Московский Государственный Университет
Приборостроения и Информатики
НУЦ «КАСКАД»

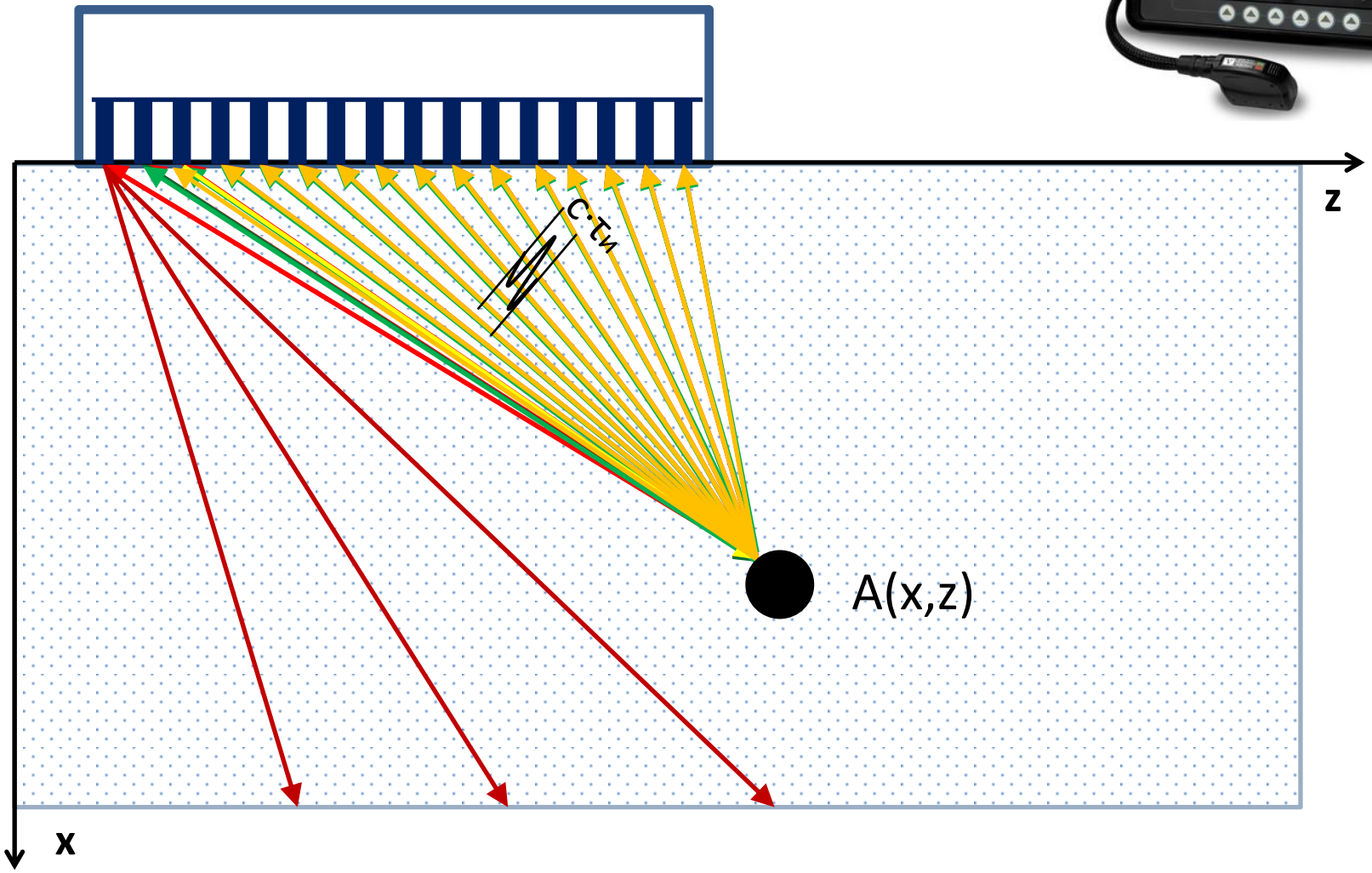
РЕЗУЛЬТАТЫ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ДЕФЕКТОСКОПАМИ С АНТЕННЫМИ РЕШЕТКАМИ ТОНКОСТЕННЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Мелешко Н.В.

