

Обзор современных методов диагностики трубопроводов

Р.Н. Сайфутдинов, заместитель директора по управлению проектами, ООО ИЦ «Энергопрогресс»;
к.т.н. Д.С. Бальзамов, доцент, ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Введение

Анализ причин аварий в тепловых сетях показывает, что из всей совокупности факторов, ведущих к нарушению герметичности линейной части этих сооружений, главную роль играют дефекты различного происхождения, ведущие к потере теплоносителя и снижению надёжности теплоснабжения потребителей. Образование дефектов возможно на всех этапах жизненного цикла трубопровода: при производстве труб, при проведении строительно-монтажных работ, в процессе эксплуатации.

Трубопровод является труднодоступным подземным сооружением большой протяжённости, поэтому для обеспечения безопасной эксплуатации трубопроводов, и, соответственно, снижения затрат, необходимо реализовывать комплекс мер по совершенствованию технического обслуживания и ремонта трубопроводов, основанных на проведении систематического контроля трубопроводной системы.

До середины 90-гг. XX столетия главным методом оценки состояния трубопровода были предпусковые гидравлические испытания повышенным давлением. Однако такие испытания были не в состоянии выявить все дефекты, возникающие при эксплуатации трубопроводов. Параметры отдельных дефектов оказывались не столь значительными, чтобы явиться причиной разрушений в процессе «опрессовки», но достаточными для того, чтобы эти дефекты развивались под действием эксплуатационных факторов и служили причиной аварийных ситуаций в пределах нормативного срока службы трубопровода.

На современном этапе актуально проводить диагностическое обследование и оценку опасности выявленных дефектов без вскрытия протяжённых участков трубопровода на основе методов и средств неразрушающей диагностики состояния металла, в частности, внутритрубной диагностики. По-

лученная при этом информация позволяет достоверно оценивать техническое состояние трубопроводов, определять безопасные технологические режимы, устанавливать необходимость и очередность вывода участков трубопроводов в ремонт. Кроме того, наличие подобной информации позволяет прогнозировать остаточный ресурс трубопроводов и достоверно планировать сроки капитального ремонта [2].

Применение внутритрубной диагностики особо актуально для трубопроводов, проложенных в местности с плотной застройкой, под магистральными трассами и т.п.

На сегодняшний день существует достаточно много методов внутритрубной диагностики, которые активно и с успехом используют крупнейшие ТСО.

На данный момент определены участки для внутритрубного диагностирования АО «Татэнерго» «Казанские тепловые сети», где прорабатывается вопрос применения различных методов диагностики, поэтому положительный опыт коллег будет весьма актуален. В этой связи авторами проанализированы методы, которые давно используют в теплосетевых компаниях, в частности, Москвы и Санкт-Петербурга, а также новейшие разработки, применяющиеся в смежных отраслях, но пока ещё не получившие такого широкого распространения в теплоснабжении.

Методы неразрушающего контроля трубопроводов

В ПАО «МОЭК» активно применяется внутритрубная диагностика, основанная на **методе акустического резонанса**. Внутритрубный инспекционный прибор (ВТИП) представлен на рис. 1. Основное преимущество данного метода – это высокая скорость диагностирования; кроме того, конфигурация устройства позволяет составить карту остаточных толщин трубопровода по всей длине обследуемого участка с развёрткой на 360°.



Ограничения: максимальная протяжённость сканирования – 750 м в одном направлении, обследуемый диаметр труб – 300-600 мм, точность измерения $\pm 0,25$ мм. При этом трубопровод должен быть заполнен водой с температурой не более 40 °С.



Рисунок 1. ВТИП методом акустического резонанса.

В ОАО «Теплосеть Санкт-Петербурга» среди прочего была применена внутритрубная диагностика **магнитным методом переменного намагничивания (ММК)** [1]. Внутритрубный диагностический комплекс (ВТДК) представлен на рис. 2. Основным преимуществом ВТДК является совмещение метода ММК и ультразвукового метода.

