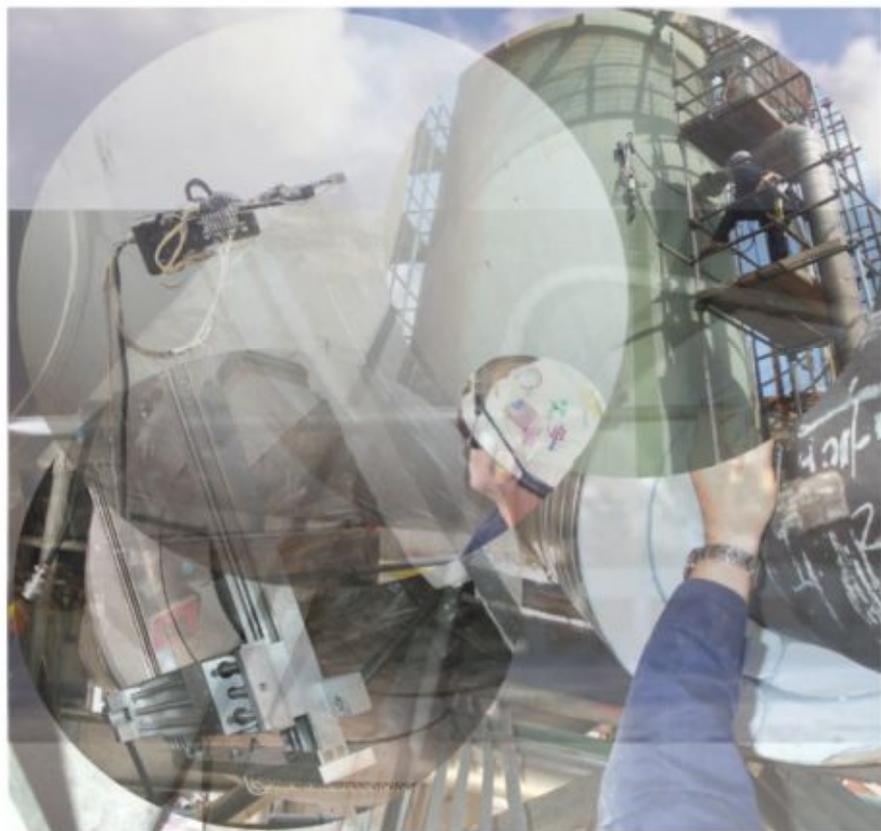


**Mechanical  
Integrity**

## **Дифракционно-временной метод (TOFD)**



**Передовой метод ультразвукового  
контроля сварных соединений**

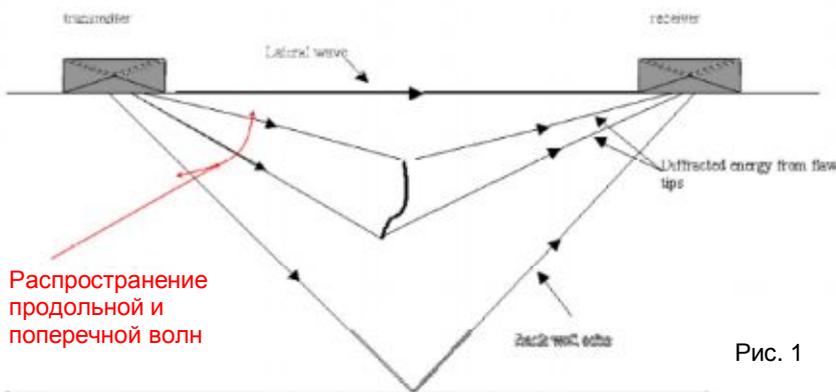


## ВВЕДЕНИЕ

Методика TOFD была разработана в 1970-х годах для точного измерения размеров дефектов, регистрируемых другими методами. Однако благодаря развитию технологий в настоящее время метод TOFD является наиболее точным и надёжным инструментом для обнаружения дефектов, который может быть использован для быстрого сбора данных.

## ТЕХНОЛОГИЯ

В методе TOFD для передачи ультразвуковых волн в обследуемый объект используются два преобразователя в режиме импульсный генератор - приёмник. Преобразователи генерируют как продольные, так и поперечные волны, которые позволяют проводить контроль по всему объёму объекта. На рисунке 1 приведён пример распространения ультразвуковых волн. В материал вводятся две



различные продольные волны. Первая волна перемещается между преобразователями непосредственно под поверхностью материала и называется боковой волной. Вторая волна падает под углом на заднюю стенку и отражается к приёмнику. Из этих волн образуются поперечные волны, которые распространяются по всему объёму материала. При наличии дефекта дифракционная волна отражается от его края или концов и захватывается принимающим преобразователем.

Рис. 1

## Анализ данных

Ультразвуковые сигналы регистрируются в выпрямленном режиме, который позволяет представить как положительный, так и отрицательный циклы однополупериодного выпрямления. На экране отображается набор горизонтальных линий, причём каждая линия соответствует определённому волновому циклу. Вследствие различия в скорости и пройденном расстоянии боковая волна отображается над другими в виде первой секции горизонтальных линий. Следующая секция линий соответствует отражённой от задней стенки продольной волны. Наконец, опять же вследствие разности скоростей поперечные волны представлены последней секцией на диаграмме, которая располагается в нижней части экрана. Пример диаграммы данных TOFD приведён на рисунке 2.



