

Контроль. Диагностика

TESTING. DIAGNOSTICS



11 (101) 2006
ноябрь



Оборудование ультразвукового контроля

ОБОРУДОВАНИЕ РУЧНОГО И МЕХАНИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ

УИУ "СКАРУЧ"

малогабаритная ультразвуковая измерительная установка серии "Сканер"



Установки механизированного УЗК

Сварных швов труб, листов, баллонов, валов, дисков ПЭ трубопроводов

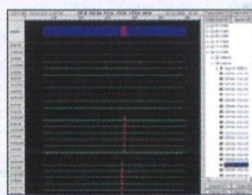


000 "Алтеc", г. Москва, Токмаков пер., д.14, стр. 3
<http://www.ndt.ru/ultes> e-mail: info@ultes.info

Нашему предприятию
15 лет!

ОБОРУДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ

АУИУ "Сканер" - ультразвуковой многоканальный дефектоскоп



Установки АУЗК

Сварных швов труб, листов, сосудов Нержавеющих и титановых труб Бесшовных труб



тел./факс: (495) 267-99-77, 265-10-83
(495) 267-67-92, 265-17-82

Контроль. Диагностика



№ 11(101) ноябрь 2006

Главный редактор
В.В. КЛЮЕВ, акад. РАН
Заместители
главного редактора:
В.Г. ШЕВАЛДЫКИН
П.Е. КЛЕЙЗЕР

Редакционный совет:

В.Я. БЕЛОБРАГИН
О.Н. БУДАДИН
В.П. ВАВИЛОВ
Б.И. ГЕРАСИМОВ
В.А. ГОЛЕНКОВ
Э.С. ГОРКУНОВ
А.К. ДЕНЕЛЬ
А.Ю. ДЕТКОВ
Ю.Б. ДРОБОТ
И.Н. ЕРМОЛОВ
И.Н. ЖЕСТКОВА
С.П. ЗАРИЦКИЙ
Г.В. ЗУСМАН
А.В. КОВАЛЕВ
В.С. КОТЕЛЬНИКОВ
В.Р. КУЗЬМИН
В.Ф. МУЖИЦКИЙ
В.И. МУРАВЬЕВ
Е.Г. НАХАПЕТЯН
П.П. ПАРХОМЕНКО
К.В. ПОДМАСТЕРЬЕВ
О.Н. РУМЯНЦЕВА
Н.А. СЕМАШКО
Ю.С. СТЕПАНОВ
А.Г. СУСЛОВ
В.В. СУХОРИКОВ
С.А. ТИМАШЕВ
В.М. ТРУХАНОВ
В.Л. ЧАХЛОВ
Г.С. ШЕЛИХОВ
В.И. ЭТИНГОВ

Ответственные за подготовку и выпуск номера:

П.Е. КЛЕЙЗЕР
С.В. СИДОРЕНКО
В.Г. ШЕВАЛДЫКИН
А.Г. ГАНЖЕНКО
Д.А. ЕЛИСЕЕВ

Журнал зарегистрирован в Государственном Комитете Российской Федерации по печати. Свидетельство о регистрации № 016960 от 25.12.97

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индекс по каталогу агентства Роспечать – 47649, по Объединенному каталогу "Пресса России" – 29075, по каталогу "Почта России" – 60260) или непосредственно в издательстве. Тел.: (495) 268 36 54; 268 69 19. Факс: (495) 269 48 97; 268 85 26. Http://www.Mashin.ru E-mail: td@mashin.ru

СОДЕРЖАНИЕ

● ИНФОРМАЦИЯ

Коновалов Н.Н., Бирюкова Н.П., Лисицын В.И., Полковников А.В. Всероссийский конкурс специалистов неразрушающего контроля – 2006 3

● КОНТРОЛЬ, ДИАГНОСТИКА ЗА РУБЕЖОМ

Ланге Ю.В. По страницам иностранных журналов 8

● ТЕОРИЯ, МЕТОДЫ, ПРИБОРЫ, ТЕХНОЛОГИИ

Киржанов Д.В., Лебедев О.В., Будадин О.Н., Авраменко В.Г. Выбор оптимальной физико-математической модели для диагностики светопрозрачных ограждающих конструкций 15

Ким-Серебряков Д.В., Авраменко В.Г., Лебедев О.В., Будадин О.Н., Киржанов Д.В. Тепловой контроль динамики остывания строительной конструкции при отключении систем теплоснабжения 19

