

Энергослужба предприятия

НОВОСТИ ОБЗОРЫ АНАЛИЗ ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

№2 (20)/2006

ПЕРСПЕКТИВЫ
Прогноз развития России
до 2008 года
стр. 4

КОМПАНИЯ
«Намкабель»
стр. 10

ОБОРУДОВАНИЕ
Поиск неисправностей
пневматических систем
стр. 39

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЭНЕРГОАУДИТА

Трудоемкость и стоимость работ по проведению энергоаудита

В статье рассматриваются вопросы определения стоимости энергоаудита на предприятии.

Как было отмечено в 1-й части статьи (№4 2005 г.), конечная цель энергетического аудита — это определение программы по повышению надежности и качества энергоснабжения, эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, приведению аудируемого энергообъекта в соответствие с предъявляемыми к нему требованиями.

Основной процедурой энергоаудита является энергетическое обследование, завершающееся составлением энергетического паспорта энергопотребителя.

В тех случаях, если аудиторское задание ограничено задачей проверки состояния энергосбережения на предприятиях-потребителях ТЭР, то предварительная трудоемкость и стоимость энергоаудита может быть оценена **по объему финансовых затрат предприятия на топливно-энергетические ресурсы.**

Здесь может быть показателем западный опыт. Например, в Великобритании, согласно данным статистики, энер-

гоаудит объекта с оплатой за энергию на уровне 1 млн. долларов в год длится 25 суток и стоит 18 тыс. долларов, на уровне 5 млн. долларов — соответственно 40 суток и 30 тыс. долларов, на уровне 10 млн. долларов — 50 суток и 37 тыс. долларов, в этом случае стоимость работ составляет не более 2% от расходов на оплату энергии.

При более низких энергетических тарифах в России энергоаудит имеет более высокую трудоемкость, что вносит соответствующие коррективы. Для наших условий предварительная оценка стоимости энергообследования может быть произведена в пределах от 10% годового объема расходов на энергопотребление для небольших предприятий с платежами за ТЭР не выше 1 млн. рублей, до 2% — для «очень солидных» энергопотребителей с платежами более 200 млн. рублей. Впрочем, основной расчет должен производиться, исходя из объектов обследования.

В общем случае при определении стоимости энергоаудита целесообразно исходить из требуемого объема работ по проведению аудиторской проверки и их трудоемкости. А размер возможного энергосберегающе-

го эффекта можно использовать в качестве стимула и одного из ориентиров.

Основными факторами, влияющими на величину плановой трудоемкости и объем работ по проведению энергоаудита, являются:

- вид энергоаудиторской проверки;
- отраслевая принадлежность объекта проверки;
- состояние учета ТЭР и эксплуатационно-технической документации на предприятии;
- квалификация персонала аудируемого лица;
- состав и степень изношенности энергетического оборудования.

Средняя трудоемкость работ по качественному проведению обязательного энергетического обследования промышленного потребителя ТЭР составляет около 190 человеко-мен. Стоимость одной такой условной смены может составлять около 1700 рублей без НДС. Хотя фактический разброс цен в зависимости от квалификации и специализации энергоаудитора может быть плюс-минус 50%. Примерное распределение трудоемкости по стадиям технологического цикла обследования приведено в следующей таблице:

Таблица 1. Технологический цикл работ по энергетическому обследованию объекта (условная средняя трудоемкость и документооборот)

Наименование процесса	Длительность, дней	Трудоемкость, чел. смен	Документирование	Сторонние участники
Согласование аудиторского задания	1	1	Предписание уполномоченного органа, аудиторское задание	Уполномоченный орган контроля, экономический субъект
Запрос информации и инспектирование состояния объекта (осмотр, ознакомление со структурой энергохозяйства, производственным процессом, характеристиками систем учета, планом оргтехмероприятий). Подготовка общего плана обследования	3	12	Опросные листы (общие сведения о предприятии и потреблении ТЭР), план обследования, письмо-обязательство аудитора	Аудируемое лицо
Разработка и согласование сметно-договорной документации	1	2	Договор на проведение энергоаудита	Аудируемое лицо
Разработка программы обследования. Согласование организационных условий	4	4	Программа обследования	Аудируемое лицо
Разработка вопросника, помощь персоналу в заполнении. Обработка результатов	12	6	Опросные листы	Ответствен. сотрудник аудируемого лица
Извещение в Госэнергонадзор о заключении договора			Письмо-извещение о заключении договора	Ростехнадзор
Анализ проектно-технической, технологической и экономической документации об объекте. Составление заданий-спецификаций на экспертизу и аудит объекта	8	18	Задание-спецификация аудитора	Эксперты

Продолжение. Начало в № 4'2005

Наименование процесса	Длительность, дней	Трудоемкость, чел. смен	Документирование	Сторонние участники
Детальное инспектирование энергохозяйства и инструментальное наблюдение (выбор и подготовка участков измерений, программирование и монтаж приборов, проведение измерений)	20	8	Протоколы осмотров и замеров на предприятии	Эксперты, привлеченный персонал предприятия
Выполнение инженерно-технических расчетов для оценки уровня ресурсоэнергопотребления и потерь. Подготовка отчетов по заданиям и заключений для системного анализа	6	24	Технические отчеты и заключения аудиторов и экспертов	Эксперты
Проверка полноты и достоверности собранных данных. Анализ технических заключений	4	8	Замечания аудиторов-аналитиков	
Выполнение инженерно-экономических расчетов для оценки энергоэффективности и выявление критичных участков. Разработка рекомендаций. Подготовка расчетно-пояснительной записки и энергопаспорта	15	3	Проект аудиторского заключения (расчетно-пояснительная записка и энергопаспорт)	
Согласование рекомендаций по аудиторскому заключению с руководством аудируемого лица.	2	2	Аудиторское заключение. Акт сдачи-приемки	Аудируемое лицо
Передача аудиторского заключения. Сдача рабочей документации в архив	3	3	Энергопаспорт и расчетно-пояснительная записка. Рабочая документация аудиторов	Уполномоченный орган контроля, экономический субъект
ИТОГО:	79	190		

