

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕПЛООВОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЭНЕРГОАУДИТА *

В настоящее время во всем мире уделяется значительное внимание рачительному использованию топливно-энергетических запасов, происходит переход к новым технологиям производства энергии и созданию конструкций с повышенными параметрами энергоэффективности.

Вследствие усложнения технологий и конструкций, а также прогрессирующей изношенности основных фондов увеличивается количество техногенных аварий и катастроф. При этом более 60 % из них происходит из-за отклонения их технических характеристик или режимов функционирования от штатных значений.

Реализация задач увеличения энергоэффективности сводится к созданию развитой системы проведения энергетического аудита объектов, использующих топливно-энергетические ресурсы, и выдаче рекомендаций о способах их экономии. Без знаний о реальном техническом состоянии объекта, его инструментального обследования сделать какие-то выводы о его энергоэффективности невозможно.

Формальный подход к проведению энергоаудита и составлению энергетических паспортов на основе только проектных данных, без выезда на объект выхолащивает саму идею экономии ресурсов. Россия столкнулась с этой проблемой в силу того, что в законодательных актах не была прописана система строгого контроля за результатами обследований и требования к квалификации специалистов, которые их проводят.

Качество диагностики в общем случае определяется следующими основными составляющими: изучением объекта контроля, процессов его функционирования; наличием современной приборно-аппаратной базы; применением корректных технологий инструментального контроля, обеспечивающих получение информационного параметра, по которому судят о качестве объекта и его энергоэффективности с заданной точностью; проведением работ квалифицированным персоналом, что позволяет использовать преимущества современных приборов, технологий контроля.

Основным методом неразрушающего контроля (НК) для инструментального энергоаудита является тепловой. Он позволяет выбрать оптимальные температурные нагрузки функционирования объектов, выявить и определить степень опасности дефектных узлов по признакам их перегрева по

отношению к качественным зонам, определить утечки тепла через ограждающие конструкции зданий и сооружений, оценить теплопотери через них и т.п.

Тепловой контроль (ТК) объектов проводится при эксплуатационных нагрузках, экологически безопасен, дает наглядные результаты и поэтому позволяет решать большое количество поставленных практикой задач в области технического диагностирования и оценки энергоэффективности конструкций. ТК основан на регистрации и анализе температурных (тепловых) полей контролируемых поверхностей, где информацию о параметрах объекта несет температура, значения которой в основном определяются изменением теплофизических, геометрических характеристик и параметров нагрузки.

Полученные в результате контроля матрицы температур сравнивают с эталонными для соответствующих участков, полученных экспериментально или расчетом, и по разности измеренных значений соответствующих элементов матриц (или одноименных координат) определяют дефектные области на поверхности контролируемого объекта.

Определение технического состояния и обнаружение дефектных участков объекта осуществляется путем сравнения значений эталонной температурной матрицы $T_j(x, y)$ и реальных значений температуры контролируемой поверхности $T_p(x_i, y_m, t_j)$ в моменты времени t_j :

$$F_j = \sum_{i=1}^n \sum_{m=1}^k (T_p(x_i, y_m) - T_j(x, y, t_j))^2 = \begin{cases} < \delta - \text{тех. состояние в норме,} \\ > \delta - \text{есть дефект.} \end{cases}$$

Здесь k, n – соответственно размер матрицы и максимальное количество элементов разложения кадра тепловизионного изображения; F_j – функционал невязки (квадрат величины среднеквадратичного отклонения); δ – величина критерия качества.

ТК может применяться как первичный метод оценки технического состояния зданий и сооружений, технических устройств, дающий информацию о зонах температурных напряжений на поверхности функционирующего объекта, более подробный анализ которых в последующем может быть проведен другими методами НК.

В рамках энергетических обследований проводится контроль систем электроснабжения, тепло- и водоснабжения, водоотведения, вентиляции и кондиционирования воздуха, теплозащиты ограждающих конструкций. Это электро- и теплофи-

* Статья на правах рекламы

кационное оборудование, дымовые трубы, трубопроводы и т.д.

