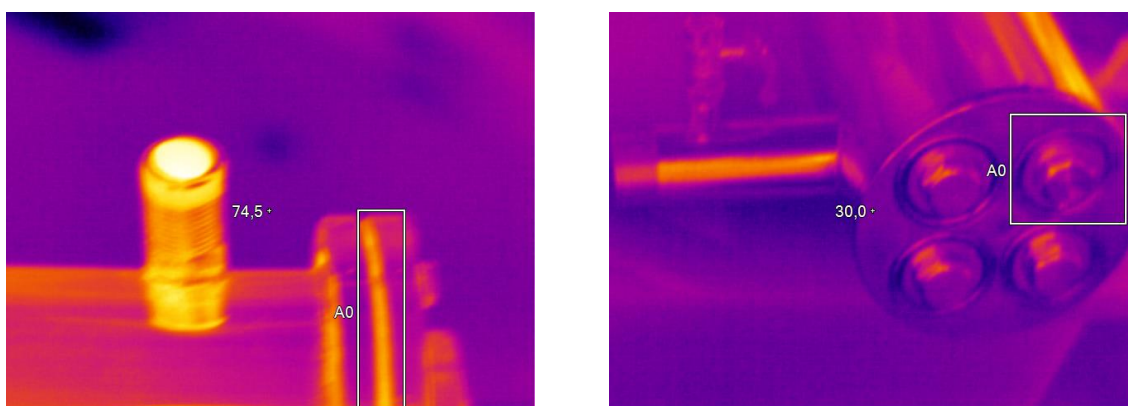


Рис. 3 а) распределение температуры фланцевого уплотнения установки ВОДОГРАЙ В-1; б) распределение температуры в окрестности крепления кварцевого чехла установки ВОДОГРАЙ В-20.02

Термографический метод позволяет определять качество затяжки болтов, а также обнаруживать возможные микротечи. Так на рис.4. изображена торцевая часть аппарата ВОДОГРАЙ В-1 в квадрате обозначенном А0 на поверхности фланца над болтом был умышленно нанесен след воды, что очевидно проявилось на термограмме.

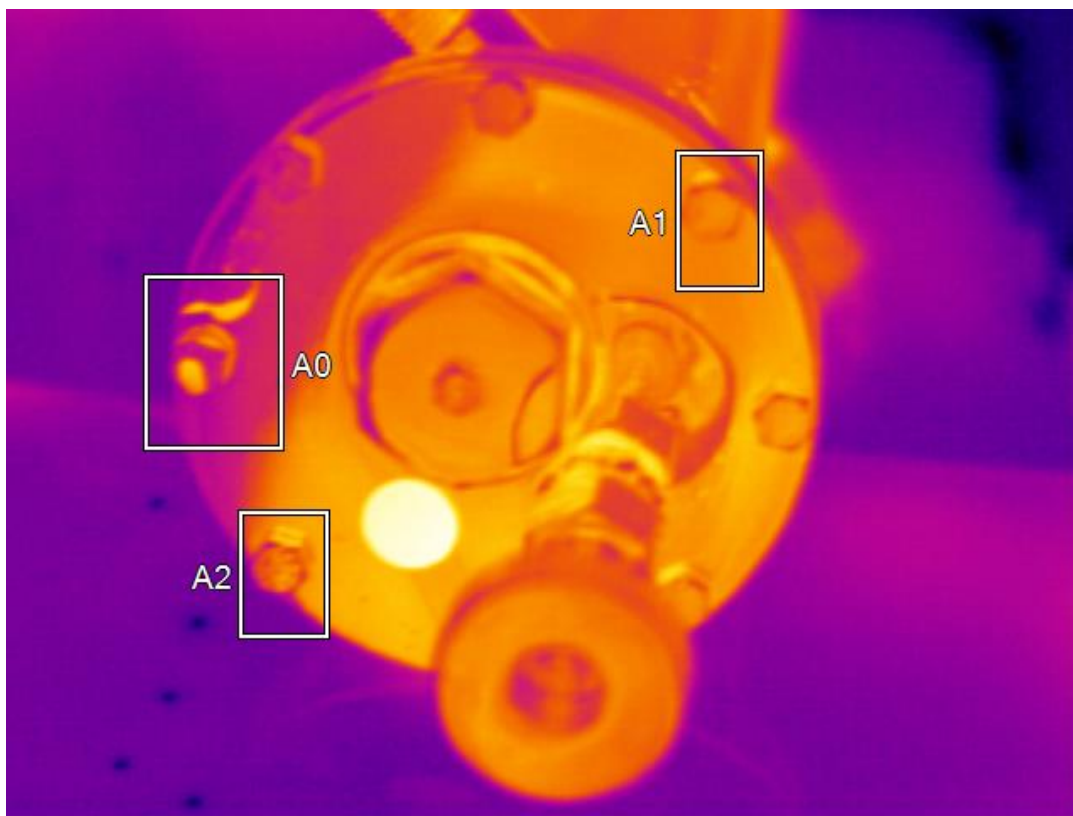


Рис.4. Распределение температуры в окрестности затяжки болтов фланцевого соединения установки ВОДОГРАЙ В-1.

Выводы

Метод термографического контроля и диагностики установок для ультрафиолетового обеззараживания воды позволяет:

- Контролировать качество сварных швов корпусных элементов из нержавеющей стали, выявлять возможные трещины и области несплошности сварных швов.
- Контролировать качество фланцевых соединений, выявлять зоны разгерметизации и микротечей;
- Контролировать тепловой режим и распределение интенсивности источников ультрафиолетового излучения непосредственно в процессе работы установок;
- На этапе конструирования новых установок для ультрафиолетового обеззараживания воды оптимизировать гидравлическую, тепловую и

обеззараживающее схемы камеры облучения, повышать технико-экономические показатели установок.

Литература

1. Соколов В. Ф. Обеззараживание воды бактерицидными лучами. 2-е изд... перераб. и доп. М., 1964.
2. Гетман А.Ф. Концепция безопасности «течь перед разрушением» для сосудов и трубопроводом под давлением АЭС.-М.: Энергоатомиздат.-1999.-228 с.
3. В.Ф. Клепиков, Е.М. Прохоренко, В.В. Колесникова, А.И. Морозов Тепловизионная диагностика для контроля поверхности противотеплового оборудования // Восточно-европейский журнал передовых технологий.-№2/6(50).-2011.-с.65-68.
4. В.В. Брюховецкий, Н.И. Базалеев, В.Ф. Клепиков, В.В. Литвиненко / Тепловизионная акустотермографическая дефектоскопия конструкционных материалов // Вопросы атомной науки и техники.- №2(72) вып.97.-2011.с.178-185
5. Базалеев, Б.Б. Бандурян, В.В. Брюховецкий, В.Ф. Клепиков, В.В.Литвиненко. Концепція розвитку неруйнівних методів контролю енергетичного обладнання АЕС на основі кореляційної ІЧ-радіометрії // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. - №4/5(34). – С. 10-16.
6. Н.И. Базалеев, Б.Б. Бандурян, В.Ф. Клепиков, В.В.Литвиненко. Тепловизионный мониторинг технического состояния компрессорного и энергетического оборудования как метод эффективного решения проблемы энергосбережения.//Компрессорное и энергетическое машиностроение.-№1(3), март 2006.-с.60-65.