Смирнов Ю.В., Малай В.А., Будадин О.Н., Троицкий-Марков Т.Е. Тепловой контроль и мониторинг технического состояния потенциально опасных объектов в условиях ограниченного доступа 24

Хренников А.Ю., Щербаков В.В., Языков С.А. Тепловизионный контроль как средство для обнаружения дефектов высоковольтного электрооборудования 28

Асадов Х.Г., Керимов М.Д. Об оптимизации нестационарного режима работы систем дистанционного зондирования на примере теплового контроля энергоэффективности зданий и сооружений 33

Чуриков А.А., Антонова Л.Л. Методика определения геометрических и временных параметров неразрушающего контроля комплекса теплофизических свойств 36

Романенко Г.В., Чернышов В.Н. Повышение метрологического уровня методов и средств неразрушающего контроля ТФС материалов на основе алгоритмов оптимальной обработки контролируемых температурных полей 46

Ксенофонтов В.Е. Разработка методов оценивания и диагностирования эффективности функционирования навигационных комплексов летательных аппаратов 50

Чуприн В.А., Галаненко Д.В., Мищенко В.П. Вопросы автоматизации приемочного неразрушающего контроля металлоизделий на промышленных предприятиях СНГ 54

Суслин М.А. Основы расчета микроволновых резонансных систем датчиков неразрушающего контроля исследуемых объектов 60

Зацепин Н.Н. Магнитостатика деформированных тел. 1. Вывод дифференциальных уравнений, описывающих закономерности относительных напряжений и обобщенной коэрцитивной силы. 70

Журнал входит в перечень изданий, утвержденных ВАК РФ для публикации трудов соискателей ученых степеней.

При перепечатке материалов ссылка на журнал "Контроль. Диагностика" обязательна. За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

шение, от температуры в котором функционирование систем теплоснабжения зависит в первую очередь.

Если требуется прогнозирование динамики остывания нескольких помещений внутри здания, то каждое из этих помещений обследуют по отдельности. Данная методика регламентирует проведение обследования лишь в одной из реперных зон. При необходимости обследования остальных реперных зон проводят аналогичные исследования. Результаты обследования обрабатывают по специальной программе на персональном компьютере.

Разработанный метод обладает существенным экономическим и техническим эффектом.

Достоверность и надежность метода подтверждаются обследованиями на практике строительных объектов на территории Москвы. Разработанные математические методы и требования к аппаратному

обеспечению реализованы в виде методик и аппаратно-программных комплексов, использующих стандартные измерительные и вычислительные средства. Созданные методики обеспечивают определение показателей назначения с погрешностью не более 15 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Дмитриев А.Н.** Управление энергосберегающими инновациями в строительстве зданий: учеб. пособие. М.: АСВ, 2000. 320 с.
2. **Защита панельных зданий** от воздействия перепада температуры при аварийном отключении отопления // Промышленное и гражданское строительство. 2002. 12.08. <http://www.stroi.ru/tsch/d916dr70220m428.html>.
3. **Lebedev O., Kirzhanov D., Avramenko V. and Budadin O.** Thermal Nondestructive Testing of Buildings in Practice // Proc. of 16th WCNDT. 2004. № 609. P. 1–8.

Ю.В. Смирнов, В.А. Малай (НПП "Старлинк", Москва),
О.Н. Будадин, Т.Е. Троицкий-Марков (Технологический институт энергетических обследований,
диагностики и неразрушающего контроля "ВЕМО", Москва)

Тепловой контроль и мониторинг технического состояния потенциально опасных объектов в условиях ограниченного доступа

Вопросы технической безопасности и энергосбережения в настоящее время стоят особенно остро. Для России эти проблемы в силу географических, социальных и технических причин имеют первостепенную важность. Совершенно очевидной становится невозможность дальнейшего технологического развития страны без соответствующего, даже опережающего развития методов и средств мониторинга и диагностики, направленных на своевременное обнаружение и предотвращение нарушений и аварийных ситуаций.

По оценке ведущих отечественных и зарубежных экспертов, в XXI веке диагностика и контроль качества будут занимать передовые места при решении проблем снижения техногенной аварийности, безопасности эксплуатации, энергосбережения, надежности изделий и объектов.

Основной особенностью современных диагностических средств является необходимость совершенствования существующих и внедрение новых техноло-

гий, позволяющих получать объективную информацию о контролируемых объектах более высокого уровня. Это достигается использованием комплексных методов контроля, интегрированных по различным физическим эффектам, интеллектуализацией диагностических средств и т.п.

