

Метод электромагнитной диагностики ТТ для обнаружения коррозии труб под изоляцией

Анкит Ваджпей, Russell NDE Systems Inc., Канада

Андрей Шаров, ООО «Технологии НК», Россия

Алексей Ковалев, ООО «Технологии НК», Россия



ООО «Технологии НК», являясь официальным представителем фирмы **Russell NDE Systems Inc.** в России, представляет метод электромагнитной диагностики ТТ для обнаружения коррозии труб под изоляцией:

1. Общее

Метод электромагнитной неразрушающей диагностики ТТ предназначен для обнаружения коррозии поверхностей труб под изоляцией и другими покрытиями. Диагностируются дефекты как на наружной, так и на внутренней поверхностях труб. Эксплуатируемые трубы можно диагностировать без вывода их из эксплуатации и без удаления покрытия / изоляции. Диагностика быстро и эффективно выполняется снаружи трубы с использованием нашего инновационного и специально разработанного для этого сканера. Один и тот же сканер можно использовать для различных труб в диапазоне наружных диаметров от 150 мм и выше почти без максимального ограничения. Метод чувствителен как к локальной, так и к общей потере толщины стен труб. Результаты диагностики представляются в виде схематичных полос и в виде цветowych карт дефектов в реальном времени.

2. Введение

Несмотря на то, что существует множество традиционных и стандартных методов неразрушающей диагностики, также имеются потребности в новых и специализированных методах для решения специфических задач. Многие методы неразрушающей диагностики могут применяться только при условии, что труба выведена из эксплуатации, или при условии, что с трубы снята внешняя изоляция. Однако во многих случаях требуется диагностировать состояние труб без вывода их из эксплуатации и без снятия с них толстого слоя изоляции. Мы можем выполнить такие требования и провести диагностику труб, находящихся под толстым слоем изоляции. Наш метод диагностики ТТ (Through Transmission) не требует ни вывода трубы из эксплуатации, ни удаления с трубы её покрытия / изоляции.

3. Измерения

Датчик ТТ подключается к измерительному прибору, а измерительный прибор в свою очередь подключается к компьютеру для управления измерениями и для снятия данных. Параметры настройки прибора оптимизируются таким образом, что достигается максимально возможная чувствительность датчика к дефектам при данной толщине стенки трубы. Датчик разработан так, что за одно сканирование диагностируется часть поверхности, образующей окружность трубы, на некотором ее протяжении. Последующие сканирования обеспечивают диагностику оставшейся поверхности трубы. Возможные варианты установки датчика ТТ показаны ниже на рис. 1.

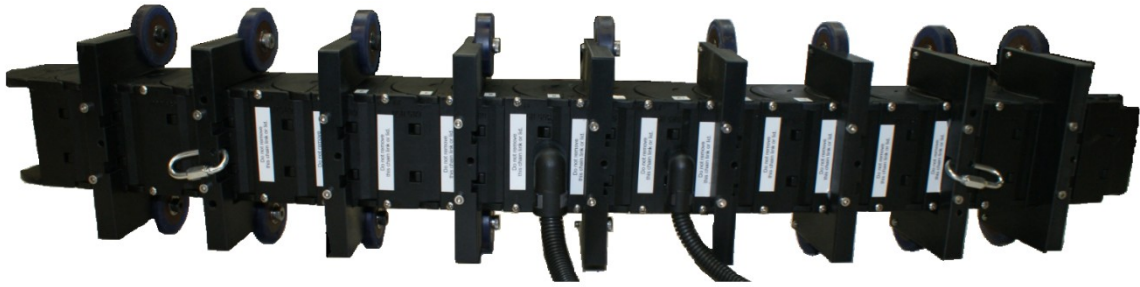


Рис. 1 а): Датчик ТТ в развернутом виде; на датчике установлены колеса для плавного передвижения при сканировании. Могут также быть установлены колеса с функцией одометра в случае необходимости для измерения пройденного пути.



