

УДК 620.179.13

А. В. ПЛУЖНИК, Д. В. ВЫБОРНОВ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ТЕПЛОВОЙ КОНТРОЛЬ КАК ВИД МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ ТГВ

Аннотация. В данной статье описано назначение теплового контроля и его преимущества по сравнению с другими методами. Рассмотрены пассивный и активный виды контроля. На основании этого составлена функциональная схема теплового контроля. Проанализированы способы, позволяющие построить алгоритмы и математические модели для нахождения коэффициента температуропроводности изоляционных материалов, а также исследования по учету погрешностей при обработке результатов активного контроля.

Ключевые слова: тепловой контроль, активный метод, тепловизор, систематическая погрешность.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Строительство новых объектов и проведение реконструкции уже эксплуатируемых с учетом требований энергосбережения достигается лишь при должном качестве проектирования и производства, использовании современных средств и технологий, а также своевременного и обязательного контроля состояния новостроящихся, эксплуатируемых и реконструируемых объектов. Следовательно, необходимо использовать методы и средства, позволяющие обнаружить дефекты на начальной стадии развития, что позволит снизить затраты на ремонт.

За последнее время было разработано значительное количество методов и средств, при соответствующей разработке которых можно добиться качественных удельных показателей энергосбережения исследуемых объектов. Ярким примером является проведение теплового контроля и определение действительных теплотехнических характеристик исследуемых объектов в условиях их эксплуатации.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Основным путем реализации теплового метода контроля является создание средств, обеспечивающих преобразование температурного градиента или инфракрасного излучения в видимое изображение, которое позволяет получить и обработать информацию об объекте исследования. Широкие возможности теплового метода контроля позволяют, в отличие от других видов контроля, выявить как внутренние, так и наружные дефекты, в случае, если оборудование скрыто под слоем изоляции или защитным кожухом, обследовать объект на большом расстоянии [1].

Тепловой контроль может использоваться как для качественного, так и количественного метода. Некоторые задачи такого контроля не требуют получения точных температур поверхности. Этот метод качественного визуального контроля целесообразен для сбора большого количества данных и их обработки. Тогда как точный количественный метод требует более точного анализа для интерпретации температурной картины из полученных тепловых изображений. Однако это чревато получением больших массивов данных с высоким разрешением, которые сложны в обработке и требуют значительных затрат времени [2].

ЦЕЛЬ

Рассмотреть и проанализировать применение различных средств метода теплового контроля применительно к мониторингу состояния оборудования и систем ТГВ с последующими рекомендациями по термомодернизации.

© А. В. Плужник, Д. В. Выборнов, 2017

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Тепловой контроль проводят в целях выявления дефектов и определения их параметров для оценки качества и соответствия контролируемых объектов требованиям нормативной технической документации. Тепловой контроль включает следующие этапы: анализ конструкторской и технологической документации; определение количественных значений температуры в точках поверхности контролируемого объекта; определение дополнительных характеристик состояния поверхности и окружающей среды; качественный и количественный анализ температурных полей на исследуемой поверхности; выявление зон с аномальной температурой, обусловленной наличием дефектов в контролируемом объекте; расчет на базе произведенных измерений теплотехнических параметров объектов контроля и сопоставление их с нормативными значениями; определение параметров дефектов; оценку качества объектов контроля [3].

Достоинствами применения такого метода являются: диагностика на расстоянии от объекта; высокая скорость получения данных об объекте; высокая производительность проведения испытаний; контроль изделий из любых материалов; возможность сочетания с другими видами контроля; совместимость со стандартными системами обработки информации; возможность создания автоматической системы управления.

Различают два вида теплового контроля – активный и пассивный. На рисунке представлена функциональная схема теплового контроля [4]. Активный и пассивный тепловой контроль широко применяются во многих отраслях промышленности. Пассивный метод теплового контроля является наиболее распространенным методом и основан на возникновении температурного поля объекта при эксплуатации или изготовлении. Преимуществом такого метода является возможность его использования без остановки технологического процесса и дополнительного нагрева объекта. Пассивный метод обычно используется для строительных конструкций, различного оборудования и т. п. В качестве измерительных приборов выступают тепловизоры, пирометры, измерители тепловых потоков и логгеры данных (регистраторы, позволяющие выполнять большое количество задач).