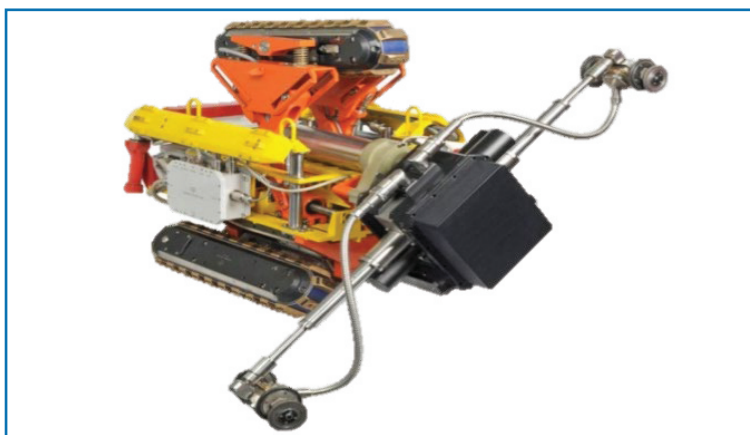


Рисунок 2. ВТДК методом переменного намагничивания.

Ограничения: максимальная протяжённость сканирования в одном направлении – 550 м, обследуемый диаметр труб 600-1200 мм, точность измерения ± 1 мм. Трубопровод должен быть опорожнён, температура воздуха в трубе должна быть не более 40 °С.

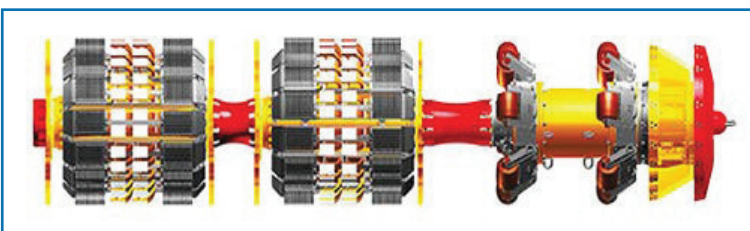


Рисунок 3. Диагностический снаряд, использующий метод ЭМАП.

Стоит также отметить, что ВТДК методом переменного намагничивания в октябре 2016 г. включён в Госреестр средств измерений РФ.

Ниже в таблице представлено сравнение вышеперечисленных методов внутритрубной диагностики.

Многие методы внутритрубной диагностики разрабатывались изначально для газовой и нефтяной отраслей, где они успешно применяются. Некоторые из них уже адаптированы для тепловых сетей.

Так в газовой и нефтяной отраслях нашла широкое распространение внутритрубная диагностика **методом электромагнитно-акустического преобразования (ЭМАП)**, заключающемся в трансформации электромагнитных волн в упругие акустические. Как и в контактных ультразвуковых методах контроля, при дефектоскопии с применением ЭМАП используют преимущественно два способа генерации и регистрации ультразвуковой волны – импульсный и резонансный (рис. 3).

Для реализации импульсного метода, наиболее часто применяемого для целей диагностики, в основном применяют те же электронные блоки, что и в традиционных ультразвуковых приборах, в которых возбуждение и приём ультразвука осуществляется с помощью пьезопреобразователей. Различие заключается в том, что вместо пьезоэлемента используется катушка индуктивности и имеется устройство для возбуждения поляризуемого магнитного поля. В результате взаимодействия силы Лоренца и магнитострикции с металлической поверхностью возникает акустическая волна, распространяющаяся в стенке трубы. В данном случае обследуемый материал сам является преобразователем.

Побочным эффектом разработки внутритрубных инспекционных снарядов с ис-



Таблица. Сравнительный анализ методов внутритрубной диагностики.

Показатель	Метод	
	Магнитный метод контроля с переменным намагничиванием основного металла трубопроводов	Технология акустического резонанса (ультразвуковой метод)
Скорость сканирования, м/ч	90 (визуальное обследование) до 20 (магнитный метод)	288
Вес, кг	90	60
Рабочая температура окружающей среды, °С	от –5 до +40	от –5 до +40
Погрешность измерения геометрических размеров, мм	±1	±0,25
Максимальная протяжённость сканирования в одном направлении, м	550	750
Диаметр трубопровода, мм	700-1400	300-600
Возможность прохождения поворотов	Наклонные и вертикальные участки, отводы, повороты в равнопроходных тройниках	Только прямые участки
Минимальный размер определяемого дефекта, мм	8	5
Перспективы	Разработка транспортного модуля для трубопроводов Ду 200÷400	Разработка внутритрубного диагностического комплекса для трубопроводов Ду 1000
Особенность диагностики	Полное опорожнение диагностируемого трубопровода	Трубопровод заполняется холодной водой
Срок анализа данных и подготовки отчёта, дней	15	до 20

пользованием ЭМАП оказалась их способность выявлять состояние изоляционного покрытия. При этом по характеру зарегистрированных сигналов можно разделить состояние изоляционного покрытия трубопровода на категории:

- отслоение без нарушения целостности;
- нарушение целостности (отсутствие) изоляционного покрытия.