Рис. 1 б): Датчик ТТ на трубе диаметром 200 мм из углеродистой стали без изоляции.

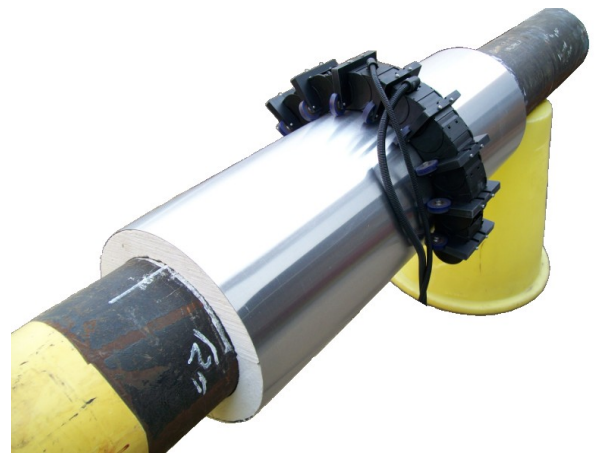


Рис. 1 в): Датчик ТТ на трубе диаметром 200 мм из углеродистой стали с внешней изоляцией толщиной 40 мм и с внешним защитным покрытием из алюминия толщиной 0,4 мм.



Рис. 1 г): Датчик ТТ на трубе диаметром 300 мм с тестовой изоляцией толщиной 50 мм.



Рис. 1 д): Датчик ТТ на трубе диаметром 2 м.

Рис. 1. Возможные варианты установки датчика ТТ.

4. Результаты диагностики

Электромагнитное поле, создаваемое датчиком ТТ, позволяет находить дефекты как на наружных, так и на внутренних поверхностях труб, поскольку благодаря особенностям метода ТТ разделение фазы сигнала происходит в обоих случаях.

Результаты диагностики для искусственно сделанных дефектов диаметром 12 мм каждый на поверхности трубы диаметром 150 мм из углеродистой стали показаны ниже на рис. 2. Датчик обнаружил все дефекты на внутренней и наружной поверхностях трубы:

- сквозные отверстия,
- дефекты с плоским дном в виде уменьшения толщины стенки трубы на 35% и более от номинальной на наружной поверхности,
- дефекты с закругленным дном в виде уменьшения толщины стенки трубы на 30% и более от номинальной на внутренней поверхности.

Имеется выраженное распределение фаз сигнала среди этих дефектов, и оно может использоваться как мера глубины дефекта. Общая интенсивность сигнала может использоваться как индикатор уменьшения объема материала при условии надлежащей калибровки прибора по образцу материала данной трубы.