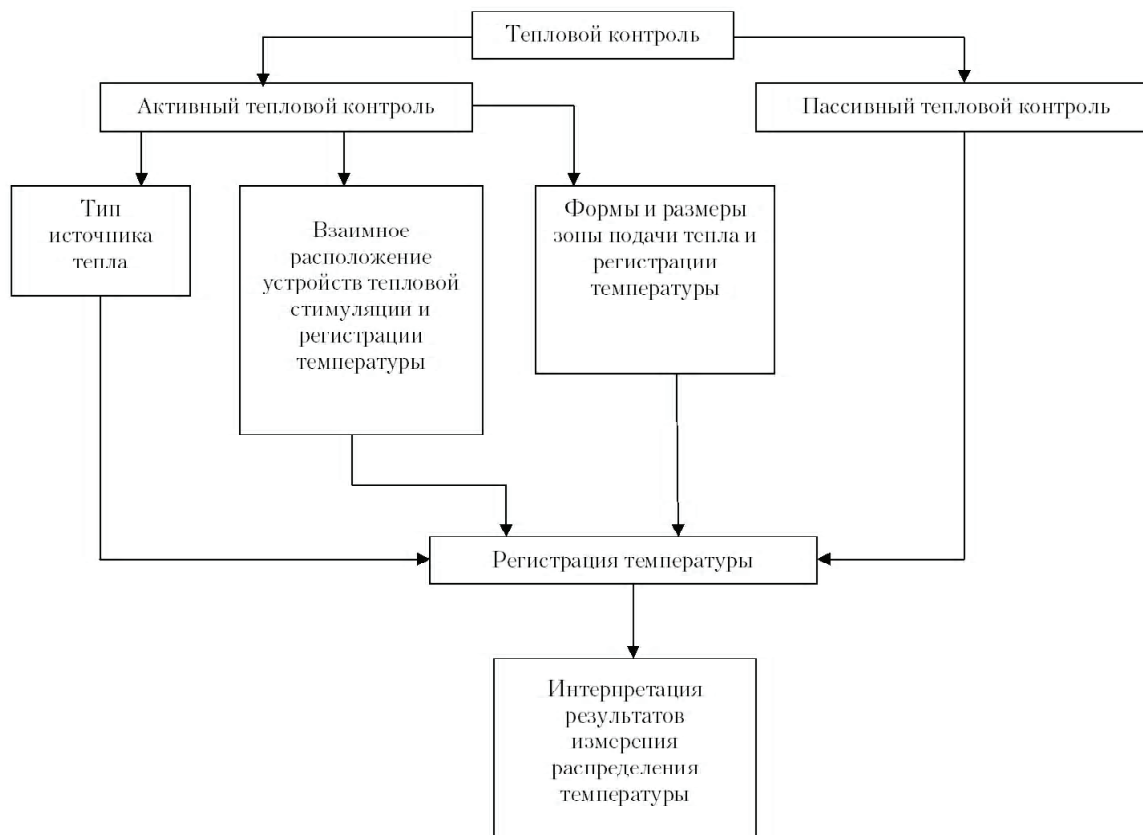


Рисунок – Функциональная схема теплового контроля.

Активный метод применяют в случае, если исследуемый объект не выделяет достаточно теплового излучения для проведения теплового контроля. При таком методе объект нагревается внешним источником. Объекты, контролируемые данным методом, – это многослойные композитные материалы и другие изделия, требующие внешней тепловой нагрузки [4].

В зависимости от способа измерения температуры приборы теплового контроля разделяют на контактные и бесконтактные. В настоящее время наиболее распространёнными приборами для контактного измерения температуры являются: термопары, металлические и полупроводниковые сопротивления, термоиндикаторы, термокарандаши, манометрические и жидкостные термометры. К бесконтактным приборам теплового контроля относятся: тепловизоры, термографы, квантовые счетчики, радиационные пирометры и др.

Среди приборов теплового контроля самыми востребованными в настоящее время являются тепловизоры. Доля задач теплового контроля, решаемая с помощью тепловизоров, настолько велика, что часто употребляется термин «тепловизионный контроль».

С помощью тепловизоров реализуются методы контроля процессов обмена тепла в выхлопных системах, двигателях и радиаторах автомобиля, при ультразвуковой сварке, проверке изоляции, выявлении потерь тепла в помещениях, диагностике конструкций ограждений, выявлении утечки газа из газопровода, контроле технологических процессов, анализе работоспособности тепловых трасс, выявлении мест подсоса холодного воздуха.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что использование тепловизора имеет как практический, так и аналитический потенциал исследований. Следует отметить работы А. Б. Власова, который рассматривает применение теплового контроля и описывает математические модели и методы контроля [5]. Представленные методы показывают возможности тепловизионной диагностики в активном тепловом режиме для измерения теплофизических параметров электроизоляционных материалов, а также изделий на их основе непосредственно в процессе эксплуатации. Полученные данные позволяют оценить скорость распространения теплового потока через электроизоляционные материалы, характеризующиеся малыми значениями коэффициента температуропроводности, а также время протекания переходных процессов в аппаратах [6].

Результаты исследования по определению теплофизических свойств теплоизолирующих материалов описаны А. В. Вавиловым [7]. Особенностью данного метода является определение температуропроводности, основанной на применении преобразования Фурье (это разложение исходной непрерывной функции от времени на совокупность базисных гармонических функций различной частоты, амплитуды и фазы).

Следует отметить, кроме прочего, что к недостаткам тепловизионного обследования относят периодическое появление системной ошибки, возникающей в результате погрешности оборудования. Однако данные неточности в определении плотности теплового потока и температуры наружных ограждений могут быть учтены в процессе обработки данных [8, 9]:

$$\frac{\Delta W}{W} = \sqrt{\left(\frac{\Delta Q}{Q}\right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{T_{нар.п}}{T_{нар.п} + T_{нар.в}}\right)^2},$$

где ΔW , ΔQ – отклонения в измерении теплопотерь и теплового потока соответственно, Вт;
 W , Q – прогнозируемые теплопотери и тепловой поток соответственно, Вт;
 $T_{нар.п}$, $T_{нар.в}$ – температура наружной поверхности и наружного воздуха соответственно.

