

Информационное издание для работников коммунальных служб и строителей

# ДОРКОМСТРОЙ

ЖИЛИЩНО - КОММУНАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО И СТРОИТЕЛЬСТВО

Реформа ЖКХ: опыт регионов

Ресурсосбережение и энергоэффективность

Жилищный фонд: новые технологии

Актуальная тема



УСЛУГИ  
ПРОДУКЦИЯ  
ТЕХНОЛОГИЯ



# ТЕХНОЛОГИИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ И НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ — ОСНОВА МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖИЛИЩНОГО ФОНДА

*О. Н. Будадин, директор по науке Технологического института энергетических обследований, диагностики и неразрушающего контроля «ВЕМО», д-р техн. наук;*

*Т. Е. Троицкий-Марков, председатель Комитета по методологии;*

*Д. В. Сеньковский, эксперт Комитета по методологии саморегулируемой организации профессиональных энергоаудиторских компаний (ОПЭК)*

**Городская система контроля технического состояния жилых домов.** 7 апреля 2004 г. в Москве принят давно ожидаемый Закон города № 21 «О мониторинге технического состояния жилых домов на территории города Москвы».

Этим законом определяется принципиально новый подход к системе обеспечения безопасности граждан и сохранности эксплуатационных характеристик жилищного фонда с учетом изменившихся экономических реалий. В ее основе — система наблюдения, в рамках которой осуществляется **непрерывный** сбор, систематизация и анализ информации о техническом состоянии жилых домов независимо от формы собственности. Открытый доступ к результатам наблюдения — один из важнейших принципов проведения мониторинга.

**Своевременный и объективный контроль качества, надежности и энергоэффективности жилищного фонда** — это, во-первых, предотвращение претензий и ущерба; во-вторых, сквозное управление качеством и эффективностью в ЖКХ; а в-третьих, доказательство в разрешении возможных конфликтов.

**Объектами мониторинга** являются:

- жилой дом в целом;
- основные конструктивные элементы жилого дома, влияющие на его прочностные и эксплуатационные характеристики;
- инженерные системы, обеспечивающие тепло-, водо-, энергоснабжение;
- отдельное инженерное оборудование жилого дома.

Информация о результатах мониторинга предназначена для ежегодного и перспективного планирования капитального ремонта жилищного фонда и оценки потребности в финансовых ресурсах на цели его содержания.

В числе **основных задач мониторинга** называются:

- предотвращение возникновения аварийных ситуаций в жилых домах;
- анализ соответствия нормативным требованиям ме-

роприятий по техническому обслуживанию, ремонту и подготовке жилых домов к сезонной эксплуатации;

- обеспечение эффективности использования бюджетных средств, направляемых на содержание, техническое обслуживание и ремонт жилых домов;

- определение эксплуатационного ресурса объектов мониторинга и предельных сроков проведения их капитального ремонта;

- учет влияния качества работ, выполняемых в течение гарантийных периодов после завершения строительства, реконструкции и капитального ремонта жилых домов, на эксплуатационный ресурс объектов мониторинга.

Таким образом, **в основе оценки технического состояния жилищного фонда города должна лежать система показателей безопасности, надежности, энергоэффективности и качества строительных конструкций и инженерных систем жилых домов.**

Источниками информации о техническом состоянии жилых домов являются:

- результаты технических и энергетических обследований жилых домов, проводимых при их сдаче в эксплуатацию;

- информация о дефектах конструктивных элементов жилых домов, их инженерных систем, а также инженерного оборудования жилых домов, выявленных при проведении сезонных технических осмотров жилых домов;

- результаты проверки качества работ, выполненных в ходе подготовки жилых домов к сезонной эксплуатации;

- сведения о нарушениях нормативов города Москвы по эксплуатации жилищного фонда, выявленных при инспектировании жилых домов государственными контрольными органами и внеплановых осмотрах по жалобам жильцов.