При проведении энергоаудита может возникнуть непредвиденное увеличение трудоемкости. На отечественных предприятиях аудитор часто встречается с заведомой недостоверностью учета, отсутствием или низким качеством проектной, технической и эксплуатационной документации, недостаточной квалификацией и дефицитом персонала. Все это значительно повышает риск аудитора, который можно компенсировать только затратами времени на дополнительные проверки. Поэтому реальная оценка трудоемкости энергетического обследования постсоветского предприятия более чем в 3 раза выше аналогичных работ на Западе. Стоимость проведения энергоаудита рассчитывается на

основании прейскуранта, принятого в аудиторской организации, разумеется, что у каждой он свой. Средняя цена в расчете на один производственный корпус для промышленного предприятия составляет около 100 тыс. рублей. Однако действительная стоимость может колебаться от 30 до 300 тыс. рублей. Пока нормативные документы федерального уровня, регламентирующие стоимость подобных работ, отсутствуют. Но существует распространенный опыт применения ценников, разработанных на базе Прейскуранта Минжилкомхоза РСФСР №26-05-204-01, часть 3, книга 2 («Наладка энергетического оборудования»), к ценам которого применяются коэффициенты.

При расчете стоимости каждого вида работ цена работы, определенная по Прейскуранту, умножается на произведение всех применяемых к данной работе вышеперечисленных коэффициентов.

На подготовительном этапе (при написании письма-обязательства аудитора о проведении энергетического обследования), когда объем работ еще не определен, предварительная стоимость энергоаудита рассчитывается на основе общих данных об объеме потребления ТЭР. Уточняя объем работ, следует помнить о соблюдении принципа разумной уверенности в целях накопления аудиторских доказательств, необходимых и достаточных для того, чтобы сделать вывод об отсутствии существенных искажений в отчетной и учетной энергетической документации. Энергоаудит может быть простым обзором энергопотребления, который базируется на показаниях контрольных приборов аудируемого предприятия. Однако значительно чаще, чтобы получить обоснованные выводы, энергоаудит должен предусматривать специальные процедуры тестирования с установкой измерительного оборудования и продолжительными измерениями. Естественно, что в последнем случае энергоаудит обойдется дороже, но зато будет более реальным и результативным.

В значительной степени соотношение между стоимостью и качеством энергоаудита определяется способом его проведения и квалификацией аудитора. Можно выделить три наиболее распространенных подхода к проведению энергетических обследований.

«Подход ведущего продукта» — это простой технический прием для начинающих энергоаудиторов. Обычно с по-

Таблица 2. Коэффициенты к цене аудиторских работ по Прейскуранту Минжилкомхоза РСФСР №26-05-204-01

Наименование понижающего/повышающего коэффициента к цене работы по Прейскуранту Минжилкомхоза РСФСР №26-05-204-01	Значение коэффициента
1. Коэффициент применения на работы, не указанные в Прейскуранте	Определяется отношением трудоемкости оцениваемой работы к трудоемкости аналогичной работы, содержащейся в Прейскуранте
2. Общий понижающий коэффициент трудоемкости работ	0,6
3. Понижающий коэффициент на работы, выполняемые персоналом заказчика при технической помощи (руководстве) аудитора	0,65
4. Повышающий коэффициент на измерительные работы, выполняемые с использованием приборов аудитора	1,2
5. Общий повышающий коэффициент индексации оплаты труда (к расценкам 1986 г.)	Устанавливается на уровне Российского акционерного общества закрытого типа «Роскоммунэнерго», организации — разработчика Прейскуранта



мощью экспертов аудитор проводит несколько первоначальных обследований, в результате которых для определенного типа внутренних энергопотребителей выделяются наиболее актуальные стандартные рекомендации, например применение энергосберегающих светильников, частотно-регулируемых приводов, автономных источников тепла и так далее. После этого аудитор может самостоятельно без особых затруднений обследовать аналогичные объекты и определять на базе «типичных средних сбережений» возможности применения тех мероприятий энергосбережения, которые он уже успешно использовал. Этот подход эффективен и при создании собственного энергоменеджмента предприятия, в частности на основе информационных писем-предписаний. Например, энергоменеджер компании, владеющей сетью производств, мог бы таким образом определить перечень энергосберегающих мероприятий, которые целесообразно применить на всех предприятиях сети. Такой подход часто применяется ведомственными подразделениями, отвечающими за вопросы энергосбережения в крупнейших российских холдингах (РАО). Кстати, этот же технический прием активно используют компании, торгующие энергооборудованием или энергосервисными услугами, для расширения рынка сбыта. Профессиональным аудиторам «подход ведущего продукта» использовать не рекомендуется, так как он не способен вывести на оптимальные решения, а часто из-за недоучета каких-либо факторов приводит к отрицательным результатам.

«Подход ведущего критерия» основан на определении фактических показателей работы энергооборудования или использования ТЭР и сравнении их величины с нормативным или расчетным (теоретически необходимым) уровнем. Метод помогает обнаружить резервы повышения качества, надежности и эффективности энергохозяйства, как в целом, так и по элементам. Выявив «узкие места», аудитор определяет пути их «расшивки». В результате такого «точечного» подхода могут быть рекомендованы, например, модернизация какой-либо части оборудования, выбор нового режима обслуживания и эксплуатации, наконец, реструктуризация (изменение схем, децентрализация или централизация энергоснабжения, использование альтернативных процессов и вторичных энергоресурсов). Это достаточно трудоемкий, но и высококачественный энергоаудит, носящий исследовательский характер и требующий существенных знаний и опыта.

«Смешанный подход» подразумевает частичное объединение обоих описанных выше подходов для достижения компромисса между ценой и качеством энергоаудита. Например, после профессиональной проверки сведений об энергопотреблении может быть ог-

раничен круг рассматриваемых мероприятий, но обеспечена высокая надежность их технико-экономического обоснования.