Задачи повышения качества продукции и обеспечения надежности и безопасности эксплуатации сложных и потенциально опасных объектов ставят принципиально новые задачи создания методов и программно-аппаратных средств мониторинга их технического состояния.

К ним относятся задачи непрерывного во времени мониторинга температурного состояния сложных и потенциально опасных для человека конструкций в условиях ограниченного доступа и больших размеров (протяженности): шахт, туннелей, электрических кабельных линий, глубоких скважин в земле, трубопроводов на тепловых и атомных электростанциях, емко-

стей для хранения агрессивных жидкостей, протяженных пожароопасных строительных объектов и т.п.

Для решения таких задач российскими и белорусскими учеными разработана и испытана отечественная система температурного мониторинга, основанная на физическом эффекте романовского рассеяния в стандартных кварцевых многомодовых оптических волокнах [1].

Общая блок-схема системы приведена на рис. 1. На рис. 2 представлен внешний вид аппаратного комплекса системы.

В состав оборудования входят электронный блок 1 и волоконно-оптический кабель 2 (на рисунке он намотан на катушку), который является в системе распределенным датчиком температуры.

Принцип работы системы основан на рефлектометрическом методе измерения обратного рассеянного стимулированного романовского излучения. Возникновение романовского стимулированного сигнала связано с взаимодействием падающего излучения и вибрирующей вследствие температурного нагрева кристаллической решетки среды распространения излучения

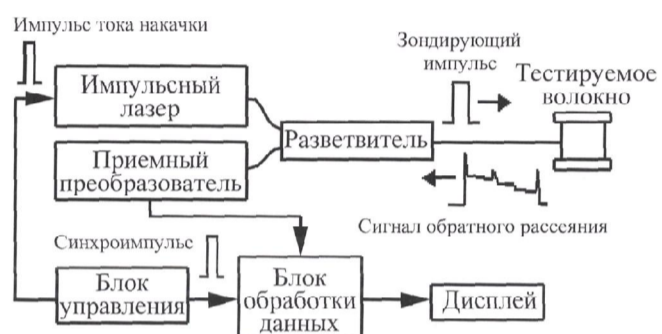


Рис. 1. Блок-схема системы температурного мониторинга

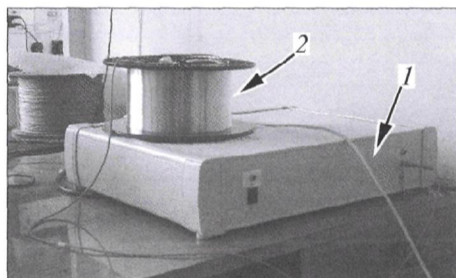


Рис. 2. Аппаратный комплекс системы температурного мониторинга:

1 – электронный блок; 2 – волоконно-оптический кабель



Рис. 3. Прокладка волоконно-оптического кабеля-сensors вдоль трубопровода

(оптического волокна). Интенсивность отраженного оптического сигнала зависит от температуры. Таким образом, измеряя интенсивность отраженного сигнала и зная коэффициент зависимости интенсивности от температуры, можно определить температуру источника теплового возбуждения. Измеряя рефлектометром сигнал обратного рассеяния, легко определить температуру вдоль оптического волокна и, соответственно, установить местоположение источника вдоль волокна.

Сам волоконно-оптический кабель прокладывается по трассе, анализ температуры которой представляет интерес. Кабель может находиться в земле или канализации, подвешиваться между опорами, укрепляться на стенах, под потолком или под полом. Кабель может эксплуатироваться в качестве самонесущего для спуска в шахту, скважину и т.п.

На рис. 3 показан процесс прокладки волоконно-оптического кабеля-сensors вдоль трубопровода. Это один из возможных вариантов кабеля-сensors. Конкретные модификации допускают прокладку вокруг трубопровода, в коллекторах и тоннелях. Варианты прокладки могут быть разнообразными, в том числе в условиях широкого диапазона температур и механических воздействий. Кабель-сensors допускает сварку волокон. Срок его эксплуатации 25 лет и более. Единственным требованием является неразрывность линии от контролирующего прибора до конечной точки.

На рис. 4, 5 приведены результаты мониторинга теплотрассы в условиях города. При этом возможен контроль любого ответвления линии теплотрассы.

