

Новые средства НК

Detection of Internal and External Pits from Outside of a Pipe with New Technology

A. Vajpayee

In-line inspection tools are commonly used to detect and locate pitting on pipelines with high accuracy; however, after excavation it is not always known exactly where the pitted area is located. External coatings must be removed and the pipe cleaned down to bare metal with sand-blast or other techniques, so that supplemental NDT techniques can be employed to locate the pitting and confirm its dimensions prior to repairs.

A new technology has been developed, with industry support, to locate pits through coatings and deposits. Pit depths and remaining wall thickness can be sized, and pitted areas can be mapped out. Where access is provided to the inside of the pipe, a second (internal) tool, using the same multi-channel technology, can be used to scan up to 100 meters from the access point.

Новый метод выявления коррозионных повреждений труб

Вихремоковый контроль

63

Введение

Коррозия стальных труб на нефте- и газопроводах Канады остается второй причиной (после внешних повреждений) по числу аварий. На уменьшение степени коррозионного повреждения (облицовка, покрытия, химическая обработка, катодная защита и пр.) и определение поврежденных мест на эксплуатируемых трубопроводах до возникновения аварии (приборы и оборудование для контроля, изготовление коррозионных образцов и проведение обследований, химический анализ и пр.) расходуются миллиарды долларов. И, тем не менее, потери от коррозии продолжают расти. Только в провинции Альберта в 2000-2001 гг. было зарегистрировано 900 случаев утечек, при этом более 600 случаев зафиксировано в наземных газопроводах и газопроводах неглубокого залегания.

Состояние вопроса

При обнаружении обычных, не катастрофических утечек транспортируемого продукта, трубопровод перекрывается, в нем снижается давление, производится очистка и извлечение дефектного участка с последующей его заменой на новую трубу длиной не менее 1 м. Грунт около удаленного дефектного участка считается «зараженным», он подлежит удалению и замене. Затем трубопровод заглубляется в землю и вводится в эксплуатацию.

НК новых сварных швов обычно ограничивается радиографией. Вырезанная секция трубопровода подвергается затем разрушающему контролю для определения причины аварии; предпринимаются корректирующие действия для уменьшения степени риска возникновения подобных аварийных ситуаций в будущем.

Исключая потери от возможных штрафных санкций, испорченной репутации, повреждения почвенного слоя и потери определенного объема транспортируемой среды, средняя стоимость такого ремонта превышает \$ 20,000.

МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ КОРРОЗИИ Трубопроводы

Для трубопроводов диаметром три и более дюйма в качестве средства контроля коррозионного повреждения используется специальное оборудование для внутритрубного контроля «smart pigs» («умная болванка» или «снаряд»). На трубопроводах малого диаметра применение этих снарядов невозможно. Такие трубопроводы, за малым исключением,

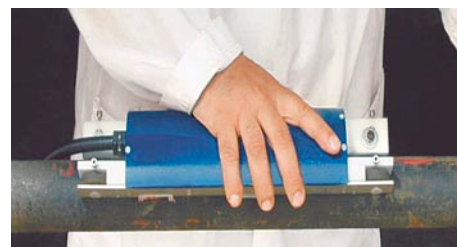


Рис. 1. ELF-преобразователь для контроля по внешней поверхности трубы диаметром 2 дюйма

не оборудованы специальными камерами для запуска и удаления снарядов. Они часто имеют переменный по длине диаметр, врезки для подключения других трубопроводов, а также гибы, не позволяющие пропускать автономные снаряды и препятствующие прохождению снарядов, управляемых по кабелю.

Бойлерные трубы

В этом случае установка контрольного оборудования внутри труб сильно затруднена. Поэтому контроль обычно проводят с внешней поверхности труб, часто покрытых зольными наслоениями, которые при использовании УЗК необходимо удалить.

Технологические трубы

Технологические трубы гидроэлектростанций, нефтеперегонных и химических заводов часто имеют покрытия или облицовки, которые должны быть удалены для обеспечения контроля традиционными методами.

Во всех перечисленных случаях желательно иметь такие средства контроля,

Об авторе



Ваджайи Анкит
Russell NDE Systems Inc.,
Edmonton, Alberta, Canada

которые позволяли бы определять области коррозии и остаточную толщину стенки без трудоемкого удаления покрытий или зачистки поверхности. Вариант метода Remote Field Technology (контроль методом дальнего поля) известный как ELF-Testing (контроль на сверхнизких частотах) позволяет реализовать другое решение этих проблем.

- При диаметре труб более 3 дюймов можно использовать автономные средства контроля.
- При диаметре труб от 2 до 4 дюймов прибор может управляться по кабелю, правда, в ограниченных пределах, так как гибки трубопроводов являются препятствием для его использования.
- Относительно высокая стоимость.