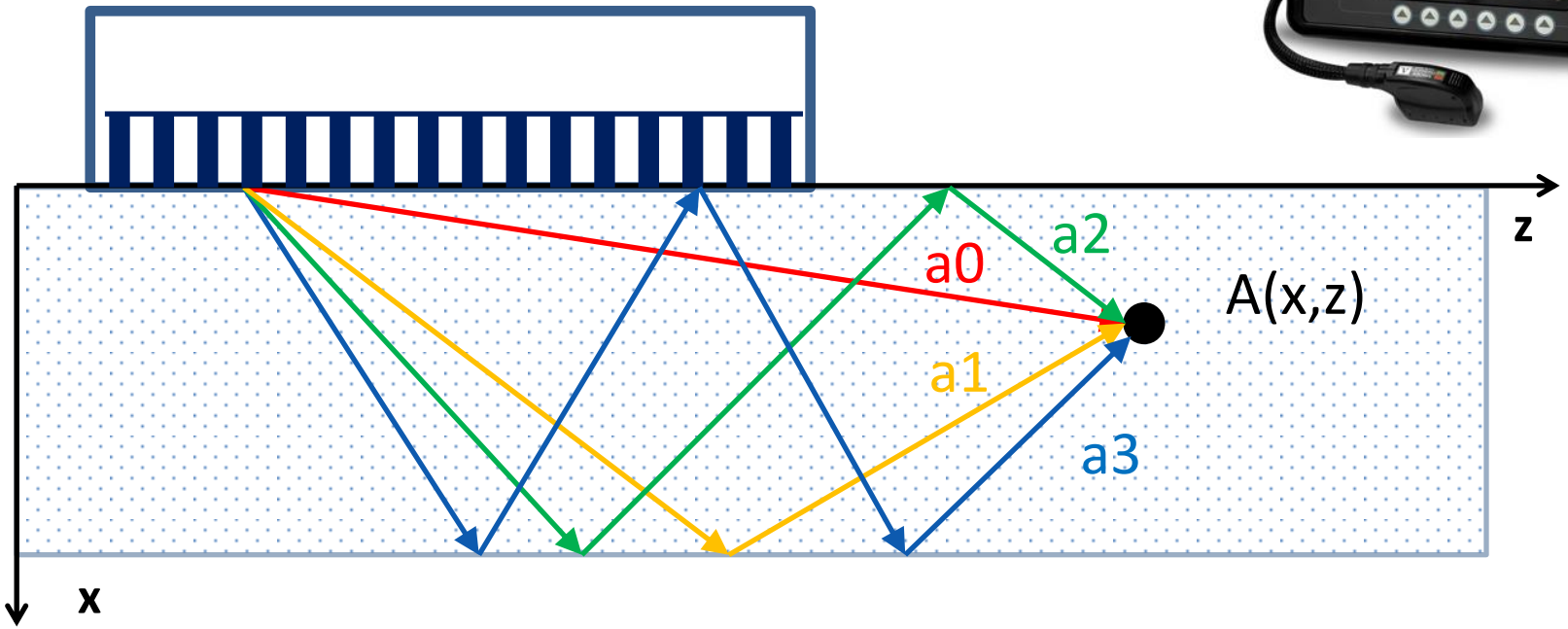
Основные отличия при ультразвуковом контроле дефектоскопами с пьезоэлектрическими преобразователями и антенными решетками

Контроль ПЭП	Обследование АР
Несплошность характеризуется эквивалентным размером	В некоторых случаях возможно измерение фактического размера
Один угол ввода	Сканирование в диапазоне углов
Оценка только по амплитудному критерию	Возможна оценка по типу несплошности
Квадрат амплитуды поля, рассеянного несплошностью, в области регистрации	Распределение акустического поля, рассеянного несплошностью, в области ее локализации
A-scan (эхо-сигнал)	S-scan (акустическое изображение)

Принцип работы антенной решетки (SAFT-C)



Принцип работы антенной решетки (SAFT-C)