На рис. 5 показаны сигналы, полученные с помощью измерителя обратного рассеяния на 13-метровом участке трубы теплотрассы в месте утечки воды; представлены температурные показания трубы 1 и почвы в этом месте 2 до утечки и значения температуры на участке трубы в момент утечки горячей воды 3.

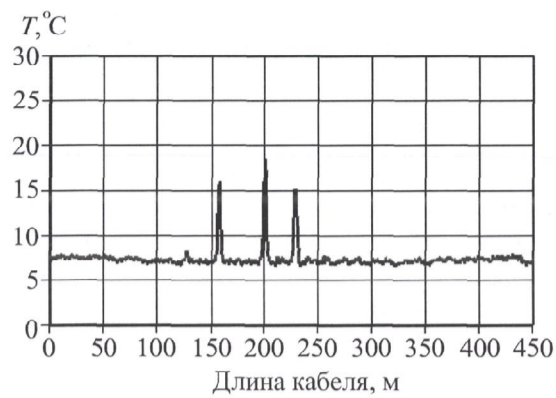


Рис. 4. Значения сигнала, полученного с помощью кабеля-сенсора, проложенного по трубопроводу (на кривой видны четыре точки с избыточным нагревом)

На рис. 6 в качестве примера приведены результаты контроля температуры и местоположения локального источника температуры по длине кабеля.

Из рисунка видно, что источник теплового возбуждения находится на расстоянии около 1 км от места

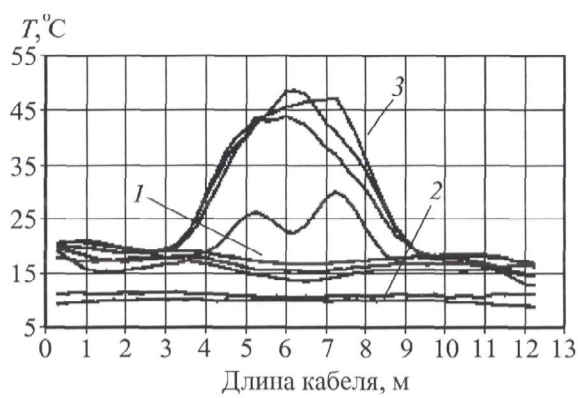


Рис. 5. Сигналы, полученные с помощью измерителя обратного рассеяния на 13-метровом участке трубы теплотрассы в месте утечки воды

расположения аппаратуры системы контроля и имеет температуру 30 °С.

Система температурного мониторинга может быть использована для контроля и наблюдения любых протяженных пространственных объектов, например,