НОВЫЙ МЕТОД НК – МЕТОД ELF

Новый метод, известный как ELF (Extremely Low Frequency – сверхнизкие частоты), является относительно недорогим методом контроля трубопроводов малого диаметра, змеевиков и бойлерных труб. Метод реализуется с помощью прибора, измеряющего фазу и амплитуду сигнала, и портативного ПК. Метод позво-



Рис. 2. Использование ELF-преобразователя для внешнего контроля на трубе $\varnothing 50$ мм

СУЩЕСТВУЮЩИЕ И ВОЗМОЖНЫЕ МЕТОДЫ НК

Существуют методы НК, способные обнаруживать и определять размеры питтинговой (язвенной) коррозии. Рассмотрим их основные особенности.

УЗК

- Требуется качественной очистки поверхности трубы и использования жидкости для ввода ультразвука в стенку трубы.
- Контроль действующих трубопроводов возможен только для труб больших диаметров (более 12 дюймов), оборудованных камерами пуска и приема очистных и контролирующих устройств.
- Для выявления питтинга на внутренней поверхности трубы при сканировании со стороны внешней поверхности также требуется качественная зачистка поверхности и контактная жидкость.
- Средства внутритрубного контроля весьма дорогие. Относительно дороги и преобразователи для УЗК.

Метод магнитного потока рассеяния

- Наиболее часто используемый метод внутритрубного контроля эксплуатируемых трубопроводов.
- Надежен, обеспечивает достоверные результаты.



Рис. 3. ELF-преобразователь для внутреннего контроля двухдюймовой трубы

Контроль с применением ЭМА-преобразователей

- Частный случай УЗК, но не требующий качественной зачистки поверхности и акустического контакта.
- Находится в стадии разработки; его применение в качестве средства внутритрубного контроля ожидается через два года.
- На начальном этапе применения будет, по-видимому, очень дорогим.

Метод Remote Field Eddy Current (RFEC) или Remote Field Technology (RFT)

RFEC – метод дальнего вихретокового контроля на низких частотах переменного тока, сейчас известный как RFT, уже более 50 лет применяется для обнаружения коррозионных и эрозийных дефектов (потеря сечения) в трубах малого диаметра, используемых в бойлерах и теплообменниках.

RFT-преобразователи содержат, как минимум, одну катушку возбуждения и, как минимум, одну приемную катушку. Катушка возбуждения питается переменным током низкой частоты, который создает переменное магнитное поле около катушки возбуждения. Это поле взаимодействует с ферромагнитным материалом трубы (как с якорем магнита) и распространяется вдоль трубы на расстояние нескольких диаметров.

На расстоянии двух и более диаметров первичное (прямое) поле катушки возбуждения резко падает, тогда как вторичное поле, возникающее из-за взаимодействия поля возбуждения с ферромагнитным материалом стенки трубы, распространяется дальше, и его можно использовать для определения площади потери сечения. Значения фазы (времени прохождения сигнала) и амплитуды (интенсивности сигнала) могут быть использованы для определения толщины стенки в области нахождения приемной катушки (катушек). Для улучшения разрешения при обнаружении язвенной коррозии на трубах большого диаметра используется сборка приемных катушек.

- В настоящее время имеется вариант автономных средств контроля для труб малого диаметра от 4 до 6 дюймов.
- Разработан также вариант средства контроля с управлением по кабелю.
- Относительно недорогой.
- Обеспечивает сравнительно невысокую скорость контроля (10 м/мин). Идеальный метод для контроля трубопроводов с малой скоростью течения транспортируемого продукта.

ляет обнаруживать и определять размеры язвенной коррозии на внутренней поверхности трубы при контроле с внешней поверхности через защитное покрытие или с внутренней поверхности трубы.

Во время полевых испытаний летом 2001 г. на газопроводе неглубокого заложения в Южной Альберте с помощью этого метода была продемонстрирована возможность выявления и определения размеров язвенной коррозии при контроле по внешней поверхности трубы через покрытие типа «Yellow Jacket»*. Технически возможно сканирование по внутренней поверхности трубы при использовании специальных преобразователей.

Метод ELF является развитием метода RFT и тоже основан на использовании поля переменного тока, индуцированного в трубе с помощью катушки возбуждения. Частота тока возбуждения обычно меньше 1 кГц. Группа приемных катушек в преобразователе, расположенном внутри трубы, регистрирует изменение индуцированного сигнала, который пропорционален местной толщине стенки. Для ELF-преобразователя, работающего по внешней поверхности трубы, общая площадь приемных катушек достигает 1/3 длины окружности (рис. 1). По заказу пользователей могут быть изготовлены преобразователи, позволяющие контролировать полную окружность трубы за один проход. Типичная скорость контроля – 10 м/мин.

Полевые испытания: обследование трубопровода

Многие газопроводы неглубокого заложения в Южной Альберте проработали более 40 лет. Производительность скважин уменьшилась, участились случаи аварий из-за внутренней коррозии. Аппаратуру ELF планировалось проверить в полевых условиях в двух вариантах:

- при внешнем контроле через покрытие типа Yellow-Jacket для выявления труб, требующих замены, с точной локализацией мест утечек и язвенной коррозии;

* Покрытие Yellow Jacket представляет собой непрерывную оболочку из полиэтилена высокой плотности, экструдированную асфальтовым клеем (прим. ред).

