

# ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА – ОСНОВА НАДЕЖНОСТИ, БЕЗОПАСНОСТИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

**19 февраля 2008 г. в Москве состоялась заседание «круглого стола» на тему: «Современное состояние и проблемы развития теплового неразрушающего контроля в России».**

В работе «круглого стола» приняли участие представители ведущих российских организаций и предприятий сферы технического регулирования, науки, техники и приборостроения, технологий и практического применения, подготовки и аттестации кадров в области теплового контроля: Российской академии наук, Ростехнадзора (Наблюдательный совет системы экспертизы и аккредитации в области промышленной безопасности), Российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике, ФГУ «РОСТЕСТ-МОСКВА», Департамента поддержки развития малого предпринимательства правительства Москвы, Московской энергетической дирекции, ГУ Центра «ЭНЛАКОМ», ГОУ ВПО «МИСиС», Московского института энергобезопасности и энергосбережения, НУЦ «Качество», Организации профессиональных энергоаудиторских компаний (НП «ОПЭК»), энергосервисных компаний (городов Электросталь, Троицк, Зеленоград, Волгоград, Брянск, Санкт-Петербург), НИСК «ЮНИВЕР», «Тепловизионные системы», «ИРТИС», «ТехноАС», «ПЕРГАМ-ИНЖИНИРИНГ» (официальный представитель фирмы Flir в России), ФГУ 26 ЦНИИ МО РФ, технологического института энергетических обследований, диагностики и неразрушающего контроля «ВЕМО», ГУП «НИИ Мосстрой», НИИ Стройфизики РААСН и др. Руководитель «круглого стола» академик РАН В.В. Ключев, Председатель Российского общества по

неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД), обратил внимание на изношенное состояние большей части основных производственных фондов, на усложнение технологий во всех отраслях экономики, на усиление конкуренции и требований потребителей к продукции промышленности и строительства.



Эти обстоятельства резко повышают актуальность задач технической диагностики и неразрушающего контроля по предупреждению аварий и техногенных катастроф, по оценке качества изделий, по оптимизации издержек при эксплуатации и техническом обслуживании. В последнее время, например, в системах обслуживания эксплуатируемых объектов все больший интерес при определении их работоспособности и планировании ремонтов вызывает переход от критерия срока эксплуатации к оценке фактического технического состояния и прогнозу рабочего ресурса. Неразрушающий контроль и диагностика – основной способ полу-

чения информации о техническом состоянии и надежности промышленных и строительных объектов.

При современном технологическом уровне устойчивое развитие экономики России невозможно без соответствующего и даже опережающего развития средств и методов технической диагностики, неразрушающего контроля и экспертизы качества, надежности, безопасности и энергоэффективности строительных, промышленных и других объектов.

Одним из современных и быстро развивающихся методов неразрушающего контроля является тепловой неразрушающий контроль (ТНК), который благодаря своей информативности, возможности сплошного и непрерывного наблюдения, высокой степени точности и оперативности позволяет в целом значительно поднять надежность оценок технического состояния и качества объектов.

Однако для реализации широких возможностей ТНК необходима планомерная работа, во-первых, по системному развитию технологий его применения, включая соответствующие аппаратные, программные и методические разработки; во-вторых, по встраиванию данного метода в действующие системы экспертизы промышленной безопасности и оценки соответствия; в-третьих, по созданию системы надлежущего контроля за качеством проведения ТНК.

Без такой системы всегда существует опасность дискредитации метода безграмотным и безответственным его применением, которое зачастую наблюдается сегодня. В результате этого экономика страны теряет сотни миллионов рублей.

Заместитель руководителя «круглого стола» д.т.н. **О.Н. Будадин**, директор по науке технологического института энергетических исследований, диагностики и неразрушающего контроля «ВЕМО», проанализировал современный уровень ТНК в России.



К настоящему времени решены основные прикладные научные, методические и программно-аппаратные проблемы ТНК, а также проблемы подготовки и сертификации кадров ТНК. Государство высоко оценило результаты проведенной работы, удостоив группу ведущих разработчиков Государственной премии России в области науки и техники (Указ Президента РФ №1154 от 09.09.2004 г.).

