

# 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 тепловодов, 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  $\pm 1$  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	$\pm 1$ 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 существенным 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.