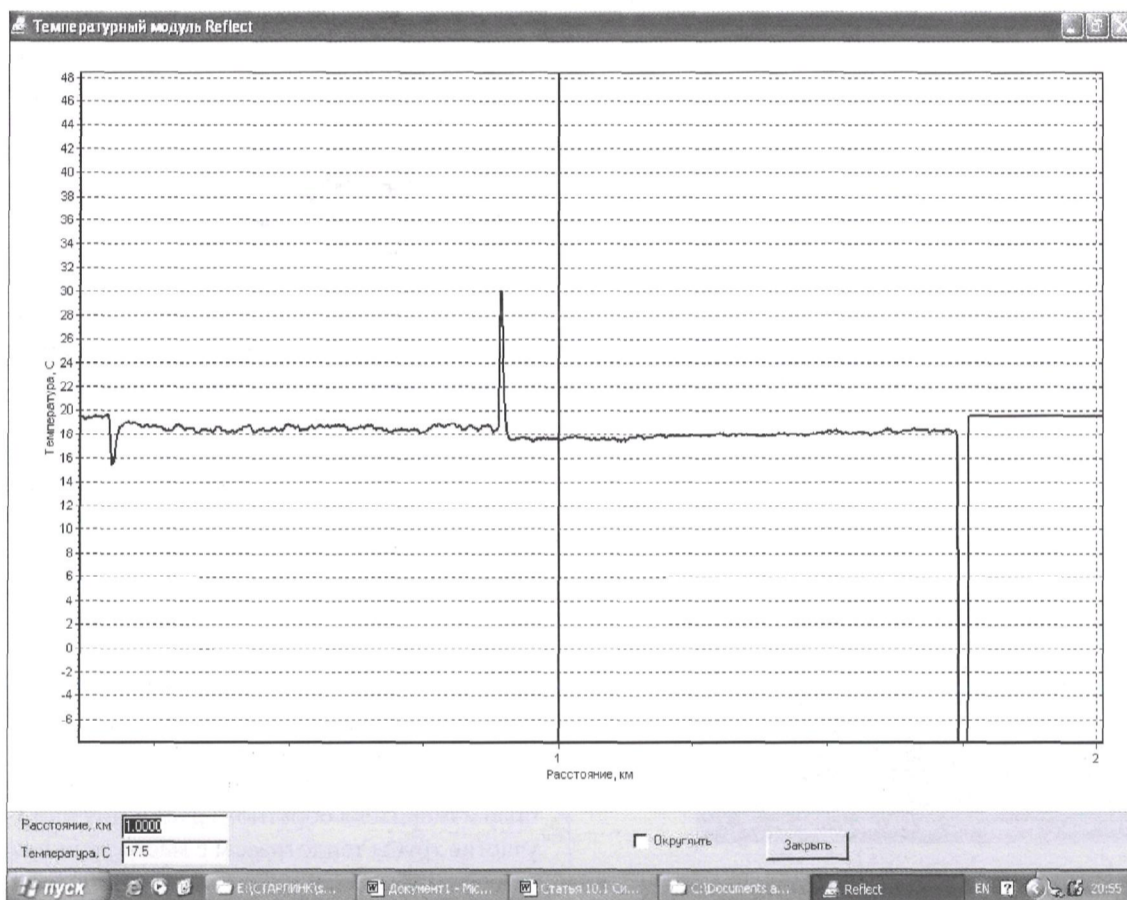


Рис. 6. Результаты контроля температуры и определения местоположения локального источника температуры по длине кабеля



имеющих сложную топологию, с одного пункта наблюдения.

Следует отметить, что с помощью проложенной волоконно-оптической линии можно не только измерять температуру, но одновременно решать комплекс других задач, связанных с передачей информации (телефонная связь, цифровая передача информации и т.п.).

Технические характеристики системы контроля

Дальность измерения, км	10
Масса электронного блока, кг	6
Масса кабеля, типового вариант (по согласованию с заказчиком), кг/км, не более	70 (от 70 до 15)
Разрешение по длине, м	±3
Диапазон измерения температуры, °С (по согласованию с заказчиком)	-60...+70 (до +100 и выше)
Чувствительность измерения температуры, °С	0,25...0,5
Время измерения, мин	3...10
Точность измерения абсолютной температуры, °С	±1
Питание, В:	
переменное	220,
постоянное	12
Рабочая температура	Комнатные условия

Технические характеристики кабеля-сенсора

Тип кабеля	Бронированный, с центральным полимерным сердечником и наружной оболочкой из шлангового полиэтилена
Количество волокон	1
Тип волокна	Многомодовое волокно 50/125 мкм
Затухание на длине волны 1,3 мкм, дБ/км, не более	0,6
Допустимое значение растягивающей нагрузки, Н, не более	7000
Рабочий диапазон температур, °С	-60...+70
Наружный диаметр, мм, не более	6
Масса, кг/км, не более	70

Основные области применения системы температурного мониторинга

1. Пространственный постоянный или периодический мониторинг температуры по длине, поверхности или объему промышленного объекта.
2. Системы безопасности:
 - атомные реакторы, химические и нефтехимические реакторы;
 - котлы и другие сооружения тепловых электростанций;
 - крупногабаритные сосуды и хранилища, в том числе нефти, зерна и прочие;
 - бетонные массивы тела плотин гидроэлектростанций;
 - транспортные и коммуникационные туннели;
 - морские суда и железнодорожные составы, метро;
 - магистральные газопроводы и нефтепроводы.
3. Системы исследования и мониторинга нефтяных и газовых трубопроводов, скважин, хранилищ.

Выводы

Впервые в России на основе отечественных технологий разработана волоконно-оптическая распределенная система температурного мониторинга на базе эффекта обратного романовского рассеяния.

До настоящего времени зарубежный обладатель такой технологии – международная фирма "Шлюмберже", мировой поставщик технологий и оборудования для нефтегазовой отрасли, препятствовала поставке российским предприятиям этой технологии, при этом стоимость кабеля этой фирмы составляет 35 дол/м, что в 10 раз дороже предлагаемой российской продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марьенков А.А., Лузгин А.Т., Бобров В.А. Система измерения температуры по оптическому волокну // Фотон-Экспресс. 2005. № 2.