Успешно продвигаются работы по интегрированию в ТНК других методов неразрушающего контроля, что позволяет повысить достоверность выявления дефектов. При этом метод ТНК является базовым для такой интеграции, т.к. он наиболее технологичен и охватывает практически все сферы применения других методов контроля, в т.ч. такие объекты, которые невозможно эффективно обследовать другими методами.

Для массового практического применения ТНК:

- разработана и имеется в реализации на российском рынке *широкая номенклатура технических средств ТНК* различных типов и характеристик от контактных микропроцессорных датчиков температуры и теплового потока до пирометров и

- тепловизионной аппаратуры, полностью удовлетворяющих высоким метрологическим требованиям и зарегистрированных в Федеральном реестре средств измерений;
- разработаны *методы тепловой дефектометрии* на основе решения обратных задач, позволившие определять численные характеристики внутренней структуры материалов, что решило ряд проблем по оценке технического состояния большой номенклатуры объектов различных отраслей промышленности, в т.ч. энергоэффективности строительных сооружений;
- на основе проведенных исследований разработаны и зарегистрированы в Федеральном реестре *методики проведения ТНК и соответствующее программное обеспечение*, пригодные для практического использования;
- проведена разработка и начато производство *комплектных испытательных лабораторий и систем контроля качества* на базе программно-аппаратных комплексов ТНК;
- организованы *научно-учебные центры (НУЦ) по подготовке и аттестации специалистов ТНК* по различным объектам контроля, методик проведения контроля и лабораторий неразрушающего контроля с выдачей соответствующих квалификационных удостоверений Ростехнадзора.

Таким образом, современный уровень обеспечения ТНК позволяет проводить диагностику и мониторинг практически любых объектов. При этом Россия обладает не только передовой школой ТНК, но и рядом хорошо укомплектованных соответствующими кадрами, техническими средствами и методическим обеспечением испытательных лабораторий, аттестованных в установленном порядке и способных выполнять большинство задач ТНК с высокими достоверностью и качеством.

И именно требования к обеспечению качества результатов ТНК должны стать фундаментом, на котором способна вырасти эффективная система технической диагностики, неразрушающего контро-

ля и экспертизы с применением технологий ТНК. В вопросах надежности и безопасности строительных, промышленных и других объектов недопустимо оставлять проблему качества контроля неурегулированной и лишь на усмотрение заказчиков.

Для наведения порядка в данной области Ростехнадзор в декабре 2006 г. утвердил РД-13-04-2006 **«Методические рекомендации о порядке проведения теплового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах»**, которые в настоящее время являются базовым руководящим документом в проведении ТНК.

Указанный документ (введен в действие на территории России с 25.12.06 г. Приказом №1072 от 13.12.06 г. по Ростехнадзору) определяет объекты применения ТНК, обобщенный порядок проведения контроля, требования по обеспечению качества контроля и ряд других важных положений. Полный текст РД-13-04-2006 приведен на сайте [www.wemo.ru](http://www.wemo.ru)

Участники «круглого стола» **Н.Г. Юмштык**, директор научно-инженерно-строительной компании «ЮНИВЕР» (г. Калининград), и **В.В. Горбунов**, генеральный директор Энергосервисной компании г. Электростали, рассказали о проблемах, с которыми приходится сталкиваться в регионах при практическом внедрении технологий ТНК, и также остановились на анализе исполнения РД-13-04-2006.





Сегодня обеспечение профессионального подхода – одна из важнейших проблем в организации внедрения ТНК.

Внешняя простота проведения ТНК, нерегулируемый рынок услуг в этой области привлекли множество непрофессиональных фирм, в лучшем случае имеющих лишь тепловизор, а то и просто пирометр, но не имеющих ни аттестованных специалистов, ни аттестованных в установленном порядке методик и лабораторий. Эти фирмы, вытесняя с рынка профессиональные специализированные организации, стали проводить псевдо-ТНК (фактически «термопоказуху», не имеющую ничего общего с принципами неразрушающего контроля), оформлять заключения о техническом состоянии опасных производственных объектов, инженерных коммуникаций и дымовых труб, о качестве теплозащиты зданий, энергетического и металлургического оборудования и т.д., и т.п.