От выбора подхода будет соответственно зависеть стоимость аудиторской проверки. При принятии решения об использовании того или иного варианта важно помнить о размере возможного энергосберегающего эффекта. Опыт и практика членов организации «ОПЭК» свидетельствуют, что реализация результатов энергоаудита на российских предприятиях в среднем дает около 20% экономии энергии, а срок окупаемости энергосберегающих мероприятий — менее двух лет. К тому же для условий нашей страны может быть применен специальный критерий успешности энергообследования, который достигается профессиональными энергоаудиторами за счет более трудоемкого творческого подхода и постановки системы мотивации энергоменеджмента непосредственно на предприятии. Имеется в виду следующее: поэтапная программа энергосбережения в целом по всем мероприятиям, чтобы она была инвестиционно привлекательной, должна окупаться не более чем за один год. Этого удается добиться, когда экономия от реализованных мероприятий обеспечивает реализацию следующих этапов.

К сожалению, пока еще нередки случаи, когда предприятия вообще не готовы к формулированию собственной программы повышения надежности и качества энергоснабжения, эффективного использования ТЭР. С неизбежным ростом цен на энергоносители принцип «ничего не менять пока работает» (а это зачастую — эксплуатация на износ) только ухудшает положение предприятия.

Естественно, на таких предприятиях отношение к энергоаудиту, когда их заставляют его проводить, может быть только одно — минимальная цена и... «чтобы отстали». Однако невнимание к вопросам энергоемкости, надежности и безопасности производства — прямая дорога к отставанию самого предприятия.

Если акционеры или дирекция заботятся об обеспечении устойчивости своего развития — без добросовестного энергоаудита не обойтись. И тут помимо ценового вопроса принципиальными становятся две проблемы: во-первых, как определить, что конкретная фирма-энергоаудитор — тот самый квалифицированный и независимый эксперт, который необходим, а во-вторых, как определить те задачи и требования к результату энергоаудита, которые являются, собственно, предметом договора?

Эти проблемы решаются изучением подробной информации о возможностях фирмы (укомплектованность аттестованными специалистами, оснащенность приборами, опыт предыдущих обследований, отзывы, репутация) и согласованием правил (стандартов и

методик), которыми она должна руководствоваться при проведении энергоаудита. Исполнение требований, установленных этими правилами, будет при приемке результатов критерием квалифицированности проведенного обследования. Помощь в этом могут оказать аккредитующие органы и саморегулируемые профессиональные объединения.

Кроме того, можно посоветовать обратиться к справочному пособию **«Научно-методические принципы энергосбережения и энергоаудита»** (М. «Наука», 2005), в котором подробно рассматриваются правила организации и проведения энергоаудита.

В.И. СУЧКОВ,

генеральный директор
Технологического института
энергетических обследований,
диагностики

и неразрушающего контроля «ВЕМО»;

Д.В. СЕННОВСКИЙ,

эксперт саморегулируемой
организации
профессиональных
энергоаудиторских
компаний «ОПЭК»

Литература:

1. Федеральный закон №28-ФЗ от 3.04.98 г. «Об энергосбережении».
2. Федеральный закон №35-ФЗ от 26.03.2003 г. «Об электроэнергетике».
3. Федеральный закон №184-ФЗ от 27.12.2002 г. «О техническом регулировании».
4. Федеральный закон №134-ФЗ от 8.08.2001 г. «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при проведении государственного контроля (надзора)».
5. «Научно-методические принципы энергосбережения и энергоаудита. Научное и учебно-методическое справочное пособие». В трех т. Т. 1: Научно-методические принципы энергоаудита и энергоменеджмента. /Троицкий-Марков Т.Е., Будадин О.Н., Михайлов С.А., Потапов А.И.ИМ. «Наука». 2005, 544 с.
6. «Тепловой неразрушающий контроль изделий» /Будадин О.Н., Потапов А.И., Колганов В.И., Троицкий-Марков Т.Е., Абрамова Е.В.ИМ. «Наука». 2002, 472 с.
7. «Энергетические обследования. Способ реального энергосбережения и получения дополнительной прибыли». /Методическое пособие под ред. Троицкого-Маркова Т.Е., Будадина О.Н., Сучковой В.И., Скобарева В.Ю.ИМ. Технологический институт энергетических обследований, диагностики и неразрушающего контроля «ВЕМО». 2002, 209 с.

Продолжение следует.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЭНЕРГОАУДИТА

В статье рассказывается о целях и задачах энергоаудита, о современных технологиях проведения энергоаудиторской проверки и аналитических процедур.

Один из наиболее болезненных вопросов в отношении к энергетическому аудиту — способен ли он экономически самостоятельно существовать и развиваться как полноценный вид деятельности, не опираясь на режим обязательности его проведения. Положительный ответ на этот вопрос возможен только при переориентации задач и технологий энергоаудиторских проверок от заданий надзорных органов к действительным потребностям клиентов.

Наиболее распространенной формой проведения энергоаудита до сих пор (уже в течение 10 лет) являются обязательные энергетические обследования, хотя по мысли чиновников собственно энергоаудитом должны были считаться только добровольные проверки. Широкое распространение практики обязательного энергоаудита позволило этому направлению самоидентифицироваться, стать «на ноги» как бизнесу и в то же время стимулировало крупные предприятия заняться проблемами энергосбережения (во всяком случае, формально). К сожалению, как и в любом «русском бизнесе», по мере «снятия сливок» в виде самых крупных платежеспособных предприятий-энергопотребителей интерес к этой деятельности стал охладевать.