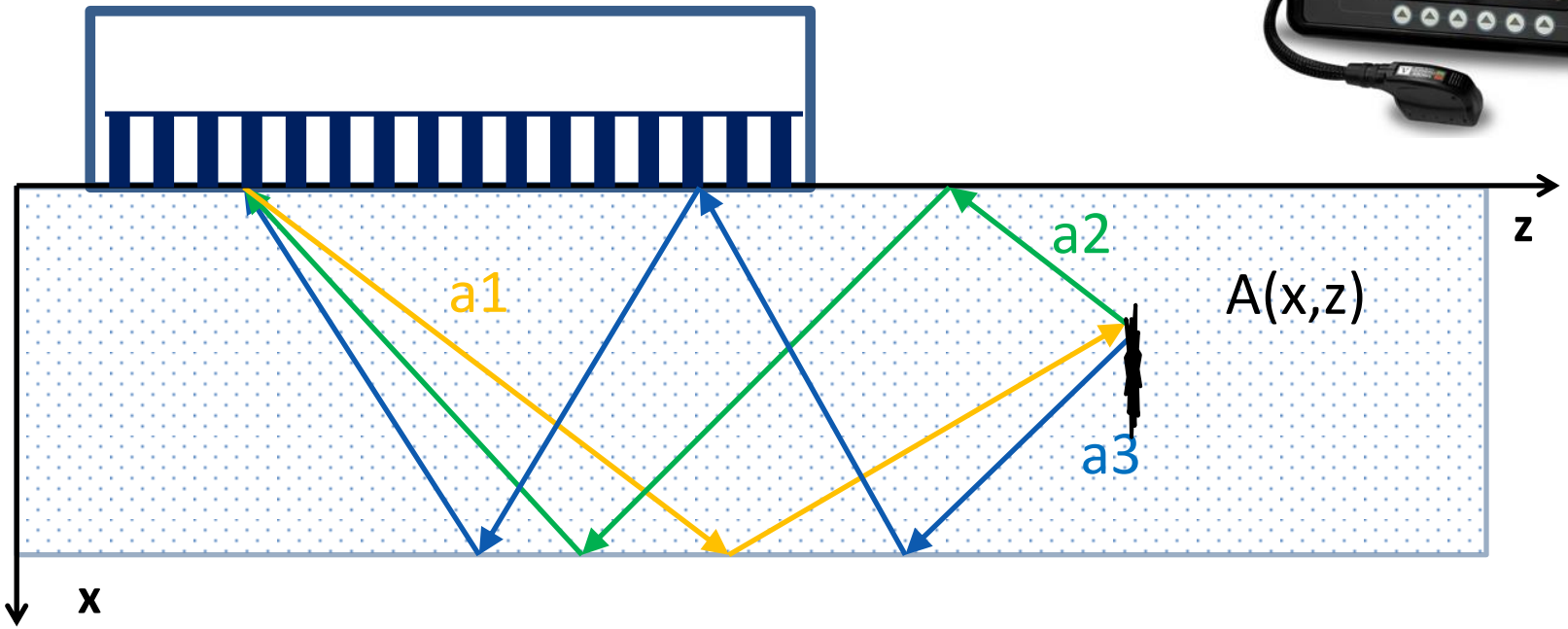


ОК – сварное соединения небольшой толщины

Четное количество отражений (a2,…): сигнал придет со стороны внешней поверхности

Нечетное количество отражений (a1, a3,…): сигнал придет со стороны донной поверхности

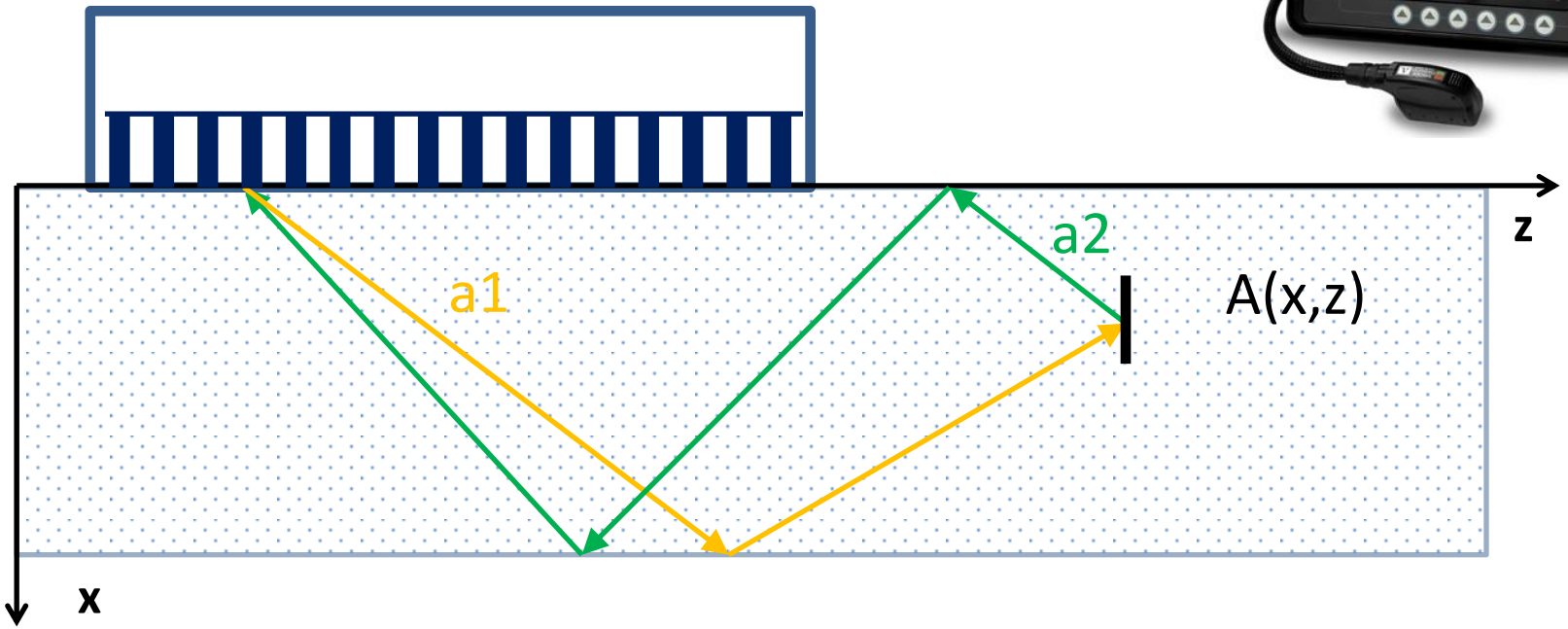
Принцип работы антенной решетки (SAFT-C)



Несплошность рассеивает диффузно

Падающий сигнал прошел по пути с одним отражение a1
Отраженный – по пути с двумя (a2) и тремя отражениями (a3)
Общее количество отражений в траектории
(a1+a2) – нечетное, (a1+a3) – четное