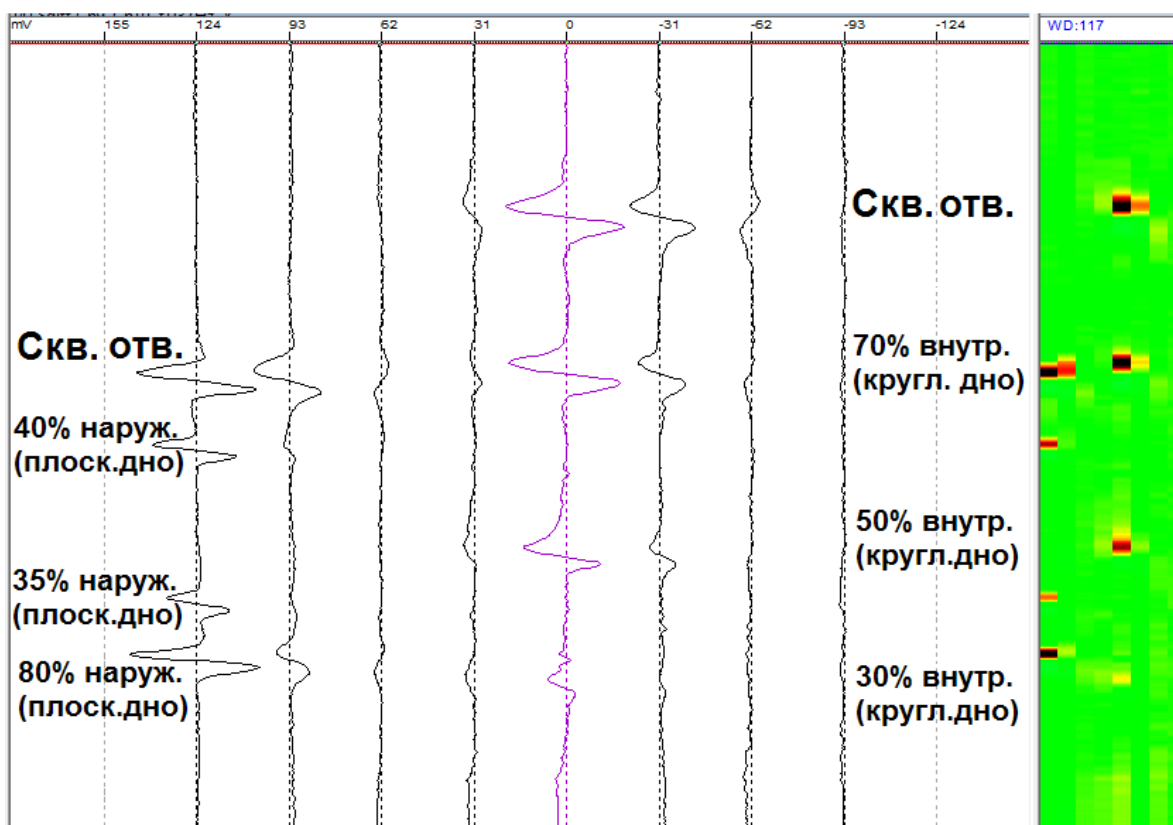


Рис. 2. Результаты диагностики для искусственно сделанных дефектов на поверхности трубы диаметром 150 мм из углеродистой стали.
Датчик прилагается вплотную к трубе.

Результаты диагностики для других искусственно сделанных дефектов различных диаметров на наружной поверхности другой трубы диаметром 150 мм из углеродистой стали показаны ниже на рис. 3. Находясь на удалении от поверхности трубы 25 мм, датчик ТТ обнаружил сквозные отверстия (отмечены как 100%) диаметрами 6 мм, 12 мм и 19 мм, а также и другие дефекты диаметрами по 19 мм каждый с плоским дном в виде уменьшений толщины стенки трубы на 20% и более от номинальной. Четко наблюдается изменение магнитной проницаемости трубы из-за имеющихся в ней остаточных напряжений материала. Также наблюдается изменение общей толщины стенки трубы по ее длине, вероятно, вследствие повышенных допусков в процессе производства. Датчик ТТ демонстрирует высокую чувствительность к местным и общим изменениям толщины стенки трубы, включая даже изменения толщины в пределах допусков изготовителя.