В соответствии с новыми принципами энергоаудита и энергоменеджмента, разработанными с участием Минпромэнерго РФ [2]:

«Энергоаудиторская деятельность (энергоаудит)» — это предпринимательская деятельность специализированных аудиторов (энергоаудиторских фирм) по осуществлению независимых проверок соответствия фактических показателей энергопотребления, надежности и качества энергоснабжения, энергоэффективности и энергобезопасности сведениям, указанным в отчетности, энергетических паспортах, проектной, технической, эксплуатационной и учетной документации, а также норматив-

но-правовым требованиям, текущим и перспективным технически достижимым и экономически обоснованным потребностям энергопотребителей».

Естественное развитие в современном мире сориентировало аудит не только на проверку достоверности показателей, но также, и даже в большей степени, на выявление рисков проверяемой организации, разработку предложений по их предупреждению, оптимизации производственно-хозяйственной деятельности, обеспечению устойчивого развития предприятия и его эффективности. Это касается любого аудита, как финансового, так и энергетического.

Ныне обязательный энергоаудит все более насыщается рутинными, чисто бумажными процедурами и формально-статистическими методами оценки, которые значительно удешевили себестоимость его проведения, но нивелировали ценность его результата.

Зато сформировалось особое профессиональное направление инструментального энергоаудита, готового к инженерно-ремонтной, пусть не очень прибыльной, но стабильной работе, удовлетворяющей рыночный спрос, т.е. реальные собственные нужды предприятий-клиентов в обеспечении безопасной, надежной, эффективной и качественной работы их энергоустановок. Потому что при любых обстоятельствах система показателей безопасности, надежности, эффективности и качества энергоснабжения, как целое, остается обязательным условием устойчивости производства и должна быть положена в основу всех решений по формированию, функционированию и развитию энергокомплекса предприятия.

Для потребителей энергетический аудит — ценнейший инструмент принятия решений в области организации и обеспечения качественного, надежного, энергоэффективного и безопасного функционирования предприятия. Вне зависимости от объекта обследования, будь то энергоустановка в целом или отдельные ее элементы, реализация полной программы энергоаудита всегда подразумевает три уровня целей:

— **начальная цель** — выражение мнения о фактическом состоянии проверяемого энергетического объекта, включая оценку достоверности полученных сведений о нем;

— **основная цель** — выражение мнения о степени соответствия выявленных аудитором фактических потребительских свойств аудируемой энергоустановки предъявляемым к этому объекту требованиям;

— **конечная цель** — выражение мнения о конкретных, выполнимых и экономически оправданных мероприятиях, которые необходимо реализовать для приведения проверенного энергообъекта в соответствие с предъявляемыми к нему требованиями.

Достижению этих целей способствуют как общие, так и частные особенности аудиторской и энергоаудиторской деятельности:

1. Обеспечение личной независимости аудитора при проведении проверок способствует объективности выводов;
2. Профессионализм, компетентность и добросовестность аудитора, а также его лояльность по отношению к клиенту обеспечивают, с одной стороны, получение качественного результата с наилучшей производительностью, а с другой — наиболее благоприятное восприятие замечаний и рекомендаций, высказанных клиенту по результатам аудита;
3. Режим конфиденциальности дает доступ к скрытой информации, необходимой для полноты анализа проблем;
4. Применение новых технологий неразрушающего контроля и диагностики, энергетического мониторинга предоставляет энергоаудитору недоступную клиенту информацию о фактическом состоянии проверяемого объекта (а значит, и возможность проверки достоверности имеющихся у клиента сведений);
5. Использование методов статистики, оптимизации, системного и экономического анализа позволяет учесть взаимовлияние существенных факторов и определить наиболее выгодные варианты рекомендаций;
6. Наличие собственной обширной актуальной базы и доступа к

специализированным ресурсам по нормативно-справочной информации и эффективным организационно-техническим решениям определяет уровень обоснованности и перспективности выводов и предложений аудитора;

7. Ответственность аудитора за последствия реализации мероприятий, рекомендованных по результатам аудиторской проверки, при принятии решения об их выполнении является для клиента порой даже более основательным мотивом, чем ожидаемый экономический эффект.

Подчеркнем: при проведении любого вида энергоаудита, как обязательного, так и добровольного (инициативного), несмотря на определяющую роль действительных потребностей проверяемой организации, независимость аудитора — наиглавнейший принцип проверки. Аудиторы независимы от аудируемого лица, от любой третьей стороны, от государственных органов, поручивших им проведение энергоаудита, а также собственников и руководителей аудиторской организации, в которой они работают.

На сегодня самой регламентированной задачей энергоаудита является **проверка энергетической эффективности предприятий**. При этом следует различать аудит энергосбережения и аудит энергоэффективности.

В соответствии с Федеральным законом №28-ФЗ от 3.04.98 г. «Об энергосбережении» мы имеем следующее определение термина «энергосбережение»:

«Энергосбережение — реализация правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное использование топливно-энергетических ресурсов и вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии».

Таким образом, под объектом аудита энергосбережения правильнее будет понимать в первую очередь систему энергетического менеджмента предприятия, занимающуюся реализацией отмеченных выше мер.

Задачей аудита энергосбережения является проверка представленных отчетов об уровне энергопотребления и оснащенности предприятия современными методами и технологиями учета и экономии ТЭР, а также доказательство фактического энергосберегающего эффекта, достигаемого применением этих технологий.

В настоящее время большинство специалистов склоняются к переходу от общих вопросов энергосбере-

жения к конкретным проблемам энергоэффективности.

Энергетическая эффективность — это способность энергохозяйства, энергоустановки в целом и отдельных ее элементов выполнять свои функции при минимальных затратах энергетических и других видов ресурсов.

Повышение энергоэффективности — задача более «точечная», имеющая принципиально технико-экономический характер.

Объектом аудита энергоэффективности является собственно энергетическое хозяйство, его состав, структура, схема организации, функционирование его элементов. Задачей аудита энергоэффективности является выражение мнения о показателях экономичности работы энергооборудования и их соответствии проектной и технической документации, установленным нормам и правилам, а также современному уровню технологического развития. Желательно, чтобы аудит энергосбережения строил свои доказательства на основе аудита энергоэффективности.