Рис. 2

## Обнаружение дефектов

Высокая по сравнению с другими методами чувствительность метода TOFD существенно облегчает обнаружение дефектов и определение их размеров (длины, глубины). На рисунке 3 представлены данные, полученные при ультразвуковом контроле реального v-образного одиночного сварного соединения с толщиной стенки 12,7 мм. Как видно из рисунка 3, на TOFD изображении чётко различимы дефекты. На рисунке 4 также приведено реальное TOFD изображение одиночного v-образного сварного соединения с толщиной стенки 6,35 мм, на котором можно различить внешнюю продольную трещину на границе сварного шва, трещину в корне сварного шва и шлаковые включения.

Сварной шов толщиной 12,7 мм (1/2 дюйма)

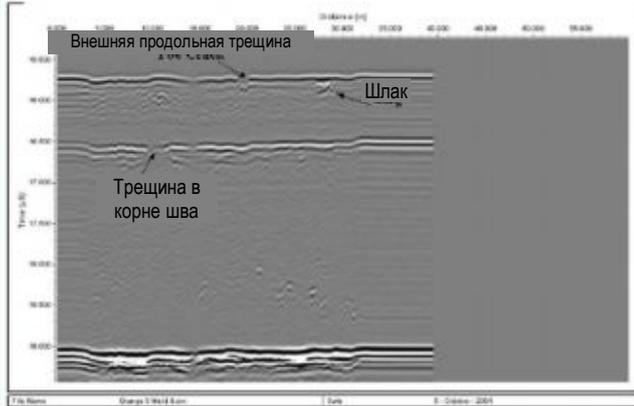


Рис. 3

Сварной шов толщиной 6,35 мм (1/4 дюйма)

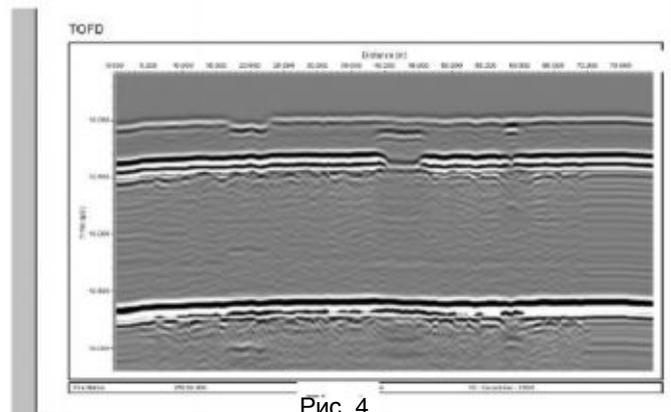
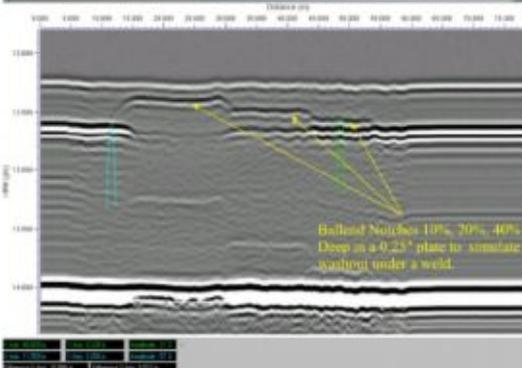
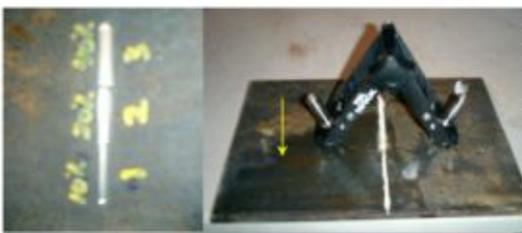


Рис. 4

Частоты и углы ультразвуковых лучей напрямую зависят от толщины обследуемого материала. В нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности осуществляется УЗК объектов толщиной, в основном, от 6,35 до 25,4 мм (0,25 - 1"), хотя возможен контроль и материалов с толщиной до 101,6 мм (4 дюйма).

## Применение

Метод TOFD используется, главным образом, для контроля сварных швов трубопроводов и резервуаров. Он является полезным инструментом при обнаружении дефектов в процессе производства оборудования, а также дефектов, возникших в результате эксплуатации. При помощи метода TOFD можно обнаружить и определить размеры следующих дефектов: размыв сварного соединения при обработке, трещины в сварных швах коксовых барабанов, коррозия поверхности. Обследование методом TOFD включает в себя одиночные параллельные проходы, что ускоряет сбор данных. При помощи метода TOFD можно просканировать порядка 150 погонных метров сварных швов за один рабочий день.



Washout Cal Plate



Three Notches, 10%, 20%, 40%, each about 1.0" long and made using a 0.25" ball end mill.

Plate thickness between 0.20" & 0.30"



### ПРЕИМУЩЕСТВА МЕТОДА TOFD

- Отсутствие необходимости в прерывании технологического процесса для выполнения обследования.
- Высокая скорость обследования.
- Точное определение глубины и длины дефекта.
- Высокая чувствительность: обнаружение дефектов на глубине более 0,10 дюйма (2,54 мм).
- Возможность контроля изделий из чёрных и цветных металлов.
- Подробные отчёты об обследовании в цифровой форме.
- Доступность результатов для последующих обследований при выходе из строя или для мониторинга.

**Mechanical  
Integrity**

*УСТРАНЕНИЕ ПРОБЛЕМ ДО ТОГО, КАК ОНИ СТАНУТ  
РЕАЛЬНЫМИ ПРОБЛЕМАМИ*