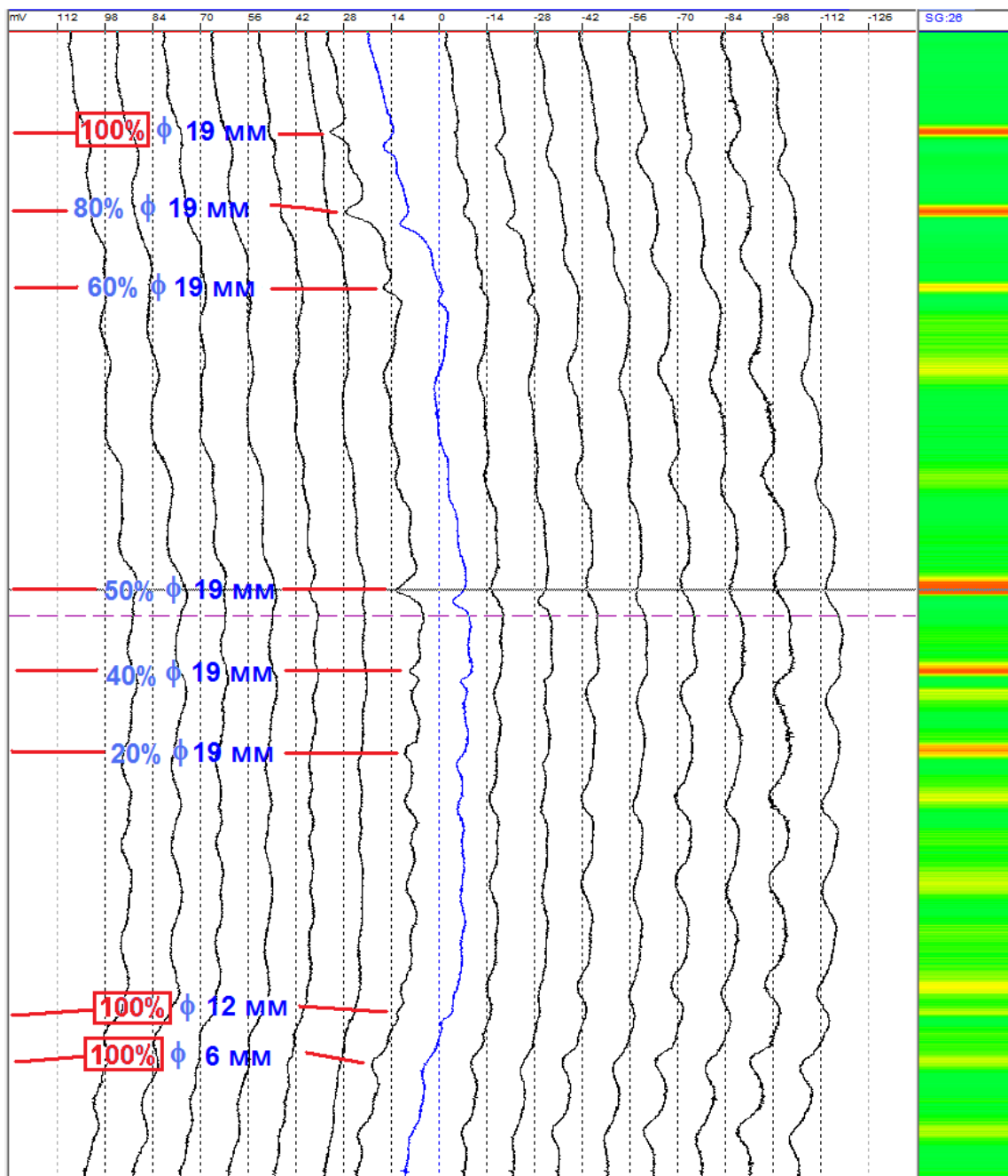


Рис. 3. Результаты диагностики для искусственно сделанных дефектов различных диаметров на поверхности трубы диаметром 150 мм из углеродистой стали. Датчик ТТ удален от поверхности трубы на 25 мм.

На рис. 4 (а) ниже показаны результаты диагностики для 4-х искусственно сделанных дефектов на наружной поверхности трубы диаметром 200 мм из углеродистой стали. Дефекты выполнены в виде

углублений диаметрами по 25 мм каждый с плоским дном. Датчик ТТ удален от поверхности трубы на 50 мм, изоляция отсутствует. При удалении датчика ТТ от поверхности трубы на 50 мм обнаружены такие углубления на 30% и более от номинальной толщины стенки.