Все это дискредитирует ТНК и продолжает вводить в заблуждение заказчиков ТНК, в конечном итоге нанося ущерб и экономике России, и ее научно-техническому потенциалу. Для обеспечения высокого профессионального уровня ТНК, для решения поставленных задач обеспечения качества выпускаемой продукции, надежности и безопасной эксплуатации объектов заказчикам потребителям и надзорным органам следует обратить на ряд положений РД-13-04-2006 особое внимание.

Во-первых, в соответствии с пунктом 2.1 раздела 2 РД **лаборатории (специализированные организации), выполняющие тепловой контроль, аттестуются в соответствии с Правилами аттестации и основными требованиями к лабораториям неразрушающего контроля (ПБ 03-372-00)**. Данное требование является обязательным, так как результаты теплового контроля, проведенного неаттестованными лабораториями, не должны приниматься органами Ростехнадзора и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации. Подтверждением правомочности лабораторий теплового контроля являются копии свидетельств об аттестации (с соответствующими приложениями), выданных уполномоченными Ростехнадзором независимыми органами по аттестации лабораторий неразрушающего контроля.

Во-вторых, пункт 3.1 раздела 3 РД требует, чтобы **специалисты, осуществляющие тепловой контроль, были аттестованы в соответствии с Правилами аттестации персонала в области неразрушающего контроля (ПБ 03-440-02)**, а руководитель работ по тепловому контролю имел квалификацию не ниже II уровня в соответствии с ПБ 03-440-02. Это требование РД должно также неукоснительно исполняться, а лаборатории (специализированные организации), выполняющие тепловой контроль, должны прилагать к протоколам результатов контроля копии удостоверений специалистов.

В-третьих, пункты 5.4.2 и 5.4.2.1 раздела 5 РД устанавливают, что количественный анализ результатов контроля и расчеты проводят с помощью специального программного обеспечения, разработанного в составе методических документов и технологических инструкций по тепловому контролю. Изложенное положение означает, что **лаборатории, выполняющие тепловой контроль, должны иметь методические документы (Методики), аттестованные в установленном Ростехнадзо-**

**ром порядке**, т.е. независимым органом по аттестации методических документов, аккредитованным при Ростехнадзоре. Кроме того, наличие специального программного обеспечения должно быть подтверждено свидетельством об официальной регистрации программы для ЭВМ, а в соответствии с пунктом 6.2 раздела 6 в протоколе теплового контроля должен быть приведен перечень примененных нормативных и/или методических документов с указанием сведений о разработчиках и аттестации последних.

В-четвертых, **лаборатории, выполняющие тепловой контроль, должны иметь также аттестованных специалистов визуального и измерительного контроля**, т.к. пунктом 5.1.1 раздела 5 предписывается проведение визуального контроля поверхности контролируемого объекта и выявление зон, имеющих различные коэффициенты излучения, а пункт 5.3.11 раздела 5 требует по окончании термографирования проводить визуальный контроль поверхности объекта.

Именно вышеприведенные требования РД-13-04-2006 имеют целью обеспечить надлежащее качество результатов теплового контроля. Другой отмеченной проблемой является обеспечение работоспособности самих нормативно-технических документов, преодоление пренебрежения к установленным техническим нормам.

В частности, СНиП 23-02-2003 **«Тепловая защита зданий»** и территориальные строительные нормы большинства регионов (например, ТСН НТП-99МО) предусматривают разработку энергетического паспорта проекта здания, содержащего теплотехнические характеристики наружных ограждающих конструкций и показатели энергетической эффективности здания. В паспорт должны вноситься как проектные значения, так и фактические, полученные в результате натурных испытаний с применением ТНК, в т.ч. «на стадии сдачи строительного объекта в эксплуатацию». Однако натурные испытания, этот

второй этап заполнения энергетического паспорта, выполняются крайне редко, в основном лишь после принятия соответствующих постановлений главами администрации на местах.