Принцип работы антенной решетки (SAFT-C)



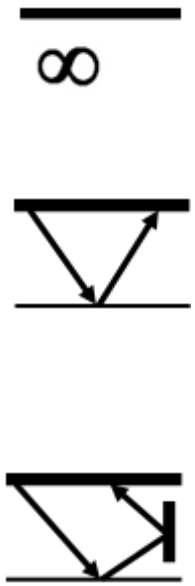
Зеркальное отражение - траектории с общим нечетным количеством отражений

Общее количество отражений в траектории (a1+a2) – нечетное

Принцип работы антенной решетки (SAFT-C)

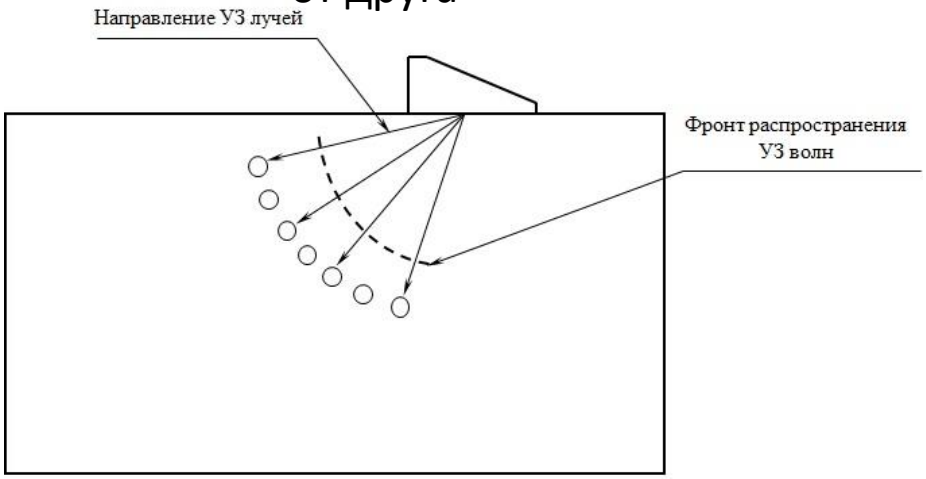
Для исследований были использованы алгоритмы:

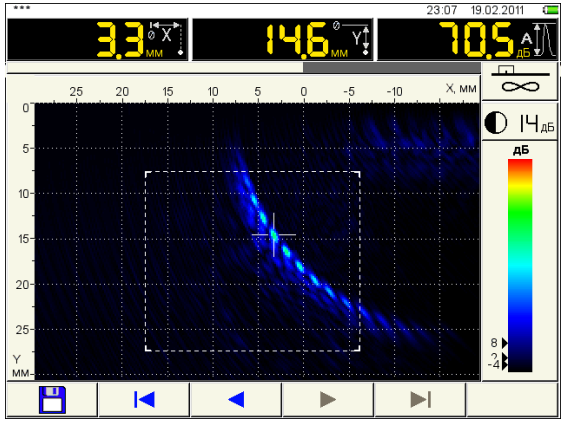
- визуализация пространства;
- визуализация ОК в виде пластины для обнаружения диффузно отражающих несплошностей;
- визуализация ОК в виде пластины для обнаружения зеркально отражающих несплошностей преимущественно вертикальной ориентации



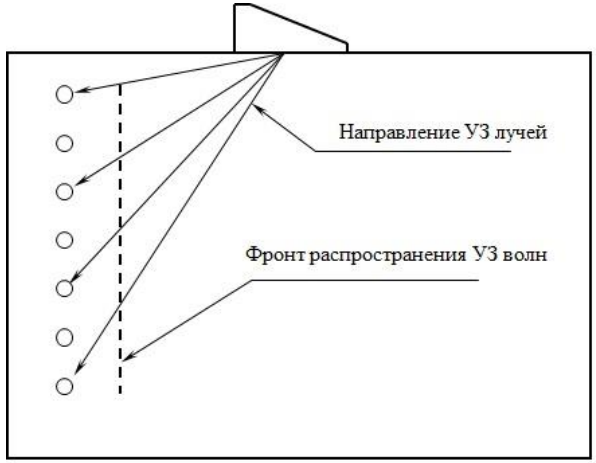
Акустические изображения боковых цилиндрических отверстий

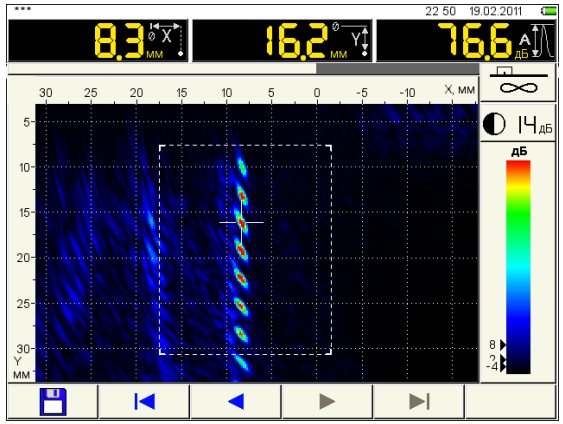
Образец с цилиндрическими отражателями Ø1 мм, расположенными по радиусу 25 мм на расстоянии 2,5^0 друг от друга