Не вдаваясь в подробности организации системы наблюдения, предписанной законом, следует отметить, что **в реализации этого подхода очень важное место занимают методы получения объективной информации о техническом состоянии, а также выбор технологий контроля безопасности, надежности, энергоэффек-**

тивности и качества строительных конструкций и инженерных систем жилых домов.

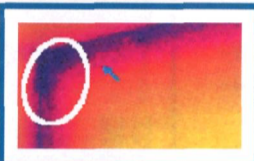
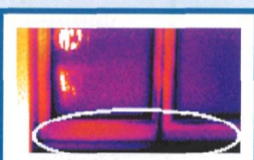
При этом во главу угла должна быть поставлена проблема достоверности используемых методов контроля и достоверности их результатов.

**Современные технологии диагностики и неразру-**

**шающего контроля технического состояния.** Современные технологии контроля качества строительных конструкций — это, прежде всего, экспресс-обследование в натуральных условиях неразрушающими методами. Причем **наиболее информативным является метод теплового неразрушающего контроля (ТНК).**

Типичные дефекты строительных конструкций, диагностируемые методами ТНК

Таблица 1

| Наименование дефекта                                                                                                                                     | Тепловое изображение                                                                | Пояснения                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Трещины в кирпичной кладке                                                                                                                               |    | Термограмма наружной поверхности трещина в подповерхностном слое                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                                          |    | Термограмма наружной поверхности: сквозная трещина                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Недостаточная теплоизоляция межпанельных швов                                                                                                            |    | Термограмма наружной поверхности                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                                          |  | При температурах наружного воздуха $-26^{\circ}\text{C}$ на внутренних поверхностях стен имеются участки с температурой ниже точки росы $+10,6^{\circ}\text{C}$ , имеющие конденсат, частично в замерзшем состоянии.<br><br>Термограмма внутренней поверхности                                           |
| Инfiltrация холодного воздуха через щели в примыкании створок окон. Недостаточное утепление откосов оконных проемов и примыкания оконной коробки к стене |  | Термограмма наружной поверхности                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                                          |  | При температурах наружного воздуха $-26^{\circ}\text{C}$ на внутренних поверхностях конструктивных элементов остекления окон температура ниже $+3^{\circ}\text{C}$ , а непрозрачных элементов окон — ниже точки росы $+10,6^{\circ}\text{C}$ (что недопустимо)<br><br>Термограмма внутренней поверхности |
| Повышенные теплотери через цокольный этаж.<br><br>Неравномерность характеристик утеплителя, участки повышенной влажности на навесном фасаде              |  | Термограмма наружной поверхности: опасность быстрого выхода из строя системы отопления при аварийной ситуации                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                          |  | Термограмма наружной поверхности: повышенные теплотери в зонах с некачественным утеплителем. Образование трещин в штукатурке и отслоение штукатурки от утеплителя                                                                                                                                        |

В таблице 1 показаны лишь некоторые типичные строительные дефекты, которые надежно, быстро и очень наглядно могут быть выявлены современными технологиями теплового контроля.

При этом необходимо подчеркнуть, что для объективности результатов обследования одной тепловизионной съемки недостаточно.

Классифицировать выявленную температурную аномалию как дефект можно только на основании целого комплекса измерений и специальной обработки.

В последние годы в России весьма активно развивается применение новых способов неразрушающего контроля и диагностики. И среди наиболее перспективных мы отмечаем **автоматизированные технологии тепловой (тепловизионной) дефектometрии**, построенные на базе теплового метода неразрушающего контроля, адекватных математических моделей и решения обратных задач.

В отличие от традиционных дефектоскопических методов, лишь выявляющих вероятные области дефектов, дефектometрия, локализуя их, определяет их численные характеристики. Таким образом выявляются дефекты и осуществляется их классификация по степени опасности для данного объекта.