Участник «круглого стола» **В.Д. Толмачев**, ректор Института энергобезопасности и энергосбережения (сайт [www.mieen.ru](http://www.mieen.ru)), отметил, что кроме данного базового РД крайне необходимо готовить аналогичные нормативные документы, подробно описывающие особенности применения ТНК при диагностике электрооборудования. Это крайне актуально и необходимо, т.к., например, по данным МЧС в России, ежедневно возникает в среднем 115 пожаров по причине неисправности электрооборудования и неправильной его эксплуатации. **Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей** (№6 от 13.01.03 г. Минэнерго РФ и №4145 Минюста РФ) предусматривают для этого применение ТНК, но не объясняют, как и кто может это осуществлять. В выступлениях и дискуссии по острым проблемам теплового контроля приняли участие представители организаций-производителей: генеральный директор ООО «Иртис» **М.И. Щербаков** (сайт [www.irtis.ru](http://www.irtis.ru)), генеральный директор ООО «ТехноАС» **С.С. Сергеев** (сайт [www.technoac.ru](http://www.technoac.ru)), представитель ОАО «ПЕРГАМ-ИНЖИНИРИНГ» **А.Л. Братыгин** (сайт [www.pergam.ru](http://www.pergam.ru)). Они обратили внимание на резкое увеличение продаж как иностранной, так и отечественной аппаратуры ТНК, а также на то, что у заказчиков наметилась устойчивая тенденция спроса именно на аппаратно-методический комплект, а не просто на тепловизор с теми или иными характеристиками.

Были уточнены прогнозы развития аппаратуры ТНК. В ближайшем будущем аппаратура, в т.ч. тепловизионная техника, будет дешеветь, увеличится ее доступность и миниатюризация. Это резко расширит область применения теплового контроля и соответственно потребует разработки большого количе-

ства методик для массового внедрения ТНК в системы технического обслуживания, управления технологическими процессами, диагностики, мониторинга и контроля качества.

Генеральный директор ОАО «Тепловизионные системы» **А.В. Проинин** (сайт [www.thermography.ru](http://www.thermography.ru)), **М.И. Щербаков** («Иртис») и **О.Н. Будадин** («ВЕМО») представили обзор о развитии тепловизионной диагностики в медицине и здравоохранении.

Заведующий кафедрой Московского государственного института стали и сплавов д.т.н. **С.Г. Салихов** представил доклад и предложения о состоянии и возможностях ТНК в металлургии.

Анализируя сложившуюся ситуацию с методическими документами, главный специалист Российского центра испытаний и сертификации (РОСТЕСТ) **В.И. Сухарев** также подчеркнул, что вызывает все большие опасения появление значительного количества неквалифицированных методик ТНК, т.к. большинство организаций, занимающихся в настоящее время ТНК, не удовлетворяет квалификационным требованиям, предъявляемым к разработчикам методик неразрушающего контроля. Проведение работ по данным методикам не позволит получать достоверные результаты о техническом состоянии контролируемых объектов, а следовательно, не позволит достоверно оценить безопасность их



эксплуатации, надежность, энергоэффективность и основные теплофизические характеристики.

Проверка и калибровка приборов теплового контроля должна быть регулярной и обязательной, т.к. погрешность, вносимая этим фактором, также может сводить к нулю достоверность ТНК.

Сказанное еще раз подтверждает необходимость квалифицированного отбора предприятий для разработки технологий и методик и проведения ТНК.

Генеральный директор Научно-учебного центра «Качество» **Н.П. Бирюкова** (сайт [www.center-kachestvo.ru](http://www.center-kachestvo.ru)), также отметив значительное увеличение количества слушателей на курсах по ТНК, подробно пояснила условия обучения, сертификации (аттестации) персонала, лабораторий и экспертных организаций по всем методам НК и ТНК, в частности.



Представитель Департамента поддержки развития предпринимательства правительства Москвы **В.А. Желтов** прокомментировал затронутые вопросы слабого уровня финансирования перспективных разработок в области ТНК со стороны отечественных заказчиков. В основном источниками финансирования служат коммерческие заказы, носящие конкретный и спорадический характер, что препятствует планомерной и системной проработке по-настоящему передовых направлений диагнос-

тики. Многие идеи остаются или нереализованными, или размещаются за рубежом, находя там и инвестиционную, и производственную базы. В результате Россия может потерять лидирующие позиции на этом направлении.

В целях практического продвижения рассматриваемых инновационных общественно значимых технологий необходимо сформулировать конкретные предложения и рекомендации в адрес государственных и коммерческих структур, а также обратить особое внимание на такую организационно-правовую форму продвижения инновационного продукта, как СРО.