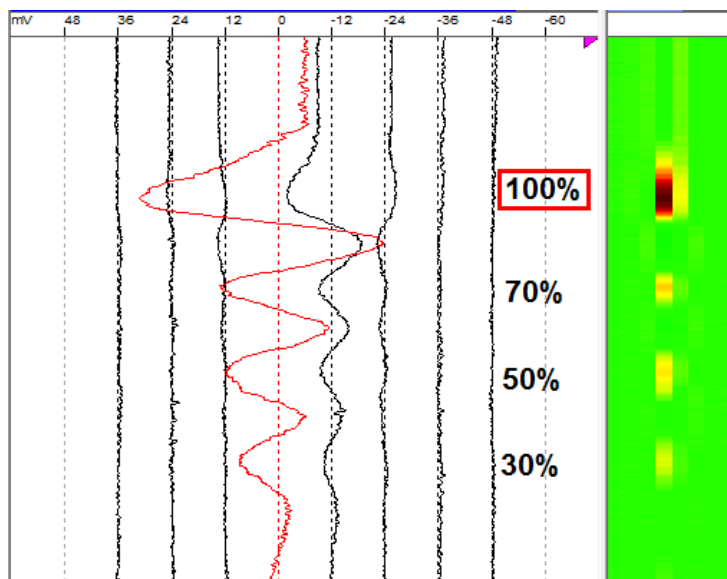


Рис. 4 (а). Результаты диагностики для 4-х искусственно сделанных дефектов на наружной поверхности трубы диаметром 200 мм из углеродистой стали.

Рис. 4 (б) ниже показывает экспоненциальную зависимость интенсивности измеренного сигнала (межпиковое напряжение V_{pp} в вольтах) от удаления датчика от поверхности трубы.

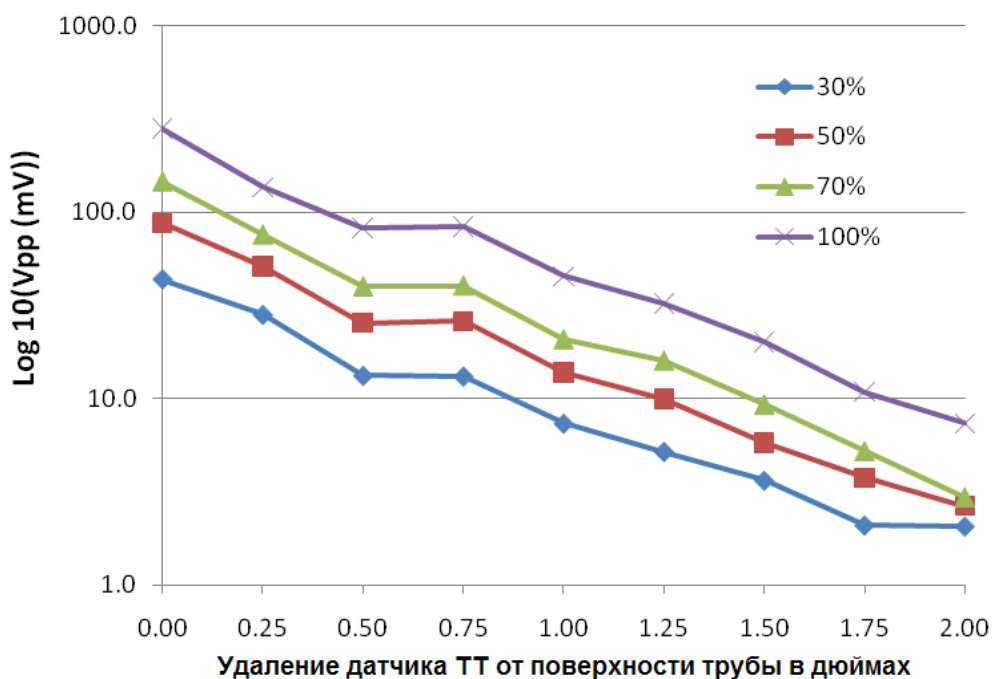


Рис. 4 (б). Зависимость интенсивности сигнала от удаления датчика от поверхности

Рис. 5 (а) ниже показывает результаты диагностики для 4-х искусственно сделанных дефектов на наружной поверхности трубы диаметром 200 мм из углеродистой стали. Дефекты выполнены в виде углублений диаметрами по 25 мм каждый с плоским дном, это тот же образец трубы, что и для рис. 4 (а). Датчик также удален от поверхности трубы на 50 мм, но в данном случае на трубе имеется еще и изоляция толщиной 50 мм, и защитное алюминиевое покрытие толщиной 0,4 мм. Материал изоляции не оказывает существенного влияния на результаты измерений. Однако алюминиевое покрытие слегка уменьшает чувствительность датчика при диагностировании тех же самых дефектов.

