

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ВНУТРИТРУБНОЙ ДИАГНОСТИКИ

САЙФУТДИНОВ Р. Н., БАЛЬЗАМОВ Д. С., к.т.н.



Своевременное обнаружение дефектов трубопроводов тепловых сетей и точное прогнозирование остаточного ресурса является актуальной задачей для предприятий энергетической отрасли. В статье рассматриваются современные методы диагностики трубопроводов.

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 надежности теплоснабжения потребителей. Образование дефектов возможно на всех этапах жизненного цикла трубопровода: при производстве труб, при проведении строительно-монтажных работ, в процессе эксплуатации.

Для обеспечения безопасной эксплуатации трубопроводов необходимо реализовывать комплекс мер по совершенствованию технического обслуживания и ремонта трубопроводов, основанных на проведении систематического контроля трубопроводной системы неразрушающими методами.

До середины 90-х годов 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 гидроиспытаний, но достаточными для того, чтобы эти дефекты развивались под действием эксплуатационных факторов и служили причиной аварийных ситуаций в пределах нормативного срока службы трубопровода.

Концепция энергетической политики России в новых экономических условиях предполагает развитие и внедрение новых методов диагностики.

Трубопровод является труднодоступным подземным сооружением большой протяженности, поэтому в целях снижения затрат необходимо проводить диагностическое обследование и оценку опасности дефектов без вскрытия протяженных участков трубопровода. Поэтому особую актуальность приобретает разработка современных методов и средств неразрушающей диагностики состояния тепловых сетей, в частности, внутритрубной диагностики. Полученная 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].

Техническая диагностика становится своеобразным индикатором и гарантом качества и надежности трубопроводной системы России, поэтому ее применение является актуальным.

На сегодняшний день существует достаточно много методов внутритрубной диагностики, остановимся подробно на некоторых из них.

В ПАО «МОЭК» активно применяется внутритрубная диагностика, основанная на методе акустического резонанса (компания «Юником ЗСК»). Внутритрубный инспекционный прибор (ВИП) представлен на рис.1.

Основные преимущества данного метода – это высокая скорость диагностирования, позволяет составить карту остаточных толщин трубопровода по всей длине обследуемого участка с разверткой на 360 градусов.

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

В ОАО «Теплосеть Санкт-Петербурга» нашла широкое применение внутритрубная диагностика магнитным методом переменного намагничивания (ММК) (компания «Газпроект ДКР»)[1]. Внутритрубный диагностический комплекс (ВТДК) представлен на рис.1.

Основным преимуществом ВТДК является совмещение метода ММК и ультразвукового метода.



Рис. 1. ВИП методом акустического резонанса

Рис.2. ВТДК методом переменного намагничивания

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

В таблице 1 представлено сравнение двух методов внутритрубной диагностики.

ПОКАЗАТЕЛЬ	ПРОИЗВОДИТЕЛЬ	
	ТДК ЗАО «Газпроект ДКР»	ЗАО «Юником ЗСК»
Метод	магнитный метод контроля с переменным намагничиванием основного металла трубопроводов	технология акустического резонанса (ультразвуковой метод)
Скорость сканирования, м/ч	Визуальное обследование – 90 м/ч Магнитный метод – до 20 м/ч	288 м/ч
Вес, кг	90 кг	60 кг
Рабочая температура окружающей среды, °С	-5÷+40	-5÷+40
Погрешность измерения геометрических размеров, мм	± 1 мм	$\pm 0,25$ мм
Максимальная протяженность сканирования в одном направлении, м	550 м	750 м
Диаметр трубопровода, мм	700 - 1400 мм	300-600 мм
Возможность прохождения повороты	наклонные и вертикальные участки, отводы, повороты в равнопроходных тройниках.	только прямые участки
Минимальный размер определяемого дефекта, мм	8 мм	5 мм
Основные заказчики	ОАО «Теплосеть Санкт-Петербурга», ПАО «МОЭК», ОАО «Газпром»	ПАО «МОЭК», АО «Мосводоканал», ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», Алесунд, Норвегия и др.
Перспективы	Разработка транспортного модуля для трубопроводов диаметром 200÷400 мм	Разработка внутритрубного диагностического комплекса для трубопроводов Ø 1000 мм
Особенность диагностики	Полное опорожнение диагностируемого трубопровода	Трубопровод заполняется холодной водой
Срок анализа данных и подготовки отчета, дней	15 дней	до 20 дней

Таблица 1. Сравнительный анализ методов внутритрубной диагностики

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

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



Рис.3. Диагностический снаряд, использующий метод ЭМАП.



Большая протяженность трубопроводов АО «Татэнерго» и разнообразие применяемых диаметров труб говорит об актуальности применения новых методов диагностики.

В газовой и нефтяной отрасли нашли широкое распространение внутритрубная диагностика методом электромагнитно-акустического преобразования (ЭМАП), заключающийся 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 прием 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 использованием 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.

Из числа новых бесконтактных методов диагностики трубопроводов можно отметить аппаратно-программный магнитометрический комплекс КМД-01М (компания «Полиинформ»).

Данный прибор использует эффект Виллари (магнитоупругий эффект) и регистрирует изменения магнитного поля трубопровода, вызванные различными дефектами (включая напряжения в металле, коррозию и т.д.).

Метод позволяет проводить диагностику 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 удаленных от городской инфраструктуры магистралях;
- требуется наличие давления в трубопроводе не менее 1 МПа;

Несмотря на то, что все перечисленные приборы для внутритрубной диагностики обладают уникальным функционалом, их применение на практике, в частности в тепловых сетях, является достаточно редким явлением и носит локальный характер. Внутритрубные диагностические приборы широко используются в тепловых сетях Санкт-Петербурга и Москвы. Основными сдерживающими факторами распространения данных методов диагностирования является стоимость и экономическое обоснование их применения. Что касается первого фактора, то здесь существуют пути решения в виде различных финансовых механизмов, таких как лизинг, кредит, аренда, отсрочка платежа и др. Сложнее дело обстоит с обоснованием применения, так как Заказчик, вкладывая свои денежные средства в приобретение прибора или услуги, желает видеть экономический эффект, доказательство которого является достаточно сложной математической задачей, связанной с формированием базы данных по дефектам, аварийных ситуаций, объема средств, затраченных на их ликвидацию, время устранения, объем недополученной прибыли предприятия, а также применением основных положений теории вероятности.

Известно, что уровень надежности находится в прямой зависимости от технического состояния системы трубопроводов, а техническое состояние от объема затрачиваемых на диагностику и ремонт денежных средств. Результаты внутритрубной диагностики могут служить базой:

- для принятия управленческих решений по восстановлению или замене трубопровода, на основе информации о фактической толщине стенки металла;
- для оптимального планирования ремонтных работ;
- для проведения локальных ремонтов с сокращением площади нарушения благоустроенных территорий и дорожных покрытий, что существенно образом снижает издержки.

В связи с этим проблема оптимизации объема диагностических работ является актуальной для предприятий, эксплуатирующих трубопроводные системы, решение которой можно получить путем разработки методики комплексной оценки эффективности проведения диагностики.

Литература

1. И. М. Стенадко, 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. Абакумов А. А., Принципы построения внутритрубных магнитных интроскопов для сплошной диагностики трубопроводов тепловых сетей; // «Новости теплоснабжения» № 2(90), 2008.