Именно в отношении проверки энергоэффективности в настоящее время наметился устойчивый рост количества инициативных заказчиков.

В силу исторических и географических особенностей проблемы энергоэффективности и качества энергоснабжения в российской экономике до сих пор являются «узким местом». Энергоэффективность многих отраслей в России (особенно ЖКХ) в 3—5 раз ниже, чем в странах Западной Европы, Северной Америки, Японии. Поэтому с полным основанием можно сказать, что вся экономика России может быть представлена как **богатейшее месторождение энергоэффективности, по потенциалу сопоставимое с крупнейшими залежами энергоресурсов**.

Это месторождение надо разрабатывать, вкладывать средства не только в приобретение энергосберегающего оборудования, но и, образно говоря, в разведку самих месторождений энергоэффективности, т.е. в **технологии контроля** качества, энергоэффективности, технической надежности и эксплуатационной безопасности производственных процессов, оборудования, инженерных коммуникаций, зданий и сооружений.

Современные технологии профессионального энергоаудита благодаря применению методов **неразрушающего контроля** позволяют, так сказать, совместить «энерговедение» с непосредственным «энерговидением», повысив объективность мнения

аудитора. Речь идет о принципиальном решении, с одной стороны, проблемы метрологической достоверности исходных данных, а с другой — задач точного установления причин нерационального расходования энергоресурсов.

Среди наиболее перспективных способов неразрушающего контроля мы отмечаем **автоматизированные технологии тепловой (тепловизионной) дефектометрии**, построенные на базе теплового метода диагностики, адекватных математических моделей и решения обратных задач.

В отличие от традиционной предлагаемой дефектоскопии, лишь выявляющей дефекты, дефектометрия определяет их численные характеристики и, таким образом, позволяет перейти к классификации степени функционально-качественного нарушения и его влияния на энергетический баланс.

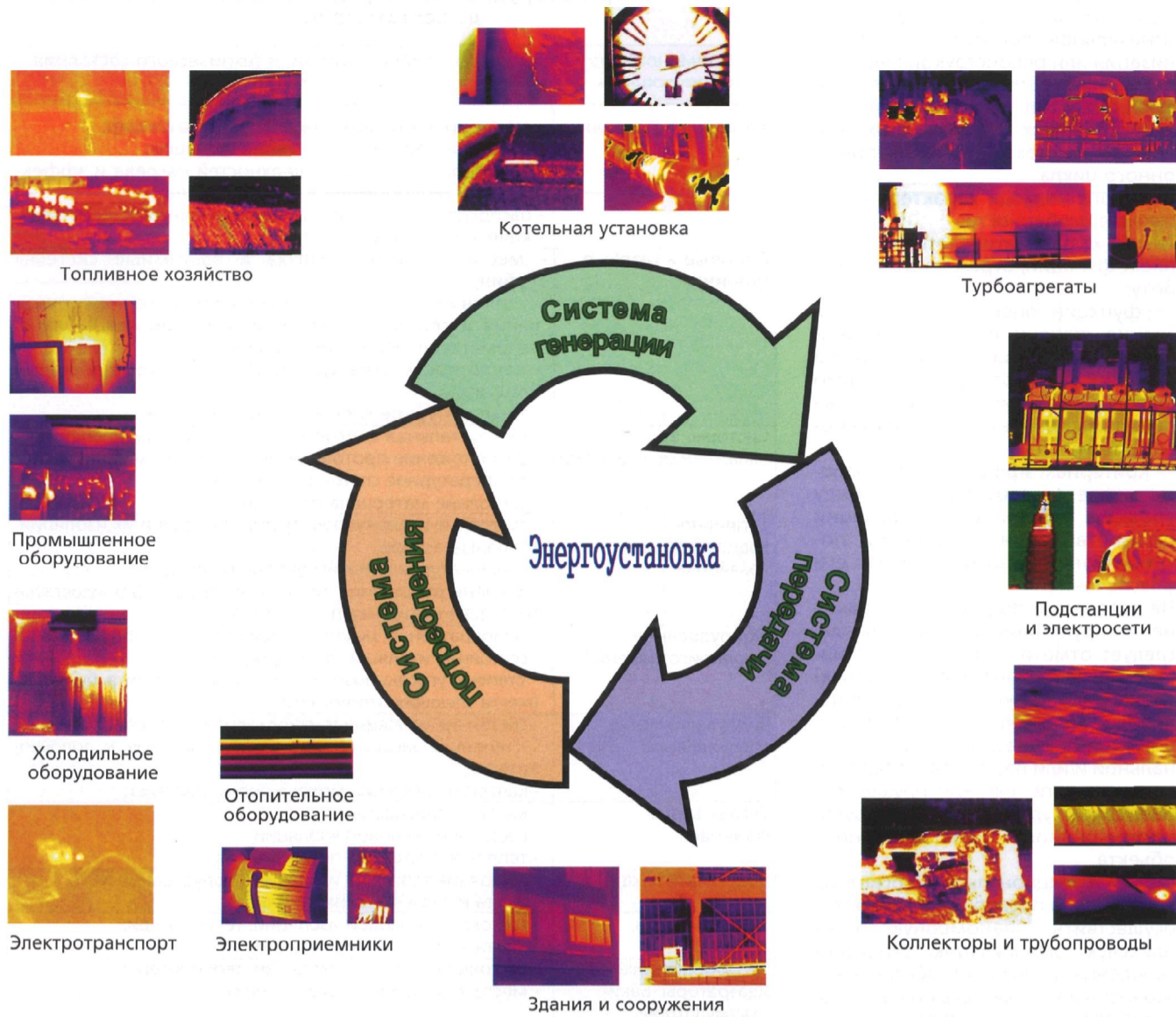
По своим возможностям метод тепловой дефектометрии (МТД) способен охватить практически все элементы энергоустановки — от генерации до потребления (рис. 1). При этом определяются либо фактические показатели непосредственных энергопотерь в обследуемых элементах энергоустановки, либо характеристики их технического состояния, являющиеся объективным основанием для коррекции нормативно-расчетного энергопотребления. В таблице 1 отражены основные аудиторские доказательства, используемые для таких корректировок и получаемые с помощью МТД.

