

«Wavemaker» — длинноволновая ультразвуковая система для диагностики и мониторинга трубопроводов

И.Л. Вальшков
главный инженер¹
ivalyshkov@mail.ru

¹ООО «ЭКОЛИНК», Санкт-Петербург, Россия

В статье рассмотрены вопросы применения длинноволновой ультразвуковой системы экспресс-контроля трубопроводов «Wavemaker». Система позволяет выявить проблемные зоны и общее состояние участка трубопровода длиной в несколько десятков метров за одну постановку кольца с преобразователями. Зачистка трубопровода до металлического блеска не требуется, установка кольца и производство замера занимает несколько минут. По результатам контроля генерируется отчет в форматах PDF и RTF. В рамках статьи приводятся примеры использования системы, краткое описание работы данного метода, рекомендации по его использованию.

Ключевые слова

длинноволновая УЗД, направленные волны, «Guided Ultrasonics», «Wavemaker», WPSS, симметричная особенность, несимметричная особенность

Трубопроводы являются одним из самых распространённых сооружений современного промышленного производства. Даже на небольшой нефтебазе, включающей в себя несколько резервуаров, железнодорожный слив, автоналив и насосную станцию, протяженность трубопроводов обычно измеряется километрами. А если взять нефтеперерабатывающий завод или нефтеналивной порт, то длина трубопроводов увеличивается на порядок. При этом надо принять во внимание, что большая часть трубопроводов находится в изоляции или расположена под землей.

Исходя из вышесказанного, понятно, что задача диагностики таких трубопроводов с обследованием их реального состояния становится необычайно сложной и затратной. Если для магистральных трубопроводов успешно применяется внутритрубная диагностика, то в случае технологических трубопроводов этот метод слабо применим из-за многообразия диаметров, наличия изгибов, переходов, ответвлений, отсутствием систем запуска инспекционных снарядов. Исходя из этого, перспективной выглядит применение системы длинноволновой ультразвуковой диагностики, одной из разновидностей которой является система «Wavemaker» компании Guided Ultrasonics Ltd.

Главная особенность этих систем — возможность получить сведения о состоянии участка трубопровода, ограниченного задвижками или фланцами, не снимая изоляции и не вскрывая его полностью.

В системе контроля труб «Wavemaker» используются направленные ультразвуковые волны относительно низкой частоты

для проверки протяженных участков трубопроводов (до 100 м) с целью обнаружения дефектов — коррозионного износа, трещин, механических повреждений и т.д. Данный метод целесообразно использовать в совокупности с другими методами неразрушающего контроля — визуальным и измерительным, традиционным ультразвуковым, УК с применением фазированных решеток, методов РЕС (определение состояния металла под изоляцией) и т.д.

Принцип работы системы «Wavemaker»

Принцип работы основан на генерировании и возбуждении в трубопроводе ультразвуковых колебаний относительно низкой частоты (порядка десятков тысяч кГц). На трубопровод устанавливается кольцо с преобразователями и при помощи электронного блока сгенерированные волны испускаются в обе стороны от кольца по всему объему тела трубы. Любые отклонения в площади поперечном сечении трубы, такие как сварные швы, опоры, коррозионные повреждения, заплаты и наплавки, механические повреждения и т.д. дают отраженные сигналы, которые фиксируются прибором.

В результате оператор получает диаграмму, характеризующую зависимость амплитуды сигнала от расстояния до кольца, т.е. немного модифицированный А-скан, хорошо известный по традиционному ультразвуковому методу. Задача оператора и состоит в установке соответствия сигналов реальным особенностям трубы. Эту задачу помогает решать С-скан — развертка трубы с картой цветов, характеризующей амплитуду и распределение сигналов по окружности.



Рис. 1 — Общий вид системы «Wavemaker»

Из-за использования типов ультразвуковых волн, распространяющихся с постоянной скоростью, легко решается задача точного определения расстояния до дефектов. При использовании разных материалов возможна корректировка скорости ультразвука.