мониторинга технического состояния самого широкого класса объектов.

Применение ТНК обеспечивает весомую экономию на планово-предупредительных ремонтах, продление либо определение ресурса, ремонты по наблюдению за состоянием и переход на соответствующее управление ремонтами, резкое снижение непроизводительных энергопотерь и т.п. Эффект от применения ТНК в целях повышения надежности, безопасности и энергоэффективности основан на известном факте: 1 тонна сэкономленного условного топлива обходится обществу в 3–4 раза дешевле, чем произведенная, а любое

действующие системы экспертизы промышленной безопасности и оценки соответствия,

– созданию системы надлежащего контроля за качеством проведения ТНК.

Борьба за качество результатов ТНК – особенность нынешнего этапа развития метода. Требования к обеспечению качества результатов ТНК должны стать фундаментом, на котором способна вырасти эффективная система технической диагностики, неразрушающего контроля и экспертизы с применением технологий ТНК.

Такие требования к обеспечению высокого профессионального уровня ТНК сформулированы в основном в новом РД-13-04-2006 «Методические рекомендации о порядке проведения теплового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах».

Однако данный документ не охватывает всех сфер применения ТНК. Аналогичные нормативные документы, содержащие требования к организации ТНК, необходимо готовить, в частности, и для диагностики электрооборудования.

Одним из важнейших элементов системы обеспечения качества результатов ТНК должна стать обязательная аттестация методик выполнения измерений и испытаний в этой сфере в соответствии с четкими критериями и квалификационными требованиями, предъявляемыми к разработчикам методик неразрушающего контроля.

В целом потребность вышеназванных отраслей в научно обоснованных Методиках ТНК для конкретных, в т.ч. опасных, производственных объектов составляет более ~ 300–400, однако большинство предприятий не могут финансировать их разработку.

#### Рекомендации

- В соответствии с Федеральным законом от 1.12.07 №315–ФЗ «О саморегулируемых организациях» рекомендовать Российско-



#### Основные выводы по результатам обсуждения

Современный уровень обеспечения ТНК позволяет проводить эффективную диагностику и мониторинг практически во всех отраслях экономики России: стройиндустрии, промышленности, транспорте, с/х, энергетике, медицине, ВПК, нефтегазовом комплексе, службе МЧС и надзорных организаций.

Инновационно-экономический потенциал и общественная востребованность высокоинформативных, оперативных и достоверных технологий теплового неразрушающего контроля и диагностики способны вывести этот метод контроля на лидирующие позиции в технологиях проведения испытаний и

предотвращение аварии дешевле, чем устранение ее последствий.

К настоящему времени решены основные прикладные научные, методические и программно-аппаратные проблемы ТНК, а также проблемы подготовки и сертификации кадров ТНК. Для реализации широких возможностей ТНК необходима планомерная работа по:

- информированию владельцев и руководителей предприятий о современных возможностях ТНК, направленных на обеспечение надежности, безопасности и энергоэффективности,
- системному развитию технологий применения ТНК и его интеграции с другими методами НК,
- встраиванию данного метода в

му обществу по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД) провести работу по оформлению статуса саморегулируемой организации с созданием соответствующих стандартов, регламентов и системой контроля качества по видам НК, включая тепловой метод.

- В рамках концепции саморегулирования рекомендовать РОНКТД совместно с заинтересованными членами РОНКТД организовать разработку системы нормативно-методических документов по проведению ТНК отдельных видов зданий, сооружений и оборудования с учетом отраслевой специфики, включая металлургические производства, электроустановки потребителей и т.п., а также тепловой медицинской диагностики.

- Представить на рассмотрение и утверждение в **Наблюдательный совет системы экспертизы и аккредитации в области промышленной безопасности Ростехнадзора РФ и РАН** (заместитель Председателя, член-корр. РАН **Н.А. Махутов**) план работы секции ТНК Наблюдательного совета в целях выработки единой технической политики при проведении работ по аккредитации и оценке соответствия в области промышленной безопасности лабораторий, организаций и специалистов, применяющих ТНК, а также методических материалов.