Особо следует отметить важность учета фактических характеристик энергоэффективности зданий и сооружений, как неотъемлемых элементов энергоустановки. В настоящее время энергоэффективности строительных объектов при проведении энергетических обследований уделяется необоснованно мало внимания. Но по нашему многолетнему опыту приходится констатировать: 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.

Здесь также МТД оказывается незаменим. На рис. 2 показаны основные характеристики технического состояния зданий и сооружений, выявляемые этим методом.

Разумеется, для сбора аудиторских доказательств используется не только МТД, но и множество иных инструментально-измерительных про-

Рис. 1. Объекты энергетических обследований методом тепловой дефектометрии

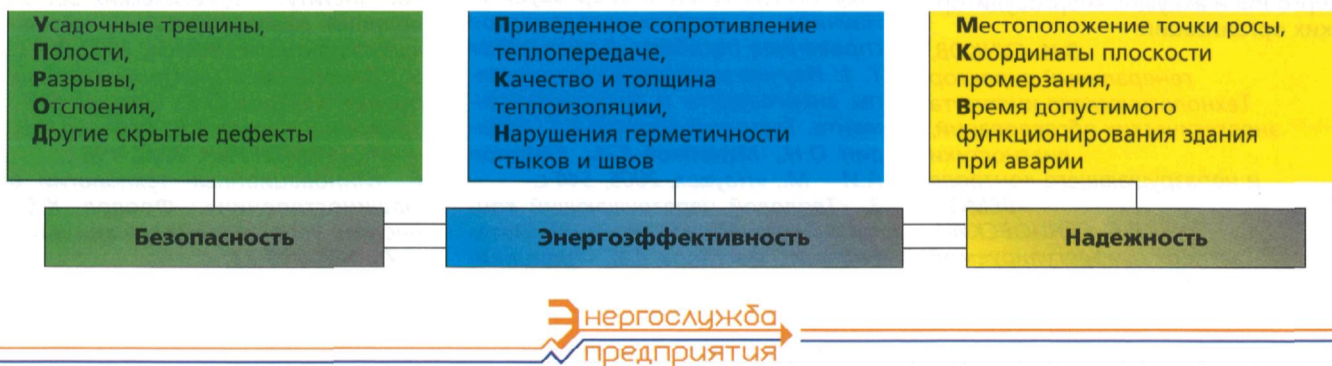


цедур, включая электроизмерения, расходомерию и пр. Однако, как уже отмечалось, в любом случае для выработки правильных решений недостаточно определить фактические показатели энергопотребления и экономичность работы энергооборудования. Необходимо еще и выражение мнения о степени соответствия этих показателей

функциональному назначению объекта (предприятия в целом, производственного участка, технологического процесса, собственно энергетического хозяйства, системы энергоснабжения, элементов энергооборудования и т.п.). Связь экономичности работы с потребительскими свойствами, качеством и надежностью функциони-

рования проверяемого объекта требует специальной методологии проведения энергетического обследования. Эта методология, на наш взгляд, полностью реализуется применением функционально-энергетического подхода. Под **функционально-энергетическим анализом** мы понимаем комплекс методов системного ис-

Рис. 2. Возможности МТД по определению технического состояния строительных конструкций



следования функций производственно-технологических объектов, с помощью которого осуществляется изначальное обеспечение, модернизация или реконструкция необходимых потребительских свойств этих объектов при минимальных энергетических затратах на их проявление на всех этапах эксплуатационного цикла.

Для этого подхода характерны следующие особенности:

— объект рассматривается как комплекс функций, отражающих его работу;

— функции оцениваются с точки зрения степени их выполнения и требуемых затрат с выделением функций слишком дорогих, плохо выполняемых либо, наоборот, выполняемых выше (лучше) требуемого уровня;

— критерием эффективности работы является соотношение между уровнем выполнения функций (удовлетворения требований потребителей) и затратами на его обеспечение.

Не вдаваясь в подробности применения функционального подхода, следует отметить, что его достоинством является возможность объективного обнаружения не только наличия и величины резервов снижения энергозатрат, но и функциональной и/или параметрической недостаточности, сигнализирующей о невысоком уровне качества функционирования обследованного объекта.

Метод функционально-энергетического анализа предприятия позволяет осуществить планомерную комплексную оптимизацию энергопотребления с позиций обеспечения экономичности, качества и надежности системы энергоснабжения.

К сожалению, в статье невозможно рассказать не только о всей методологии профессионального энергоаудита, но даже о тех технологических подходах, которые были затронуты. Интересующимся современным состоянием рассмотренной проблемы мы можем порекомендовать обратиться к новому справочному пособию по энергоаудиту [2], которое вышло в этом году при содействии ИМАШ РАН, Минпромэнерго РФ и ведущих энергоаудиторских организаций.

В.И. СУЧКОВ,
генеральный директор
Технологического института
энергетических обследований,
диагностики
и неразрушающего контроля
«ВЕМО»;
Д.В. СЕННОВСКИЙ,
эксперт саморегулируемой

Табл. 1. Основные дефекты и характеристики технического состояния энергооборудования, определяемые методом тепловой дефектометрии