Состав комплекта

Комплексная система контроля труб «Wavemaker» включает следующие основные компоненты:

- кольца с пьезоэлектрическими преобразователями системы «Wavemaker» — специальные модульные конструкции, содержащие преобразователи, число которых зависит от диаметра. Кольцо устанавливается на трубопроводе в месте испытания. Кольца малых диаметров выполняются жесткими, больших — надувными;
- собственно прибор «Wavemaker» — электронный блок для управления работой кольца преобразователей, тестирования его исправности, сохранения данных и связи с компьютером;
- компьютер с программой «Wavemaker WavePro» — служит для управления работой системы и обработки данных, но непосредственно для сбора данных его можно не использовать.

Процесс контроля

С помощью традиционного ультразвукового метода проведение диагностики протяженных участков трубопровода является достаточно трудоемкой задачей в связи с возможностью контроля лишь небольшого участка трубопровода, расположенного непосредственно под преобразователем. Даже с учетом того, что разработаны EMAT-преобразователи, дефектоскопы с фазированными решетками, разнообразные автоматические сканеры, для контроля еще необходимо снять изоляцию и зачистить участок объекта контроля!

Использование длинноволновой ультразвуковой системы «Wavemaker» позволяет контролировать 100% тела трубы на участках длиной до нескольких десятков метров при помощи направленных волн, распространяющихся в обе стороны от места установки преобразователей. По результату определяются зоны повышенного внимания, в которых можно провести дополнительный контроль.

При работе с системой зачистка до металлического блеска поверхности трубопровода и контактная жидкость не требуются. Для установки кольца достаточно 3–5 мин. Процесс сбора данных занимает до 5 минут и осуществляется как при помощи переносного компьютера, так и без него — с сохранением данных в памяти прибора. Анализ результатов может проводиться в полевых или камеральных условиях.

Интерпретация результатов

Типичный результат контроля (А-скан) в программе «WavePro» выглядит так, как показано на рис. 3. По горизонтальной оси отложено расстояние в обе стороны от места установки кольца с преобразователями. Красная и черная кривые — это отражения от соответственно симметричных и несимметричных относительно осевой линии трубы особенностей. Нулевая точка соответствует точке



Рис. 2 — Сравнительная схема контроля традиционной УЗД и системой «Wavemaker»