«За создание научных основ и практики широкомасштабного внедрения конкурентоспособных технологий, комплексов оборудования неразрушающего контроля и диагностики для оценки технического состояния различных промышленных, строительных и других объектов» коллектив ученых Технологического института «ВЕМО» удостоен Государственной премии Российской Федерации 2003 года в области науки и техники (Указ Президента РФ от 09.09.04 г. № 1154, п. 15).

**Указанные технологии и комплекс диагностического оборудования обеспечивают максимальную информативность и достоверность результатов неразрушающего контроля и полностью отвечают целям и задачам мониторинга технического состояния жилищного фонда.**

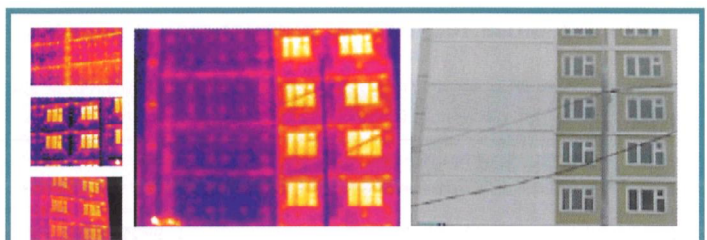
Отличие тепловой неразрушающей дефектometрии от обычной тепловизионной съемки можно проиллюстрировать следующим примером.

На рисунке 1 показаны два здания с внешне очень похожими признаками тепловой неоднородности. Однако после обработки результатов испытаний лабораторным комплексом «ВЕМО-2000М» первый дом оказался с заниженным приведенным сопротивлением теплопередаче ( $R_{пр}$ ), в то время как второй — без дефекта, т. е. выше нормируемого значения  $R_{пр}=3,16 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ , установленное для жилых домов в Москве.

В первом случае теплотери через стены здания составили 49,2 кВт/час на 1 м<sup>2</sup> поверхности за отопительный период (при норме 43,1 кВт/час), во втором — 39 кВт/час.

Таким образом, сверхнормативные потери тепла в дефектном здании составили на 1 м<sup>2</sup> поверхности стены 6,1 кВт/час, что в стоимостном выражении составляет 16,6 тыс.руб. в год по зданию в целом (в ценах 2004 г.). Только применение методики с цифровой обработкой результатов обследования позволило выявить эти различия.

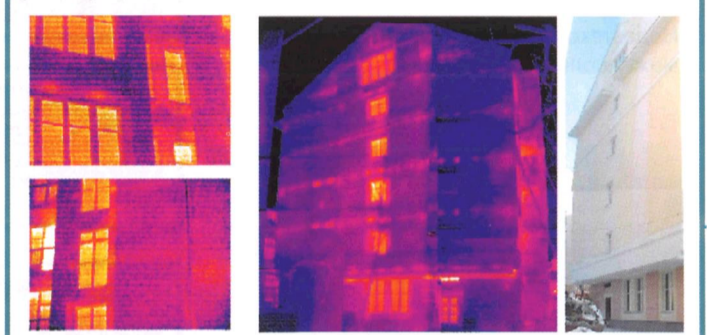
Между прочим, по старому пятиэтажному жилищному фонду сверхнормативные потери составляют 93,1 кВт/час или 27,2 руб. с каждого квадратного метра в год (в целом, по средней пятиэтажке 64 тыс.руб. в год).



Термограмма и фотография части фасада панельного жилого здания серии КОПЭ с 3-слойными панелями, следующего состава: наружный слой панели из пластического бетона толщиной 60 мм, внутренний слой из жесткого бетона толщиной 70 мм, слой утеплителя между внутренним и наружным слоями — полистирольный пенопласт ПСБ 25 толщиной 120 мм.

**Дополнительными источниками теплотерь** являются дискретные связи (шпонки), вертикальные и горизонтальные межпанельные соединения (особенно в местах расположения крепежных элементов).

**Фактическое значение приведенного сопротивления теплопередаче стен здания составляет 2,7 м<sup>2</sup>°C/Вт (±15%).**



6-этажный жилой дом. Состав стен: пеноблоки 200 мм; утеплитель Rockwool 200 (160) мм; лицевой кирпич 120 мм; штукатурка 30 мм.