Рис. 5 (б) ниже показывает результаты диагностики для того же самого образца трубы, что и для рис. 4 (а) и 5 (а), но в данном случае толщина изоляции и, соответственно, удаление датчика от поверхности трубы увеличены до 57 мм, а защитное покрытие выполнено из нержавеющей стали толщиной 0,4 мм.

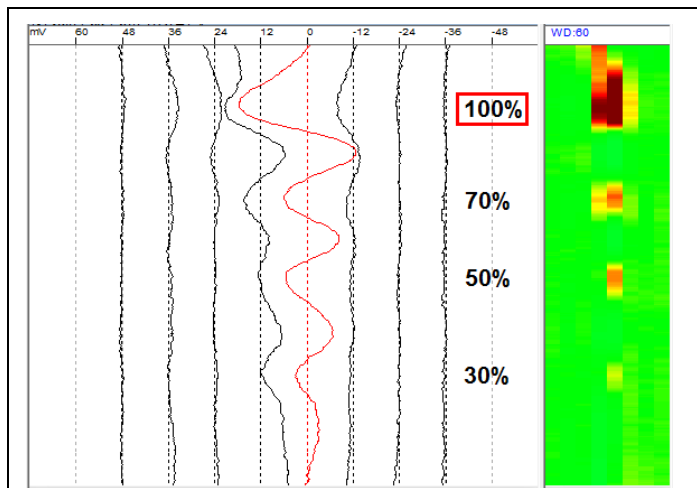


Рис. 5 (а). На трубе имеется изоляция толщиной **50 мм** и защитное **алюминиевое** покрытие толщиной 0,4 мм.

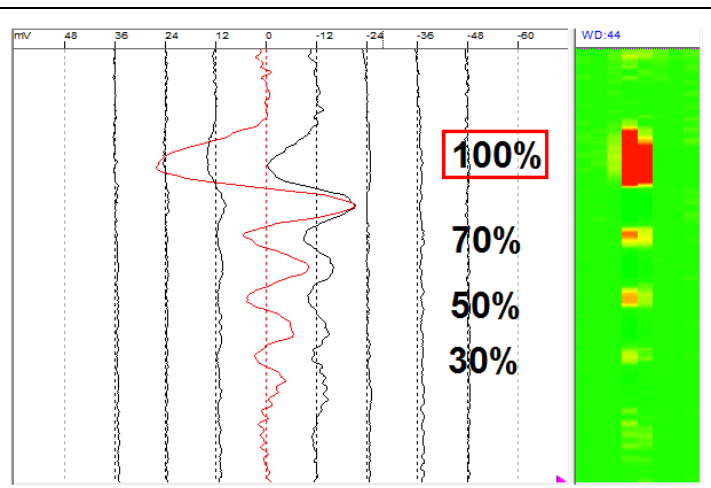


Рис. 5 (б). На трубе имеется изоляция толщиной **57 мм** и защитное покрытие из **нержавеющей стали** толщиной 0,4 мм.

Рис. 5. Результаты диагностики для 4-х искусственно сделанных дефектов на наружной поверхности трубы диаметром 200 мм из углеродистой стали с изоляцией различной толщины и с защитным покрытием из различных материалов.

Все дефекты обнаруживаются с высокой чувствительностью. Сравнение результатов измерений на рисунках 5 (а) и 5 (б) указывает на то, что защитное покрытие из нержавеющей стали вызывает меньшее ослабление измеренного сигнала по сравнению с алюминиевым покрытием такой же толщины.

