



и механических воздействий. Кабель-сенсор допускает сварку волокон. Срок эксплуатации кабеля-сенсора 25 и более лет. Единственным требованием является неразрывность линии от контролирующего прибора до конечной точки.

На рис. 4, 5 приведены результаты мониторинга теплотрассы в условиях города. При этом контроль может осу-

других задач, связанных с передачей информации (телефонная связь, цифровая передача информации и т. п.).

### Основные области применения

1. Пространственный постоянный или периодический мониторинг температуры по длине, поверхности или объему промышленного объекта.

- транспортные и коммуникационные тоннели;
- морские суда и ж.-д. составы, метро;
- магистральные газопроводы и нефтепроводы.

3. Системы исследования и мониторинга нефтяных и газовых трубопроводов, скважин, хранилищ.

Табл. 1. Технические характеристики системы контроля.

Технические характеристики	Численные значения
Дальность измерения, км	10
Вес электронного блока, кг	6
Вес кабеля, кг/км (типовой вариант) (по согласованию с заказчиком)	до 70 (от 70 до 15)
Разрешение по длине, м	$\pm 3$
Диапазон измерения температуры, °C (по согласованию с заказчиком)	$-60 \div +70$ (до $+100$ и выше)
Чувствительность измерений температуры, °C	$0,25 \div 0,5$
Время измерения, мин	$3 \div 10$
Точность измерения абсолютной температуры, °C	$\pm 1$
Питание	220 В переменное (12 В постоянное)
Рабочая температура	Комнатные условия

Табл. 2. Технические характеристики кабеля-сенсора.

Тип кабеля	Бронированный кабель 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	до 0,6 дБ/км
Допустимое значение растягивающей нагрузки	до 7000 Н
Рабочий диапазон температур	$-60 \div +70$ °C
Наружный диаметр	не более 6 мм
Масса	не более 70 кг/км

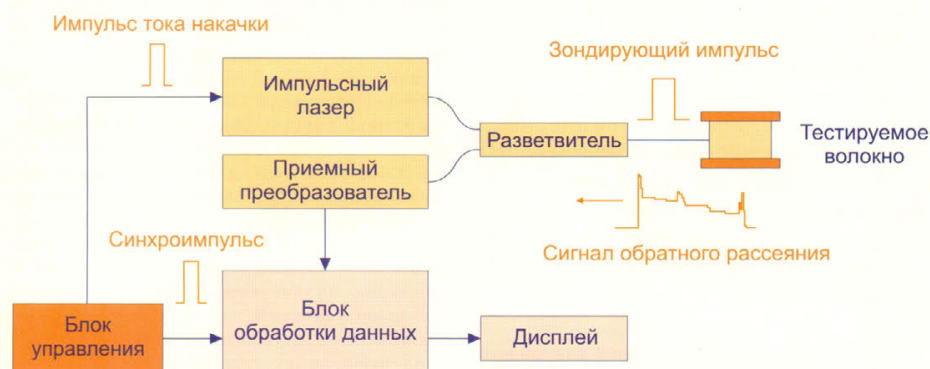


Рис. 1. Блок-схема системы мониторинга

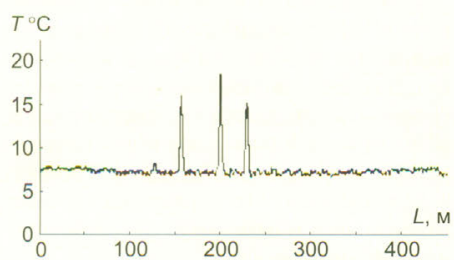


Рис. 4. Зависимость сигнала по длине кабеля, проложенного по трубопроводу (на кривой видны четыре точки с избыточным нагревом)

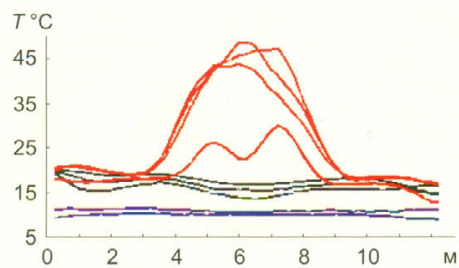


Рис. 5. Графики распределения температуры 13-ти метрового участка трубы теплотрассы в месте утечки воды; черные линии – участок трубы до утечки, синие линии – участок почвы в этом месте; красные линии – участок трубы в момент утечки горячей воды

### 2. Системы безопасности:

- атомные реакторы, химические и нефтехимические реакторы;
- котлы и другие сооружения тепловых электростанций;
- крупногабаритные сосуды и хранилища, в т. ч. нефти, зерна и пр.;
- бетонные массивы тела плотин гидроэлектростанций;



Рис. 2. Аппаратный комплекс системы мониторинга



Рис. 3. Процесс прокладки волоконно-оптического кабеля-сенсора вдоль трубопровода

### Выводы

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

Организовано мелкосерийное производство системы контроля. Испытания в реальных условиях показали ее высокую эффективность, достоверность контроля и достаточную для практики надежность.

### Литература

1. Марьенков А. А., Лузгин А. Т., Бобров В. А. Система измерения температуры по оптическому волокну. – Фотон-Экспресс. № 2. 2005.
2. Будадин О. Н., Потапов А. И., Колганов В. И. и др. Тепловой неразрушающий контроль изделий. – М.: Наука, 2002. – 476 с.

Статья получена 13 ноября 2007 г.