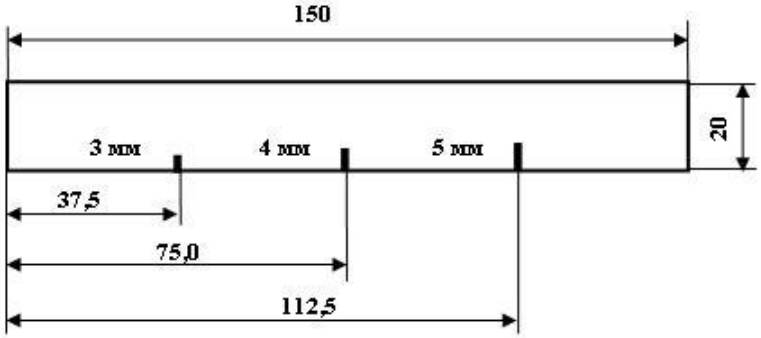
Образец с цилиндрическими отражателями Ø1 мм, расположенными на глубине от 10 до 50 мм с шагом 3 мм



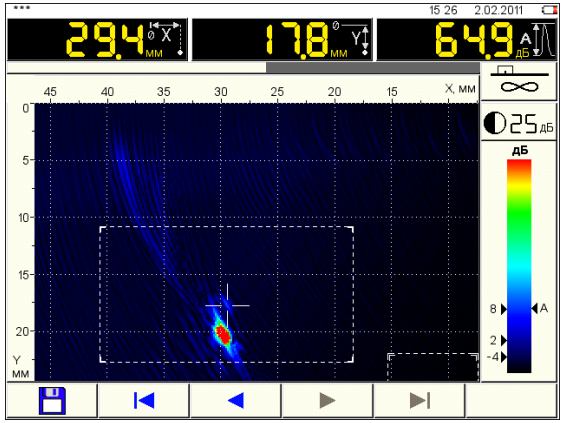


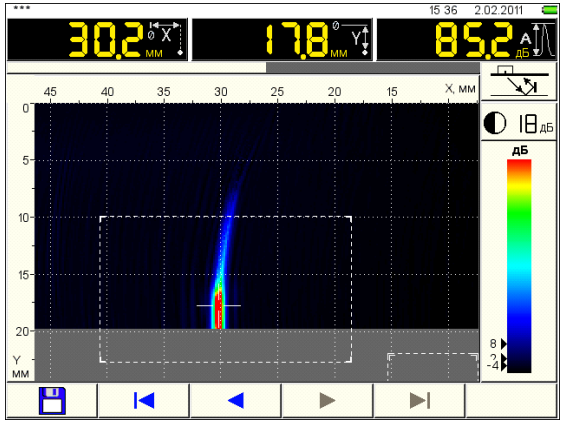
Акустические изображения тонких прорезей

В металлическом образце толщиной 20 мм по всей ширине методом электроэррозии выполнены вертикальные прорези размерами 3, 4 и 5 мм с шириной раскрытия не более 200 мкм