Рис. 6 ниже показывает результаты диагностики для искусственно сделанных дефектов на наружной поверхности той же самой трубы диаметром 2 м из углеродистой стали, которая изображена на рис. 1 (д). Датчик прилагается вплотную к трубе. Обнаружены следующие дефекты:

- сквозные отверстия диаметрами 6 мм, 12 мм, 19 мм и 25 мм,
- дефект наружной поверхности диаметром 6 мм с закругленным дном в виде уменьшения толщины стенки трубы на 30% от номинальной.

Как схематичные полосы, так и цветовая карта отражают спиральность материала трубы, появившуюся в процессе изготовления трубы.

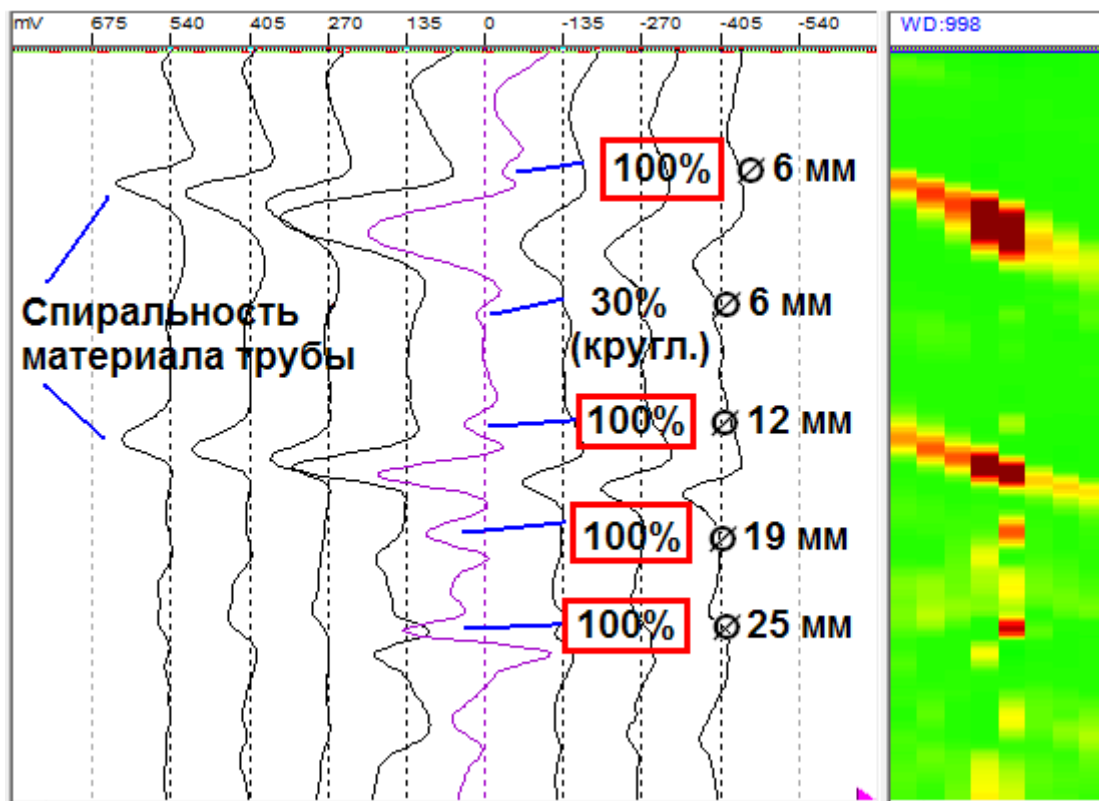


Рис. 6. Результаты диагностики для искусственно сделанных дефектов на наружной поверхности трубы из углеродистой стали диаметром 2 м.

5. Заключение

Метод ТТ обладает высокой чувствительностью к местным и общим изменениям толщины стенки трубы, включая даже такие изменения в пределах допусков изготовителя. Метод ТТ обладает следующими преимуществами:

- пригодность единого датчика для труб различных диаметров,
- определение состояния трубы вне зависимости от наличия или отсутствия на трубе изоляции и иных покрытий,
- истинное значение термина «неразрушающая диагностика», воплощенное на практике.