– при внутреннем контроле путем протягивания вручную ELF-преобразователей внутри трубы на расстояние 70 м от места вскрытия трубопровода в целях определения вида коррозии: является ли она сплошной или имеет очаговый характер.

По прибытии на место выяснилось, что трубопровод диаметром 50 мм вскрыт

шая опасность появления новых утечек после его проведения.

Метод ELF с преобразователями для внутреннего сканирования может быть использован для контроля труб на расстояниях до 100 м от участка ремонта. Стоимость работы ELF-операторов сравнима со стоимостью работ по радиографии или УЗК.

(«шкура носорога» – мелкие поверхностные трещины, рис. 7) и усталостные трещины, имеющие характерное распределение по высоте котла, что подтверждало их «термическое» происхождение.

Таким образом, аппаратура внешнего ELF-контроля подтвердила свои возможности по выявлению дефектных зон.

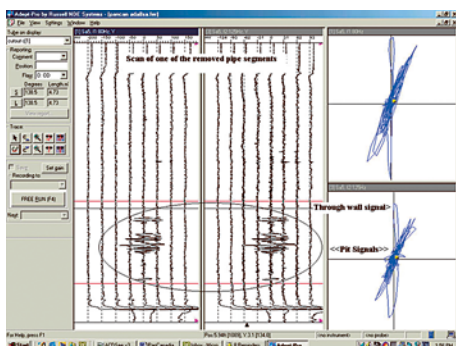


Рис. 4. Сигналы с ELF-преобразователя при внутреннем контроле вырезанного участка трубы

на длине 10 м. Владелец предполагал, что причиной утечек является язвенная коррозия на дне трубы. Визуальный контроль выявил отсутствие внешних повреждений покрытия типа Yellow-Jacket за исключением небольшого прорыва в области течи. Владелец предполагал, что прорывы на покрытии не всегда соответствуют области течи (покрытие может иметь разрыв в своей «слабой точке» под давлением транспортируемого продукта, который через свищи в трубопроводе попадает в пространство между поверхностью трубопровода и покрытием). Дно трубы было просканировано с помощью прототипа внешнего ELF-преобразователя по всей длине, и были обнаружены несколько областей коррозии, включая свищ (рис. 2). В результате было удалено 6 м трубы.

Поврежденная секция трубы была повторно проконтролирована с помощью прототипа ELF-преобразователя для внутреннего контроля; места коррозии были отмечены для проведения в дальнейшем разрушающего контроля. Затем этот преобразователь (рис. 3) был введен в трубу на расстояние до 100 м в северном направлении от места вскрытия. Сигналы от язвенной коррозии показаны на рис. 4.

Полевые испытания показали, что ELF-метод является экономически эффективным для обнаружения и определения размеров коррозии трубопроводов при сканировании по внешней (без удаления защитного покрытия) или внутренней поверхности трубопровода. Его применение повышает качество ремонта, умень-



Рис. 5. ELF-контроль бойлерных труб

Натурные испытания: обследование бойлера

Заказчику необходимо было проконтролировать стенки водяного бойлера, которые имели повреждения, возникшие из-за язвенной коррозии внутренней поверхности и водородного растрескивания. Большинство свищей имели маленькие размеры, но один был значительный, что требовало немедленного прекращения работы бойлера.

В котле были трубы диаметром 63,5 мм и толщиной стенки 5,6 мм. Для нагрева бойлера использовался природный газ, поэтому трубы были относительно чистыми. Однако питающая бойлер вода загрязнялась из-за течей в охладителе.

Было обследовано около 30 тыс. футов труб со стороны топки бойлера. Для проведения работ внутри бойлера были построены строительные леса (рис. 5), хотя можно было использовать подвесную «люльку».

Обследование выявило много мест внутренней коррозии и водородного растрескивания, а также области вспучивания (рис. 6), области с эффектом «Rhino-Hide»



Рис. 6. Ремонтные заплатки и течи с булавочную головку

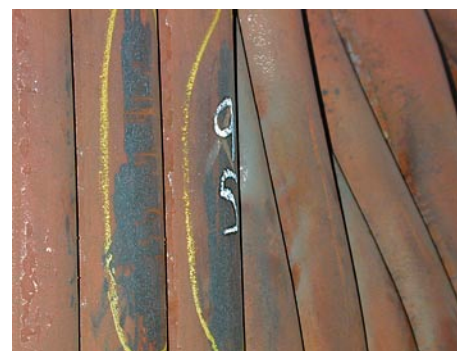


Рис. 7. «Шкура носорога» (маленькие поверхностные трещины)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Метод ELF может быть использован для обнаружения и оценки размеров язвенной коррозии и эрозии, термических трещин, вспучивания и других дефектов при контроле через покрытия и наложения бойлерных и технологических труб и трубопроводов.

Статья получена 14 января 2006 г.