ТК является основным инструментальным методом оценки текущего состояния объекта энергоаудита и на базе его результатов возможны рекомендации о теплотехнических характеристиках объектов.

На рис. 1 приведены отдельные термограммы офисного здания, дающие ясное представление о дефектах светопрозрачных конструкций и низкого сопротивления теплопередаче стен.

При проведении инструментального энергоаудита с применением теплового контроля необходимо решить следующие задачи:

1. Выбрать оптимальную аппаратуру контроля.
2. Разработать технологию обследования или использовать стандартную, если таковая имеется.
3. Убедиться, что контроль проводится квалифицированным персоналом.

В таблице рассмотрены основные типы современных тепловизоров по группам, в зависимости от их технических характеристик (рассмотрено свыше 110 модификаций). Наиболее востребованы переходные модели, которые отвечают минимальным требованиям к контролю как по техническим характеристикам, так и по стоимостным.

Зачастую из финансовых соображений энергоаудиторскими фирмами приобретаются тепловизоры самых низких характеристик (тип показывающие), которые не позволяют проводить корректный контроль крупногабаритных объектов, высотных зданий, дымовых труб, продуктопроводов, электрооборудования и т.п., что в конечном итоге сказывается на качестве и информативности отчетов, достоверности результатов и выводов.

Существующие технологии теплового контроля имеют большой резерв с точки зрения повышения достоверности, информативности, расширения области применения, в т.ч. за счет применения математического моделирования, оперативного уточнения и адаптации режимов контроля, совершенствования параметров аппаратных средств применительно к решаемым задачам контроля, совершенствования процесса организации контроля и т.п.

Что касается технологий проведения энергоаудита – разработка и реализация их в России

Технические характеристики тепловизоров

Характеристики \ Тип тепловизора	Показывающие	Переходные	Профессиональные	Высокого разрешения
Температурная чувствительность	0,1 °С	0,05 ÷ 0,1 °С	0,03 ÷ 0,08 °С	0,02 ÷ 0,08 °С
Пространственное разрешение	2,2 ÷ 3,5 мрад	1,1 ÷ 2,5 мрад	1,0 ÷ 1,3 мрад	0,6 ÷ 0,65 мрад
Размер матрицы приемника излучения	макс. 160×120 пикселей	320×240	320×240 384×288	640×480 и выше
Диапазон измеряемых температур	-20...+350°С	-20...+500 °С	-40...+500 °С	-40...+500 °С (до 2000 °С)
Масса	0,3... 0,8 кг	около 1 кг	1...2 кг	2...3 кг
Стоимость	До 300 тыс. руб.	300...800 тыс. руб.	800...1500 тыс. руб.	1300...2500 тыс. руб.

отдана в саморегулируемые организации (СРО). Но большинство из них не имеет в своем штате специалистов высшей квалификации по инструментальному контролю, которые могут разрабатывать методики, поэтому существует некоторый технологический «вакуум» в области энергетических обследований объектов.

Необходим новый подход к решению задач проведения энергоаудита, как технологической части, так и обучению и оценке квалификации специалистов.

Энергетическое обследование крупного промышленного предприятия – это серьезная исследовательская работа. Для того, чтобы заказчик аудита получил понятные и эффективные рекомендации, необходимо сопоставить экономическую выгоду от предлагаемых мероприятий и сумму затрат на проведение работ. В противном случае – энергоаудит становится просто формальной процедурой, стоящей, кстати, немалых денег.

Как показано на рис. 2, улучшение качества работ в области энергоаудита невозможно без наличия системы обучения и оценки квалификации специалистов, а также повышения уровня ответственности фирм, производящих эти услуги и компетентности надзорных органов, их признающие.

Спецификой ТК является то обстоятельство, что его объекты — действующее оборудование, находящееся под нагрузками, эксплуатирующиеся здания и сооружения. При этом обследуемую конструкцию нельзя принести в испытательную лабораторию, сложно, а зачастую и невозможно создать эталонные образцы с известными дефектами, диагностику нужно проводить в натуральных условиях, применять комплексные технологии контроля с использованием бесконтактных, контактных измерений и расчетных моделей теплопередачи для получения корректных результатов контроля. С учетом этих особенностей должен формироваться учебный курс по тепловому контролю для подготовки энергоаудиторов.