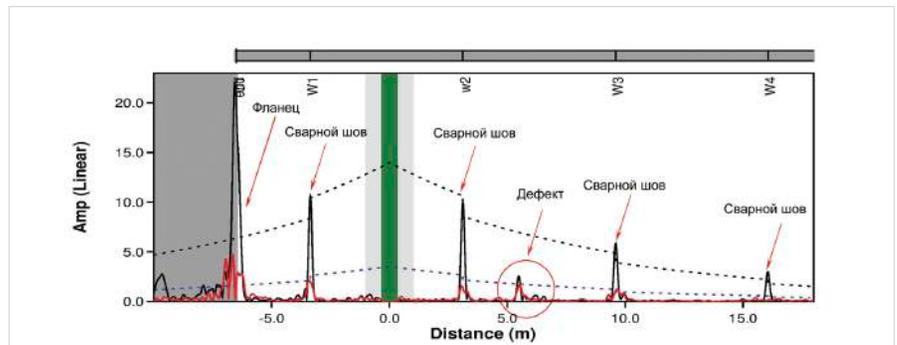


Рис. 3 — Вид диаграммы контроля трубопровода в программе WavePro

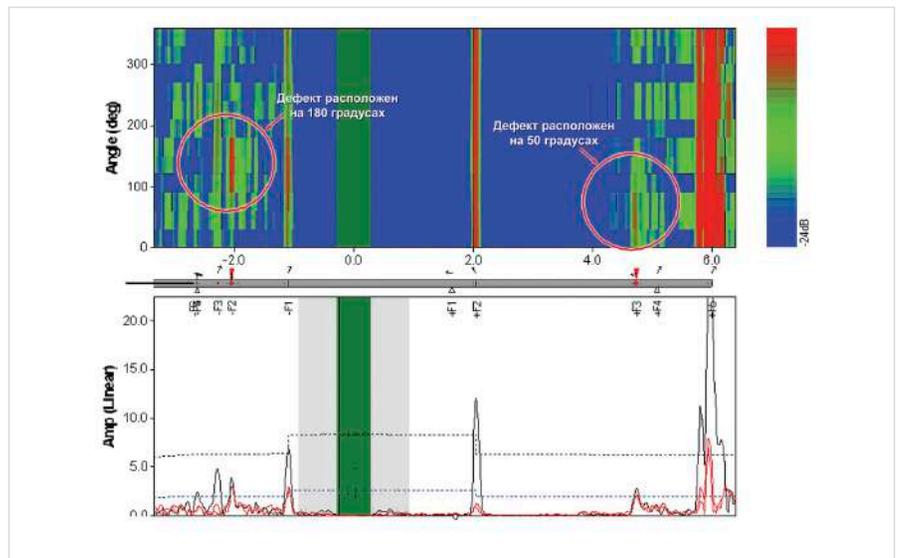


Рис. 4 — С-скан и А-скан трубопровода в программе WavePro

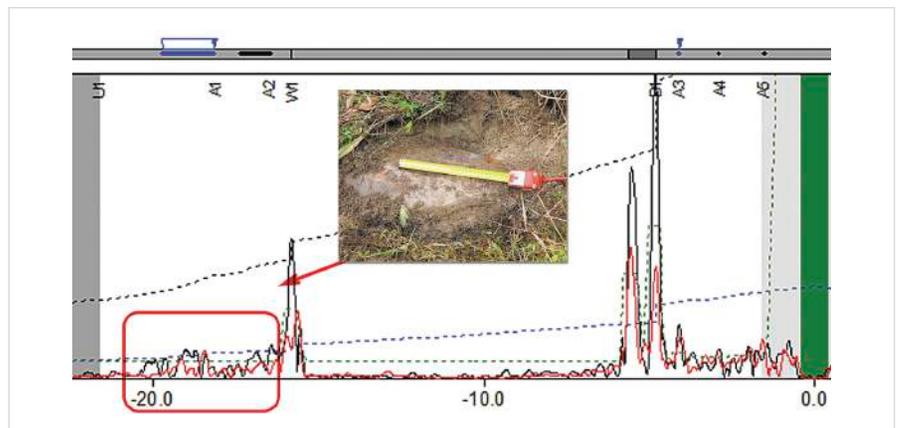


Рис. 5 — Пример выявления аномальной зоны (на расстоянии 16,3 м от установки кольца обнаружен дефект, при вскрытии участка обнаружена язвенная коррозия)

установки кольца. По вертикальной оси отложена амплитуда сигнала. На базе диаграммы программа автоматически создает отчет с указанием координат дефектов, сварных швов и других особенностей трубопровода.

Для упрощения интерпретации результатов программа содержит функцию продольной развертки трубы (С-скан), позволяющую определить расположение дефекта по окружности. При помощи градиента цветов (от голубого до красного) можно получить представление о распределении амплитуд сигнала по периметру трубы. Характерные прямые линии на С-скане — сварные швы, являющиеся важнейшим элементом анализа. По их амплитуде, геометрическим параметрам рассчитывается уровень кривой, по которой определяется допустимость дефектов (рис. 4).

Рис. 5 демонстрирует пример обнаружения дефекта на трубопроводе. Диагностировался переход через автомобильную дорогу. Под дорогой (расстояние от кольца от 7 до 13 м) дефектов выявлено не было. Вблизи установки кольца были выявлены нарушения изоляции, а на другой стороне дороги — коррозионные повреждения на подземном участке.

На рис. 6 изображен трубопровод и С-скан, полученный при помощи системы «Wavemaker». При визуальном контроле дефектов обнаружено не было. Ультразвуковая толщинометрия в месте установки кольца отклонений не выявила. На С-скане по нижней образующей выявлены обширные коррозионные дефекты. При разрезании трубы на фрагменты на внутренней стороне обнаружены множественные повреждения металла с утонением трубы до 3,0 мм (паспортная толщина — 8 мм) (рис. 7).

Преимущества и ограничения системы «Wavemaker»

- Дает возможность контроля участка трубопровода протяженностью в несколько десятков метров в обе стороны от кольца с преобразователями за один замер.
- На порядок повышает информативность контроля при тех же затратах на подготовку трубопровода. Можно определить общее состояние трубы, руководствуясь затуханием сигнала и амплитудой когерентного шума.