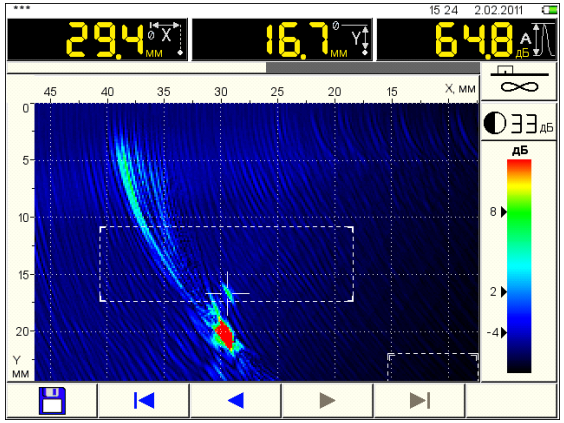


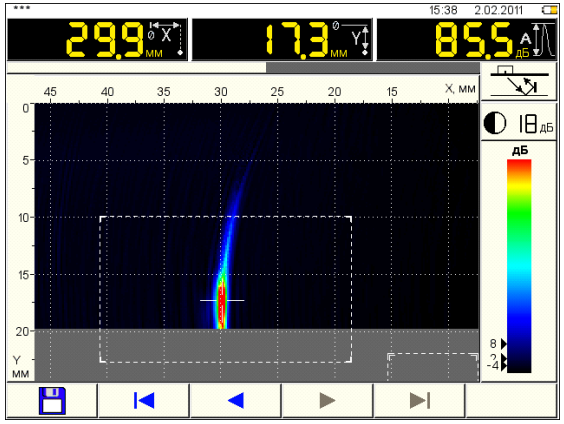
Прорезь высотой 3 мм



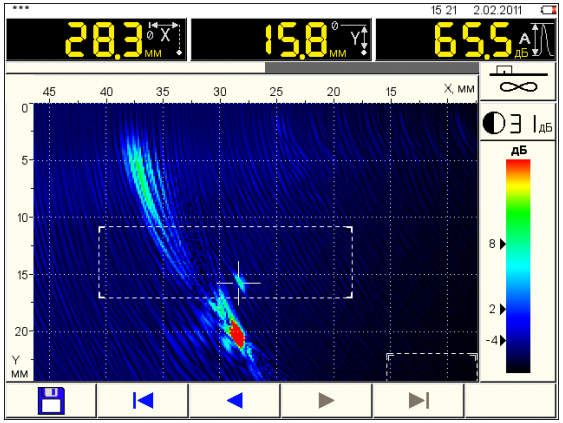


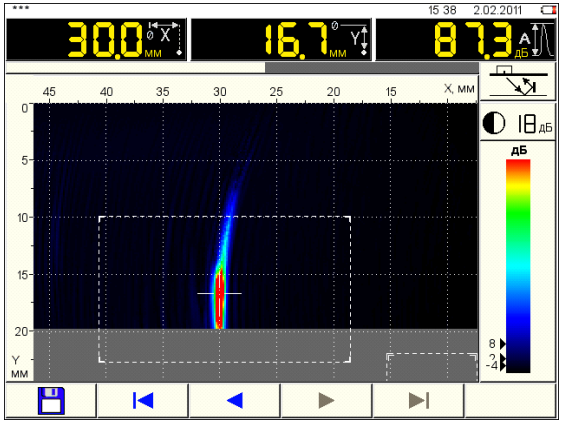
Прорезь высотой 4 мм



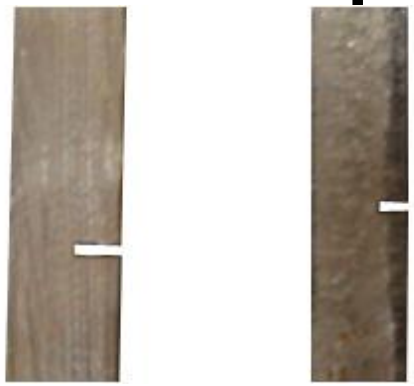


Прорезь высотой 5 мм

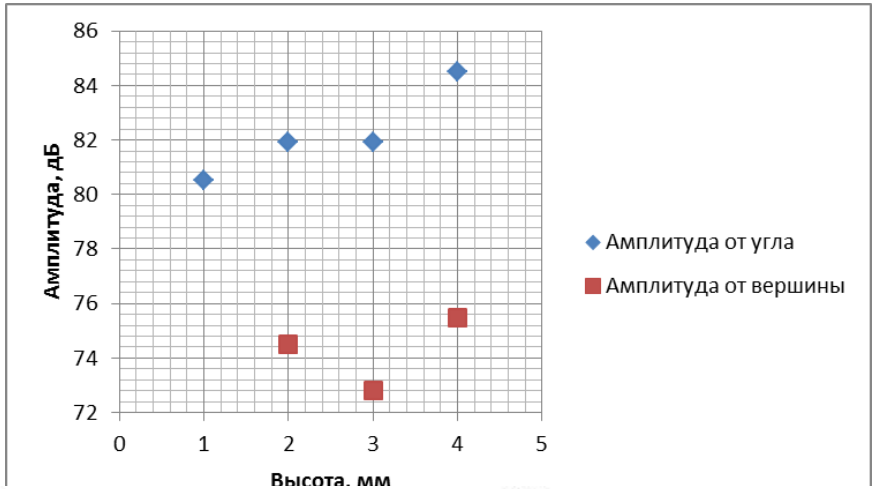


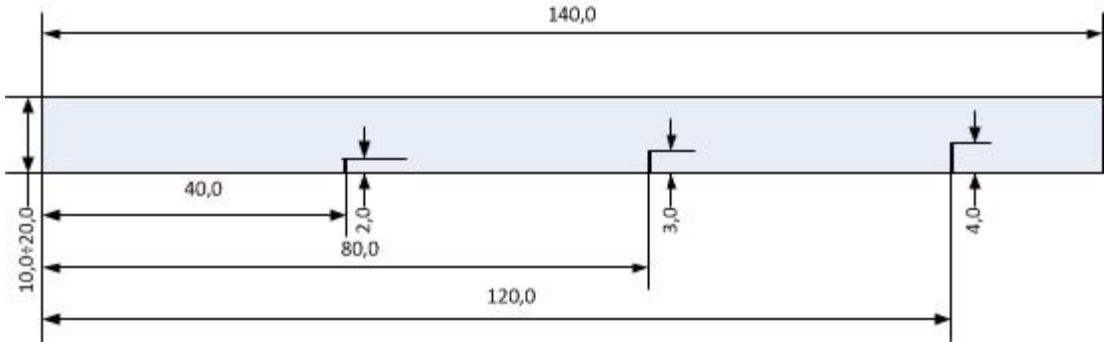


Акустические изображения пропилов

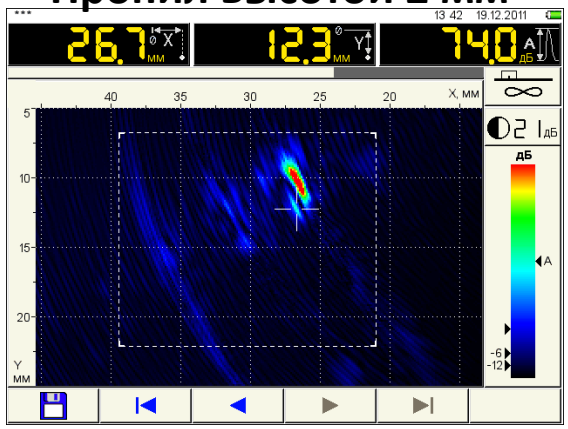


В металлическом образце толщиной 10 мм по всей ширине фрезой выполнены пропилы шириной 1 мм и высотой 2, 3 и 4 мм