**Фактическое значение приведенного сопротивления теплопередаче стен здания составляет 3,5 м<sup>2</sup>°C/Вт (±15%).**

Рис. 1. Оценка качества тепловой изоляции здания по приведенному сопротивлению теплопередаче

Вряд ли какой метод еще может сравниться с тепловым неразрушающим контролем (ТНК) по возможностям охвата объектов мониторинга на разных стадиях наблюдения. Рисунок 2 демонстрирует области применения ТНК, его способность сопровождать весь жизненный цикл здания, включая строительство, текущий и капитальный ремонты, реконструкцию и санацию.

Подчеркнем, что помимо строительных конструкций, тепловой неразрушающий контроль позволяет провести также и обследование технического состояния инженерных систем и оборудования (системы отопления, электрика) зданий.



Рис. 2. Применение ТНК в мониторинге жилищного фонда



Рис. 3. Возможности ТНК по контролю качества строительных конструкций

ЖИЛИЩНЫЙ ФОНД:  
НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Многофункциональность новых технологий диагностики.** Среди особенностей автоматизированной технологии тепловой дефектометрии, наряду с широтой области применения, надежностью, информативностью и достоверностью, необходимо отметить одно очень важное свойство: многофункциональность или комплексность получаемого результата.

В области диагностики строительных объектов эффект многофункциональности описываемых технологий раскрывается особенно неожиданно.

При тепловой дефектометрии качества строительных конструкций выявляются:

- аномальные зоны сверхнормативных тепловых потерь и дефекты, связанные с нарушением внутренней структуры строительных материалов и герметичности швов;
- общее (связанное с тепловой нагрузкой) приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции здания и его отклонение от энергоэффективного нормативного или проектного уровня;
- локальное приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции здания и связанные с ним качество и толщина теплоизоляции;
- положение точки росы;
- плоскость промерзания;
- промежуток времени, в течение которого возможно функционирование здания при аварийном отключении теплоснабжения.

Эти возможности в совокупности с соответствующим методическим обеспечением, разработанным Институтом «ВЕМО», показаны на рисунке 3.

Следует подчеркнуть, что в настоящее время качеству строительных объектов в ЖКХ уделяется необоснованно мало внимания, хотя оно напрямую связано с проблемами энергоэффективности (теплопотери через наружные ограждающие конструкции) и надежности теплоснабжения (скорость остывания здания).

Задача контроля качества строительных конструкций — от определения состояния и остаточного ресурса до анализа энергоэффективности и разработки инженерных решений по санации обследуемых объектов — одна из существенных и актуальных проблем ЖКХ.

Авторами обследовано более 400 зданий как находящихся в эксплуатации, так и вновь построенных. Более чем

в 50% случаев были выявлены значительные нарушения технологии ремонтно-строительных работ и отступления от проекта по качеству тепловой защиты. В подвалах и цоколях даже новых зданий определены источники потенциальных разрушений из-за дефектов гидроизоляции, диффузии воды через стены, недостаточного воздухообмена и т. д. Это позволило своевременно выработать и провести мероприятия по снижению темпов износа строительных конструкций и вместе с тем добиться эффективного сокращения теплотребления на отопление зданий.

Необходимо констатировать и другое: принятие каких-либо экономически обоснованных решений по энергосбережению в зданиях, как правило, невозможно и недопустимо без учета теплотехнического качества строительных конструкций, определяемого инструментально в реальных условиях эксплуатации.

Более того, **каждый раз перед разработкой проекта ремонта, реконструкции, восстановления нормативно-технических характеристик объекта комплексная предварительная диагностика для определения его фактического состояния является обязательной. И нужно ли говорить, что лучшим вариантом такой диагностики будет включение в ее программу тепловых дефектометрических испытаний.**

**Организация тепловой дефектометрии.** Широта спектра объектов, которые могут с высокой эффективностью диагностироваться на основе анализа их температурных полей, обусловлена тем, что практически любой функционирующий объект имеет определенное температурное поле, а любые нарушения в его функционировании или структуре вызывают локальные изменения этого поля. Это позволяет по анализу температурных аномалий, судить о техническом состоянии объекта мониторинга.