Слушателей таких курсов прежде всего интересуют вопросы технологии контроля различных объектов, получение информации о нормативно-правовой и методической базе его применения в рамках действующих законодательных актов, а

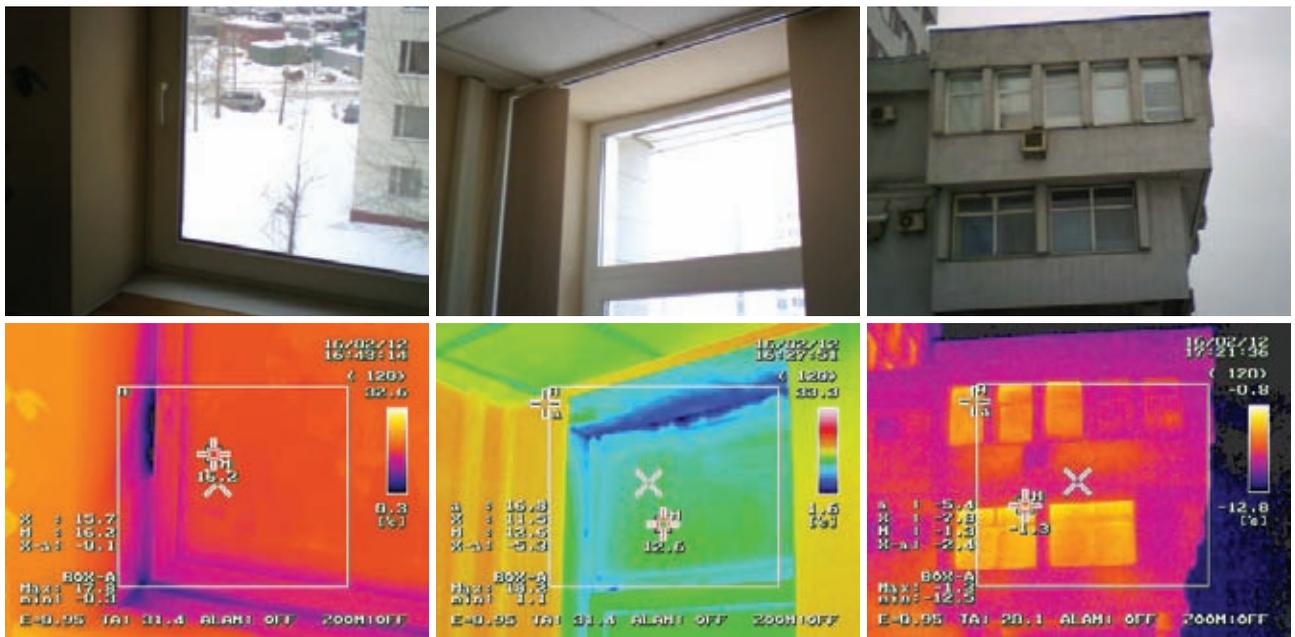


Рис. 1. Фотографии и термограммы офисного помещения: а, б – дефектные уплотнители светопрозрачных конструкций; в – под окнами повышенные температуры в области расположения отопительных приборов



Рис. 2. Сравнительная схема проведения энергоаудита и экспертизы промышленной безопасности промышленных объектов.

также критерии признания технической компетентности испытательных лабораторий.

В силу того, что в области ТК большинства объектов отсутствуют нормативные технологические документы по проведению контроля, оценке уровня дефектности, определению поро-

говых правил и выдаче заключений по результатам диагностики важное значение имеет разработка квалифицированными специалистами методической и нормативной документации по инструментальному энергоаудиту, которая требует своей реализации.

Абрамова Е. В., Быстрова Н. А., Будадин О. Н.,
Галкин Д. И., Франц Э. Б., Лизунов О. Н.

ФГАУ «НУЦ «Сварка и контроль»
при МГТУ им. Н. Э. Баумана
www.sertink.ru