Сейчас ЭМАП рассматривается как перспективный метод для применения в диагностике тепловых сетей.

Из числа относительно новых методов диагностики трубопроводов можно отметить также **бесконтактный магнитометрический метод**, основанный на эффекте Виллари (магнитоупругий эффект) – изменении электрического сопротивления материала под действием внешнего магнитного поля.

Аппаратно-программный магнитометрический комплекс, разработанный с применением последних российских разработок, регистрирует аномалии магнитного поля трубопровода, вызванные различными дефектами (включая напряжения в металле, коррозию, несанкционированные врезки и т.д.).

Метод позволяет проводить диагностику без прямого доступа к металлу трубы, прямо с поверхности земли – на расстоянии до 10-15 диаметров трубы, после чего полученные данные визуализируются в виде магнитограммы, с привязкой к электронной карте и координатам.

Из достоинств метода можно отметить:

- не требует остановки или снижения объемов транспортировки продукта;
- высокая производительность – до 20 км/день;
- достоверность 93%;



- диагностика участков, недоступных для внутритрубного метода.

К недостаткам метода можно отнести:

- влияние посторонних помех на погрешность измерения, в связи с этим метод применим только на удалённых от городской инфраструктуры магистралях;
- требуется наличие давления в трубопроводе не менее 1 МПа.

Заключение

Большая протяжённость теплопроводов АО «Татэнерго» и разнообразие применяемых диаметров труб говорит об актуальности применения внутритрубной диагностики неразрушающими методами, однако при выборе того или иного метода необходима комплексная оценка целесообразности его применения.

Многообразие методов диагностики трубопроводов связано не только с разнообразием самих трубопроводов, но и с условиями их эксплуатации. И очевидно, что не может существовать универсального метода диагностики, пригодного для любых условий и дающего наиболее полную и достоверную характеристику технического состояния тепловых сетей. Не менее актуальны в данное время и вопросы экономического обоснования.

На первом этапе анализа рассматривались, прежде всего, самые распространённые и проверенные способы диагностики. Так, согласно данным технико-коммерческого предложения, для двух участков трубопровода ПАО «Татэнерго» «Казанские тепловые сети» протяжённостью 1060 м (диаметром 720, 820 и 1020 мм) общая стоимость работ по диагностике магнитным методом составит 7,7 млн руб. (с учётом командировок и прочих расходов). Продолжительность работ – 95 рабочих дней.

Финансовые затраты и затраты по времени для акустического метода оказались сопоставимы с затратами на диагностику магнитным методом.

О результатах выбора и проведённого обследования будет рассказано в следующих статьях.

Литература

1. И.М. Стрнадко, Д.Е. Чуйко, Е.Н. Цыцеров. *Практический опыт диагностики и оценки состояния трубопроводов тепловых сетей с использованием внутритрубных дефектоскопов [Электронный ресурс]; // URL: <http://www.rosteplo.ru>.*
2. А.А. Абакумов. *Принципы построения внутритрубных магнитных интроскопов для сплошной диагностики трубопроводов тепловых сетей // Новости теплоснабжения, № 2 (90), 2008.*



WWW.ENERGOSOVET.RU
ЭНЕРГО СОВЕТ
ПОРТАЛ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ

открытый «Каталог энергосберегающих технологий»;
нормативные документы в области энергосбережения;
статьи по энергосбережению и энергоэффективности;
новости, интервью, обзоры и много другой полезной информации;

Бесплатная подписка на ежемесячный электронный журнал по энергосбережению «ЭНЕРГО СОВЕТ».

Журнал распространяется более, чем в 20 000 электронных адресов руководящих работников администраций муниципальных образований, центров энергосбережения, предприятий и коммерческих компаний.

<http://www.energosovet.ru>