Наименование оборудования	Дефекты и характеристики технического состояния
Котельные установки	- места присосов воздуха в топку и газоходф; - состояние обмуровки и теплоизоляции; - тепловое состояние поверхностей нагрева и эффективность теплообмена в экранах котла; - распределение топлива в газогорелочных устройствах; - качество работы форсунок
Паровые и газовые турбины	- места присосов воздуха в вакуумные системы турбин; - тепловые потери от теплоизолированного оборудования и состояние тепловой изоляции основного и вспомогательного оборудования; - неплотности арматуры по тепловой схеме блоков и станций; - температурное состояние маслосистем
Системы водяного охлаждения. Градирни	- охладительная способность прудов-охладителей; - расположение проточных русел и места заилинений; - температурное состояние водоводов; - состояние материала градирен
Топливо-транспортное хозяйство	- состояние резервуаров, трубопроводов и их изоляции, тепловые потери; - температурный режим угольных складов; - степень расслоения топлива в резервуарах и остатка топлива в цистернах после слива
Оборудование пылеприготовления	- температурный режим углеразмольного оборудования - состояние изоляции пылепроводов; - степень угрозы возгорания угольной пыли в бункерах (места тлеющих отложений)
Золоулавливание, золоудаление	- состояние изоляции и износ стенок золоуловителей; - степень и места заноса золой газоходов и золоуловителей; - качество орошения мокрых золоуловителей
Тягодутьевые установки	- места неплотностей; - состояние тепловой изоляции; - тепловое состояние подшипников
Водоподготовка	- состояние тепловой изоляции оборудования ХВП; - места нарушения герметичности
Трубопроводы, арматура	- состояние тепловой изоляции, теплотери; - места нарушения герметичности
Теплообменники. Деаэраторы. Баки-аккумуляторы	- состояние тепловой изоляции, теплотери; - места нарушения герметичности
Электрооборудование	- температурное состояние, места сверхнормативного выделения тепла.

организации
профессиональных
энергоаудиторских компаний
«ОПЭК»

Литература:

1. Федеральный закон №28-ФЗ от 3.04.98 г. «Об энергосбережении».
2. «Научно-методические принципы энергосбережения и энергоаудита. Научное и учебно-методическое справочное пособие». В трех томах Т. 1: Научно-методические принципы энергоаудита и энергоменеджмента. Троицкий-Марков Т.Е., Будадин О.Н., Михайлов С.А., Потапов А.И. – М.: «Наука», 2005, 544 с.
3. «Тепловой неразрушающий контроль изделий». Будадин О.Н., Потапов А.И., Колганов В.И., Троицкий-

Марков Т.Е., Абрамова Е.В. — М.: «Наука», 2002, 472 с.

4. «Энергетические обследования. Способ реального энергосбережения и получения дополнительной прибыли». Методическое пособие под ред. Троицкого-Маркова Т.Е., Будадина О.Н., Сучковой В.И., Скобарева В.Ю. — М.: Технологический институт энергетических обследований, диагностики и неразрушающего контроля «ВЕМО», 2002, 209 с.
5. «Измерения в электромагнитных полях». Казаров Ю.К., Будадин О.Н., Троицкий-Марков Т.Е., Лебедев О.В. — М.: ВИНТИ РАН, 2003, 196 с.
6. «Инновационные технологии в машиностроении». Фролов К.В.: Вестник Российской академии наук, т. 75, №4, 298-321 с.

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 очевидным становится факт невозможности дальнейшего технологического развития страны без соответствующего, даже опережающего, развития методов и средств мониторинга и диагностики, направленных на своевременное обнаружение и предотвращение возникновения 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 как совершенствования существующих, так и внедрение новых технологий, позволяющих получать объективную информацию о контролируемых объектах более высокого уровня. Это связано с использованием комплексных методов контроля, интегрированных по различным физическим эффектам, интеллектуализацией диагностических средств и т.п.

Проблемы 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, потенциально опасных для человека конструкций в условиях ограниченного доступа и больших размеров (протяженности): шахты, туннели, электрические кабельные линии, глубокие скважины в земле, трубопроводы на тепловых и атомных электростанциях, емкости для хранения агрессивных жидкостей, протяженные пожароопасные строительные объекты и т.п.

тический кабель (2) (на рисунке он намотан на катушку), который является в системе распределенным датчиком температуры.

Принцип работы системы поясняется на рисунках и 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 (оптического волокна). Интенсивность отраженного оптического сигнала зависит от температуры.

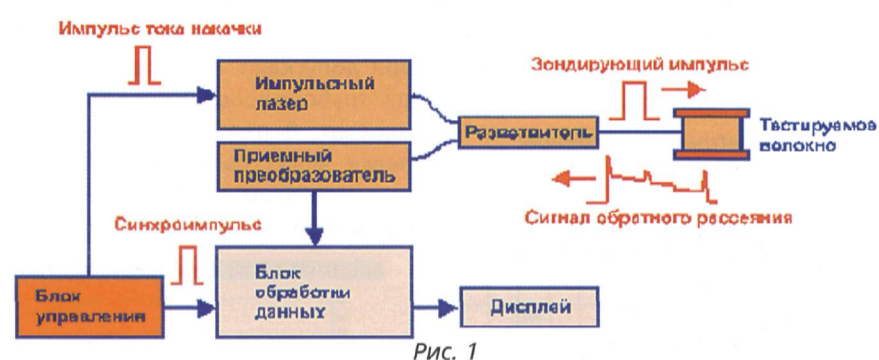


Рис. 1

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 разработанной системы приведена на рис. 1. На рис. 2 представлена фотография аппаратного комплекса системы. В состав оборудования входят: электронный блок (1) и волоконно-оп-

Таким образом, измеряя интенсивность отраженного сигнала и зная коэффициент зависимости интенсивности от температуры, можно определить температуру источника теплового возбуждения. Изме-

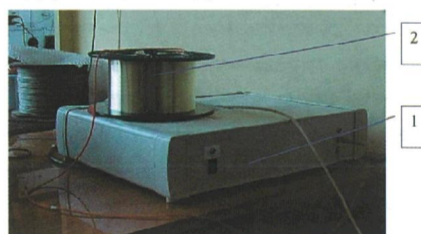


Рис. 2



Рис. 3

ряя рефлектометром сигнал обратного рассеяния, легко определить температуру вдоль оптического волокна и соответственно определять местоположение источника тепла вдоль волокна.