Регистрируя и анализируя изменения температуры контролируемого объекта во времени и по его поверхности, можно определять наличие дефектов или повреждений, признаки нештатных ситуаций при эксплуатации, реальные теплотехнические характеристики ограждающих конструкций.

Последовательность технологических операций, выполняемых при проведении тепловой дефектометрии, можно проиллюстрировать на примере тепловизионной диагностики электрооборудования следующей таблицей.

| № операции | Наименование операции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1          | Подбор и изучение эксплуатационно-технической документации, заводских чертежей, исполнительной и монтажной схем на диагностируемое электрооборудование и сети электроснабжения. Анализ технических характеристик объекта, особенностей монтажа и режимов электропотребления по технической и другой полученной от заказчика документации. Выбор времени проведения испытаний и условий измерений, точек и способов контроля диагностируемого электрооборудования.                                                                                                                                          |
| 2          | Подготовка к работе измерительных приборов, их калибровка. Проведение инструктажа по ТБ.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 3          | Внешний осмотр состояния поверхности и монтажа, комплектности элементов и узлов оборудования, выявление соответствия технической документации и исполнительной схеме.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 4          | Уточнение точек измерения и тепловизионной съемки, определение требуемого количества термограмм. Фотографирование объекта с выбранных точек.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5          | Составление схемы измерений и тепловизионной съемки объекта. Оформление протокола внешнего осмотра, измерений и замечаний.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 6          | Измерение параметров окружающей среды (температуры, относительной влажности, скорости движения окружающего воздуха) для определения начальных условий диагностики с регистрацией в протоколе.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 7          | Визуальный контроль подключения выходных устройств диагностируемого электрооборудования к рабочей нагрузке, а силовых входов к сети электроснабжения (для диагностики необходимо выделение тепла с поверхности объекта при работающей нагрузке).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 8          | Измерение в точке подключения электрооборудования к сети электроснабжения наличия фазного напряжения с регистрацией в протоколе, а также действующего значения линейного тока и многократная запись измерений его в течение испытаний с регистрацией в протоколе.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 9          | Бесконтактное измерение температуры с помощью тепловизора или ИК-сканера по всей площади поверхности диагностируемого электрооборудования с нескольких точек обзора и регистрация температурных полей на термограммах.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 10         | Проверка полноты и точности оформления протокола внешнего осмотра, измерений и замечаний.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 11         | Запись термограмм, фотоизображений и измеренных параметров в память компьютера. Составление на ЭВМ панорамных термограмм и фотоизображений объекта. Обработка результатов измерений исходных параметров. Контроль адекватности результатов измерений выбранной методике диагностики.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 12         | Приведение измеренных значений контролируемых параметров к стандартным условиям в соответствии с паспортными характеристиками оборудования и эксплуатационными особенностями. Сравнение термограмм с конструктивными особенностями и техническими характеристиками оборудования на основе технической документации на объект и приведенных значений измерений. Выявление и локализация тепловых аномалий на поверхности диагностируемого электрооборудования. Определение степени дефектности электрооборудования и характеристик выявленных дефектов в результате анализа обнаруженных тепловых аномалий. |
| 13         | Решение задачи минимизации погрешности.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 14         | Распечатка термограмм. Распечатка фотографий, привязка термограмм к фотографиям и монтаж панорамной термограммы. Выделение контрольных точек на панорамной термограмме и на фотоизображении.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 15         | Подготовка на ЭВМ предварительного отчета для внутренней экспертизы. Анализ отчета, внутренний контроль качества измерений и расчетов. Разработка и выдача рекомендаций по приведению объекта в соответствие с нормативными требованиями. Выпуск отчета-протокола, согласование с техническими службами и утверждение его руководителем.                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Одно перечисление операций доказывает, что для получения надежных результатов тепловой дефектометрии недостаточно приобрести пусть даже самый лучший тепловизор. Необходим квалифицированный персонал, аттестованный на применение соответствующих методик, знакомый с техническими особенностями диагностируемого оборудования и режимами его эксплуатации.