- Рекомендовать подразделениям **Ростехнадзора РФ** в субъектах РФ в обязательном порядке требовать заполнение энергетического паспорта здания результатами натуральных испытаний методами теплового (тепловизионного) неразрушающего контроля на стадии сдачи строительного объекта в эксплуатацию и при необходимости после годичной эксплуатации в соответствии со СНиП 23-02-2003 и требованиями РД-13-04-2006.

- Рекомендовать **РОНКТД** и **ИМАШ РАН** совместно направить информацию о современных возможностях ТНК и тепловизионной дефектометрии в заинтересованные ведомства и организации с просьбой сообщить перечень объ-

ектов, для которых целесообразно разрабатывать Методики контроля теплового состояния этих объектов и определения их теплофизических характеристик, непосредственно связанных с надежностью, безопасностью и энергоэффективностью.

- Просить **РОНКТД** обратиться к руководству Департамента поддержки и развития малого предпринимательства г. Москвы с просьбой предусмотреть в соответствии с Федеральным законом от 24.07.07 г. №209-ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в РФ» и Постановлением правительства Москвы от 20.06.06 г. №420-ПП «О комплексной целевой программе развития и поддержки малого предпринимательства в г. Москве» возможность:

- более активного привлечения малых инновационных предприятий в области ТНК и диагностики для обеспечения потребностей Московского региона в отечественных средствах и технологиях экспресс-диагностики надежности, безопасности и энергоэффективности;

- поддержки экспорта и защиты интеллектуальной собственности предприятий-разработчиков перспективной техники и технологий в области ТНК;

- создания высококвалифицированных рабочих мест, а также компактного размещения в одном из технопарков малых инновационных предприятий данного профиля (создание центра неразрушающего контроля, диагностики и мониторинга).

- Просить **РОНКТД** в целях повышения качества оказываемых услуг по ТНК и энергоаудиту, получения технического и экономического эффекта и предотвращения экономического ущерба стране обратиться в Ростехнадзор и субъекты РФ с предложениями:

- проинформировать о требованиях РД-13-04-2006 структуры субъектов РФ, ответственных за обеспечение надежной, безопасной и энергоэффективной эксплуатации опасных и социально значимых объектов на их территории;

- обязать подразделения Ростехнадзора в субъектах РФ руководствоваться при осуществлении технического регулирования в области теплового (тепловизионного) контроля положениями РД-13-04-2006, в частности требованиями, предъявляемыми к специализированным организациям, разрабатывающим методики и применяющим ТНК;

- в порядке надзора провести проверку соответствия фирм, оказывающих услуги с применением ТНК, требованиям РД-13-04-2006;

- не принимать к согласованию и/или утверждению заключения (отчеты) по результатам ТНК тех фирм, которые не удовлетворяют требованиям РД-13-04-2006.

- Включить представителя **РОНКТД** в состав федеральной и региональных комиссий по регистрации организаций на право разработки методик теплового контроля и проведения теплового контроля объектов отраслей промышленности и комплекса социальной сферы.

- Рекомендовать **технологическому институту энергетических обследований, диагностики и неразрушающего контроля «ВЕМО»** совместно с заинтересованными организациями ежегодно готовить обзор о состоянии и перспективах развития ТНК в России для размещения на сайте РОНКТД и направления в заинтересованные организации.

**Т.Е. ТРОИЦКИЙ-МАРКОВ,**  
председатель Оргкомитета

Редакция журнала и Оргкомитет «круглого стола» по ТНК предлагают специалистам организаций и предприятий, заинтересованным в применении и развитии ТНК, принять активное участие в дальнейшем обсуждении этой темы и направлять свои предложения, статьи и доклады в адрес редакции либо Оргкомитета (E-mail: [tme@wemo.ru](mailto:tme@wemo.ru)), в т.ч. для включения в сборник докладов и статей по ТНК.



**Энергослужба**

**предприятия**

**Plant Power Engineering Magazine**

**НОВОСТИ ОБЗОРЫ АНАЛИЗ ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

[www.energosp.ru](http://www.energosp.ru)

№2 (32)/2008

**ТЕНДЕНЦИИ**

**Проблемы развития теплового  
неразрушающего контроля**

*стр. 10*

**ОБОРУДОВАНИЕ**

**Обеспечение требуемого качества  
сжатого воздуха**

*стр. 29*

**ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА**

**Скрытые ошибки учета тепла**

*стр. 43*