Исследования [7–9] показывают, что отклонения при измерении температуры тепловизионным методом достигают 1...3 °С, что может быть приемлемым в определенных случаях диагностики объектов строительства и систем теплоснабжения.

ВЫВОДЫ

Тепловой контроль имеет широкий спектр применения в энергетике, а также является эффективным средством качественного и количественного контроля, при котором предоставляется вся необходимая информация об исследуемом объекте. Современные технологии позволяют использовать разработанные математические модели и алгоритмы для обработки полученных результатов, что дает возможность развития и применения методов теплового контроля в объектах ТТВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалев, А. В. Тепловидение сегодня [Текст] / А. В. Ковалев, В. Г. Федчишин, М. И. Щербаков // Специальная техника. – 1999. – Вып. № 3. – С. 13–18.
2. Griffith, B. Infrared thermographic systems [Текст] / Brent Griffith, Daniel Tьrler, Howdy Goudey // The encyclopedia of imaging science and technology / Joseph P. Hornak, Editor-in-Chief. – Berkeley, CA : Lawrence Berkeley National Laboratory, 2001. – P. 55–58.
3. Методические рекомендации о порядке проведения теплового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах [Текст] : РД-13-04-2006 / [принимали участие : Н. Н. Коновалов и др.]. – Москва : НТЦ «Промышленная безопасность», 2007. – 28 с. – (Серия 28, Неразрушающий контроль / Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору; Вып. 11). – ISBN 978-5-93586-474-3.
4. Вавилов, В. П. Инфракрасная термография и тепловой контроль [Текст] / В. П. Вавилов. – М. : Спектр, 2009. – 562 с.
5. Власов, А. Б. Модели и методы термографической диагностики объектов энергетики [Текст] / А. Б. Власов. – М. : Колос, 2006. – 280 с.
6. Власов, А. Б. Исследование коэффициента температуропроводности электроизоляционных материалов с помощью тепловизора [Текст] / А. Б. Власов // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. – 2004. – Вып. 8. – С. 20–23.
7. Вавилов, В. П. Тепловой неразрушающий контроль в Томском НИИ интроскопии [Текст] / В. П. Вавилов // Известия Томского политехнического университета. – 2003. – Вып. № 1. – С. 24–27.
8. Вавилов, В. П. Пессимистический аспект тепловизионного энергоаудита строительных сооружений [Текст] / В. П. Вавилов // Дефектоскопия. – 2010. – Вып. 12. – С. 49–54.
9. Вавилов, В. П. Методические погрешности тепловизионного энергоаудита строительных сооружений [Текст] / В. П. Вавилов, И. А. Лариошина // Вестник науки Сибири. – 2012. – Вып. № 5(6). – С. 49–53.

Получено 10.09.2017

А. В. ПЛУЖНИК, Д. В. ВИБОРНОВ
ТЕПЛОВИЙ КОНТРОЛЬ ЯК ВИД МОЇТОРИНГУ ОБ'ЄКТІВ ТГВ
ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У даній статті описано призначення теплового контролю і його переваги в порівнянні з іншими методами. Розглянуто пасивний і активний види контролю. На підставі цього складена функціональна схема теплового контролю. Проаналізовано способи, що дозволяють побудувати алгоритми і математичні моделі для знаходження коефіцієнта температуропровідності ізоляційних матеріалів, а так само дослідження з обліку похибок при опрацюванні результатів активного контролю.

Ключові слова: тепловий контроль, активний метод, тепловізор, систематична похибка.

ANASTASIA PLUZHNIK, DMITRY VYBORNOV
THERMAL MONITORING AS A TYPE OF MONITORING OF DVT
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The purpose of thermal control and its advantages in comparison with other methods have been given in this article. Passive and active types of control have been considered. Based on this functional block diagram has been composed of thermal control. The methods allowing constructing algorithms and mathematical models for finding the coefficient of thermal diffusivity of insulating materials, as well as studies on the errors in the processing of results of active monitoring, have been analyzed.

Key words: thermal control, active method, thermal imager, systematic error.

Плужник Анастасія Вадимовна – магістрант кафедри теплотехники, теплогазоснабження і вентиляції ГОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Научні інтереси: енергосбереження, підвищення надійності об'єктів теплоснабження.

Выборнов Дмитрий Владимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехники, теплогазоснабження і вентиляції ГОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Научні інтереси: енергосбереження в системах теплоснабження, використання теплонасосних технологій.

Плужник Анастасія Вадимівна – магістрант кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: енергозбереження, підвищення довговічності об'єктів теплопостачання.

Выборнов Дмитро Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: енергозбереження в системах теплопостачання, використання теплонасосних технологій.

Pluzhnik Anastasia – master's student, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: energy saving, increasing the longevity of heat supply facilities.

Vybornov Dmitry – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: heat saving in systems of a heat supply with usage of heat pumps technologies.