Однако, несмотря на то, что собственно тепловизионная съемка в процессе диагностики занимает весьма скромное место, именно регистрация температурных полей объекта с помощью термограмм в сочетании с фотографированием позволяет четко зафиксировать как состояние объекта в момент испытаний, так и сам факт их проведения.

**Обеспечение качества тепловой дефектометрии.** В настоящее время тепловой неразрушающий контроль по-

лучил довольно широкую известность. Однако до сих пор речь идет, в основном, о дефектоскопии. Определение количественных характеристик дефекта может декларироваться, но на практике фирмы, занимающиеся такими обследованиями, просто «подгоняют» свои заключения по классификации выявленных дефектов под допустимый для заказчика (а иногда и требуемый) результат.

Исследования показали, что без дополнительных контактных измерений и специальных моделей приведения к стационарным нормируемым условиям погрешность измерений, например, приведенного сопротивления теплопередаче, может достигать 300%. Ясно, что при такой точности выводы о характере дефекта могут быть любыми, а последствия использования этих выводов — катастрофическими.

Наименьшая и при этом вполне удовлетворительная погрешность, укладываемая в требования ГОСТа (15%),

обеспечивается при использовании способа неразрушающего контроля качества объекта, основанного на сочетании контактных и бесконтактных измерений со специальным аппаратом анализа их результатов, запатентованного Технологическим институтом «ВЕМО».

Методики тепловизионной диагностики различного оборудования и строительных конструкций, разработанные на основе этого способа неразрушающего контроля, рассчитаны на круглогодичное применение в реальных эксплуатационных условиях, аттестованы Госстандартом России и дают погрешность не более 10%. А это уже та метрология, которая позволяет точно диагностировать характер выявленных дефектов, надежно определять их количественные параметры.

Таким образом, специализированным организациям, проводящим мониторинг технического состояния жилых домов, мы можем рекомендовать для обеспечения необходимого качества при применении тепловизионной диагностики руководствоваться хотя бы пятью простыми правилами:

- Методики выполнения измерений должны ориентироваться на реальные эксплуатационные режимы и метеосостояния (в отличие, например, от ГОСТ 26629, требующего установления длительных стационарных погодных условий) и быть аттестованными Госстандартом РФ (Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии).

- Средства измерения должны иметь функцию длительной архивации показаний, достаточную надежность и точно установленную погрешность (что не всегда удостоверяется поверочным актом).

- Средства обработки измерений должны учитывать зависимость распределения и изменения тепловых полей на поверхности объекта мониторинга от его внутренней структуры и инерционных характеристик.

- Тепловизионная лаборатория должна пройти аттестацию системы экспертизы промышленной безопасности.

- Персонал лаборатории должен сдать квалификационные экзамены на применение методик тепловизионной диагностики.

Реализация этих требований с учетом уже имеющейся методической, инструментальной и учебно-производственной базы не должна вызвать затруднений.

В настоящее время в Москве работает больше десятка специализированных тепловизионных лабораторий, объединенных саморегулируемой организацией профессиональных энергоаудиторских компаний (НП ОПЭК), которая периодически осуществляет экспертизу качества оказываемых ими диагностических услуг.

Поэтому можно не сомневаться, что для новой системы наблюдения за техническим состоянием жилых домов, новые multifunctional технологии автоматизированной тепловой дефектотрии станут действительно объективным средством надежного, качественного и эффективного мониторинга.

**Более подробную информацию по теме статьи можно получить в Технологическом институте энергетических обследований, диагностики и неразрушающего контроля «ВЕМО».**