• Эффективно применяется для быстрого определения поврежденных участков трубопроводов в недоступных для осмотра местах:

- под изоляцией;
- на подземных переходах через железные и автомобильные дороги;
- на подводных и воздушных переходах трубопроводов;
- на переходах через обвалования резервуаров;
- на эстакадах.

• Не требует нагружения трубопровода (может проводиться контроль как заполненного продуктом, так и пустого трубопровода).

• Дает возможность определения трещин и потери основного металла (более чем 5% от поперечного сечения трубопровода).

• Система портативна и автономна, что важно для использования в труднодоступных местах.

Ограничения системы «Wavemaker»:

- Система не позволяет определить точные размеры дефектов, а предназначена для экспресс-контроля — определения расстояния до аномальных зон и оценки степени повреждения трубопровода.

Итоги

В результате проведения работ по диагностированию потенциально опасных участков трубопроводов в период с 2007 по 2015 гг. на объектах компаний «ТНК-ВР», «Лукойл-Западная Сибирь», «Лукойл-Пермнефть», «Новгороднефтепродукт», «Лукойл-Коми», Petrobras, KazTransOil и других выявлено, что наиболее эффективно применение системы «Wavemaker» для:

- диагностирования коротких участков трубопроводов (до 50 м) с ограниченным доступом к телу трубы (переходы через естественные и искусственные препятствия);
- локализации дефектных участков аномалий, выявленных магнитными бесконтактными методами;
- в качестве дополнительного метода контроля при проведении инструментальных обследований в шурфах (в том числе для определения размера катушек при ликвидации отказов трубопроводов);
- диагностирования трубопроводов, имеющих доступ к телу трубы (технологические, линейные на эстакадах, воздушные переходы и т.п.).

Выводы

Дополнительным дефектоскопическим контролем подтверждалось более 80% дефектов, обнаруженных системой «Wavemaker». Применение системы позволяет сократить общие затраты времени на выполнение контроля технического состояния трубопроводов за счёт необходимости проведения дополнительного неразрушающего контроля только в местах обнаруженных аномальных зон.

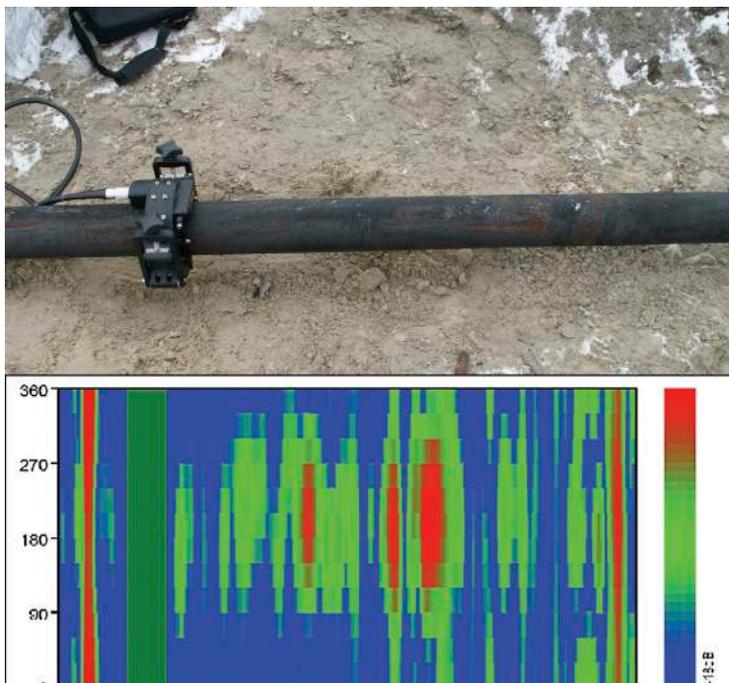


Рис. 6 — Пример выявления внутренней коррозии на трубопроводе



Рис. 7 — Вырезанные части трубы с коррозионными повреждениями (исходная толщина стенки — 8 мм, остаточная минимальная — около 3 мм)

ООО «ЭКОЛ и НК»

198099, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Калинина, д. 22, оф. 417
+7 812 252-41-58, +7 812 747-34-42
info@ekolink.ru
www.ekolink.ru