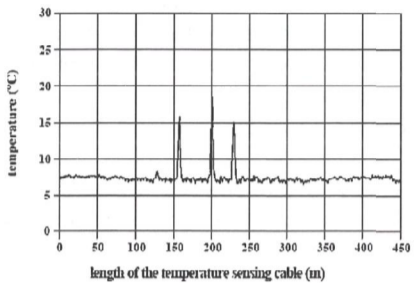


Рис. 4. Зависимость сигнала по длине кабеля, проложенного по трубопроводу; на кривой видны четыре точки с избыточным нагревом

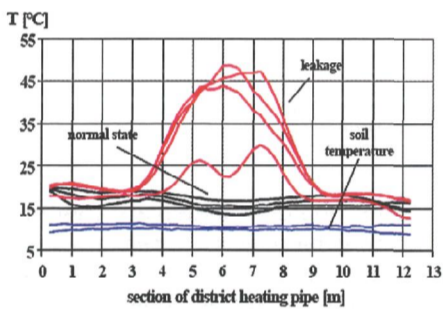


Рис. 5. Показаны измеряемые сигналы с помощью измерителя обратного рассеивания 13-метрового участка трубы теплотрассы в месте утечки воды; черным цветом выделен данный участок трубы до утечки (normal state), участок почвы в этом месте (soil state) и участок трубы в момент утечки горячей воды (leakage)

Сам волоконно-оптический кабель прокладывается по трассе, анализ температуры которой представляет интерес. Он может лежать в земле или канализации, подвешен между опорами, укреплен 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-сенсора вдоль трубопровода. Это одно из возможных условий прокладки кабеля-сенсора. Конкретные модификации кабеля-сенсора допускают прокладку его вокруг трубопровода, в коллекторах и тоннелях. В целом варианты прокладки могут быть разнообразными, в том числе в условиях широкого диапазона температур и механи-

ческих 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 и 5 приведены результаты мониторинга теплотрассы в условиях города. При этом контроль может осуществляться за любым ответвлением линии теплотрассы.

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 расположен на расстоянии 1000 м от места расположения аппаратуры системы контроля и имеет температуру 30°C.

Система температурного мониторинга может быть использована для контроля и наблюдения любых протяженных пространственных объектов, например имеющих сложную топологию, с одного пункта наблюдения.

Следует отметить, что проложенная волоконно-оптическая линия кроме измерения температуры может одновременно решать комплекс других задач, связанных с передачей информации (телефонная связь, цифровая передача информации и т.п.).

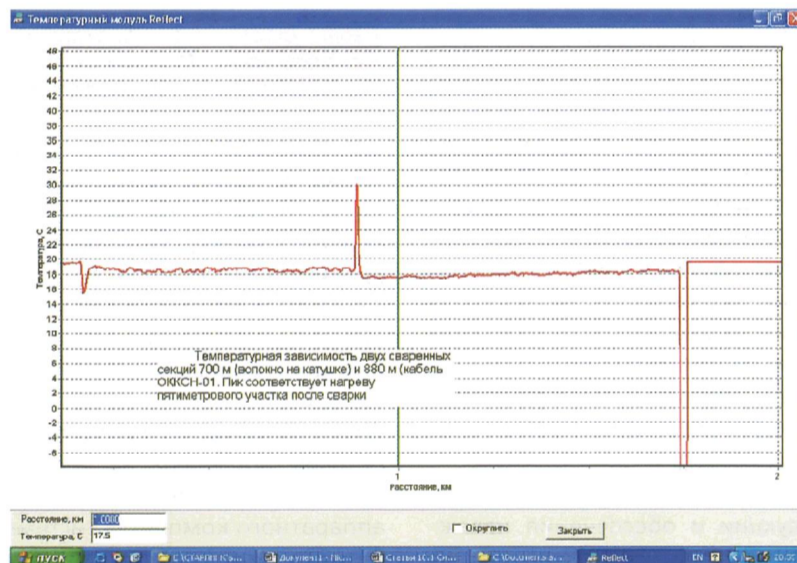


Рис. 6

В таблице 1 приведены технические характеристики системы контроля.

Таблица 1.

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	± 3
Диапазон измерения температуры, °С (по согласованию с заказчиком)	-60°С — +70°С (до +100 и выше)
Чувствительность измерений температуры, °С	0,25—0,5
Время измерения, мин.	3—10
Точность измерения абсолютной температуры, °С	±1
Питание	220 В переменное (12 В постоянное)
Рабочая температура	Комнатные условия

В таблице 2 приведены технические характеристики кабеля-сенсора.

Таблица 2.

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	от -60 до +70°С
Наружный диаметр	не более 6 мм
Масса	не более 70 кг/км

Основные области применения
 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 т.ч. нефти, зерна и пр.;
 ● бетонные массивы тела плотин гидроэлектростанций;
 ● транспортные и коммуникационные туннели;
 ● морские суда и ж.д. составы, метро;
 ● магистральные газопроводы и нефтепроводы.
 3. Системы исследования и мониторинга нефтяных и газовых трубопроводов, скважин, хранилищ.

Выводы
 Впервые в России на основе использования отечественных технологий разработана волоконно-оптическая распределенная система температурного мониторинга на базе эффекта обратного Рамановского рассеяния. До настоящего времени зарубежный обладатель такой технологии — фирма «Шлюмберже», мировой поставщик технологий и оборудования для нефтегазовой отрасли, — препятствовала поставке российским предприятиям этой технологии, при этом стоимость кабеля этой фирмы — 35 долл./м, что в 10 раз дороже предлагаемой российской продукции.

Ю.В. СМЕРНОВ,
 заместитель генерального директора
 НПП «Старлинк»;
В.А. МАЛАЙ,
 заместитель генерального директора
 НПП «Старлинк»;
О.Н. БУДАДИН,
 директор Технологического
 института энергетических
 обследований, диагностики
 и неразрушающего контроля
 «ВЕМО»;
Т.Е. ТРОИЦКИЙ-МАРКОВ,
 руководитель Инновационной
 группы «ВЕМО» ИМШ РАН

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