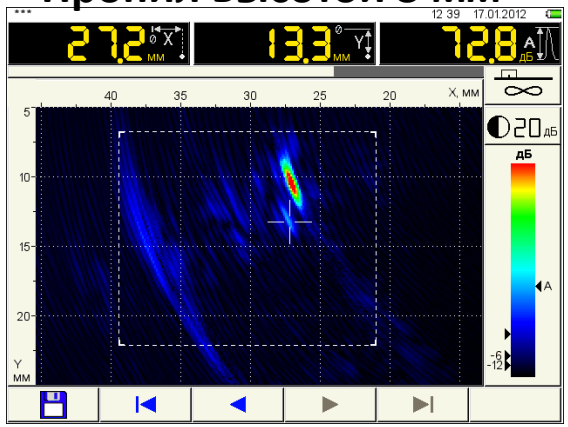




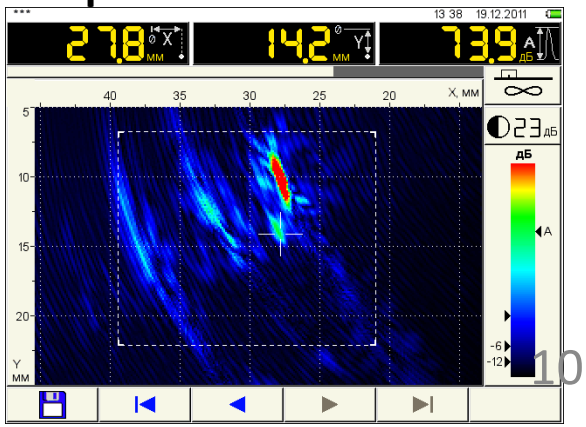
Пропил высотой 2 мм



Пропил высотой 3 мм

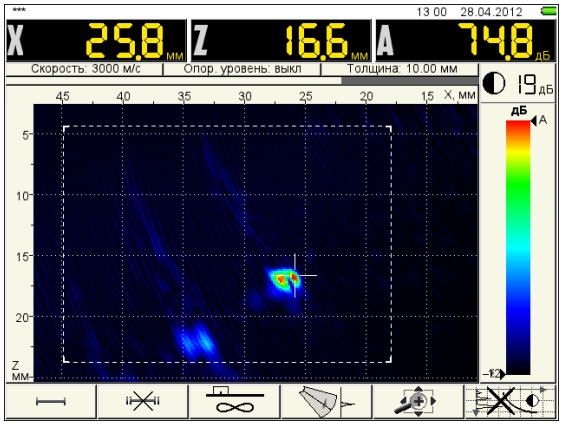


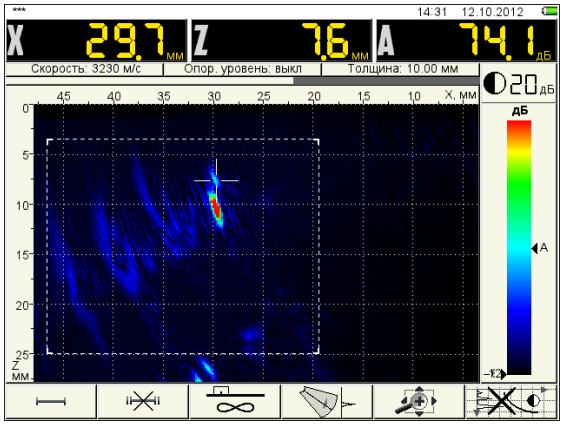
Пропил высотой 4 мм



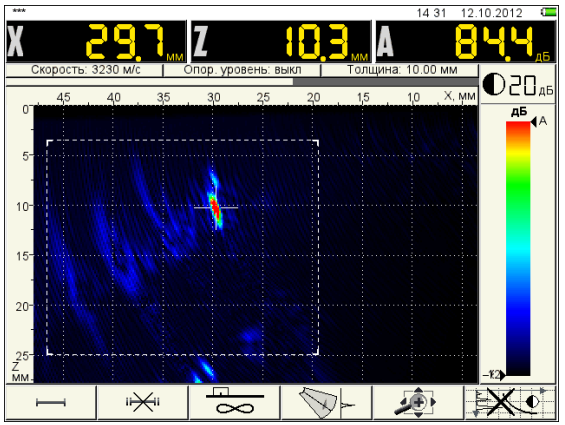
Акустические изображения пропилов

Расстояния между пропилами высотой 1 мм, выполненными фрезой шириной 1 мм

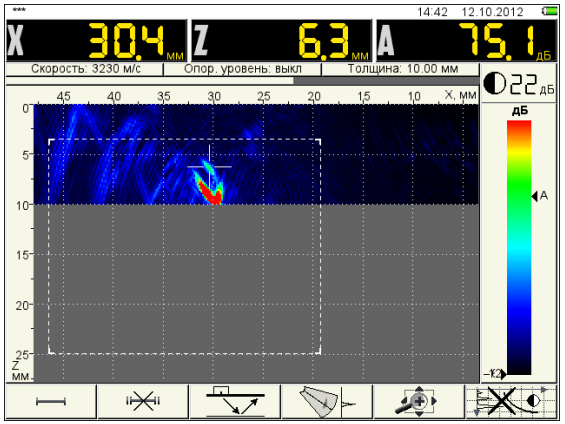


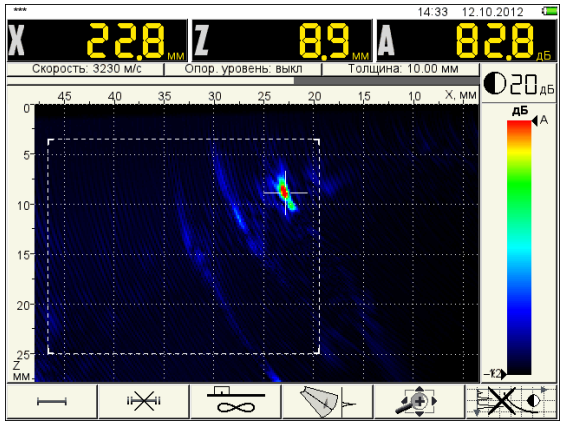


Высота пропила 2,8 мм
(по прибору 10,3-7,6=2,7 мм)
Фреза диаметром 80 мм,
ширина 2 мм
ширина реза 35 мм



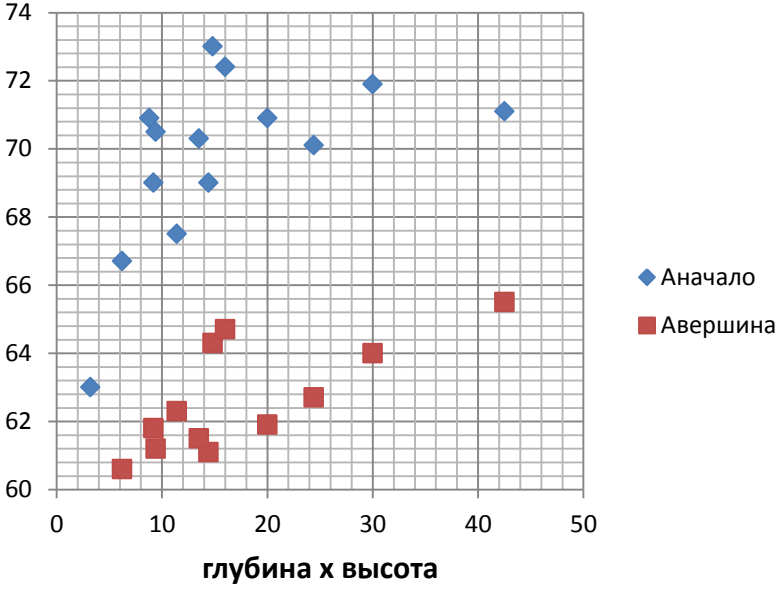
Высота пропила 2,0 мм
Фреза диаметром 60 мм,
ширина 2 мм
ширина реза 25 мм



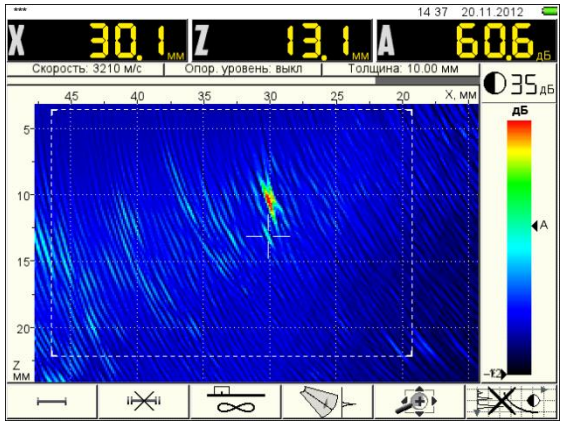


Акустические изображения засверловок (вертикальных цилиндрических отражателей)

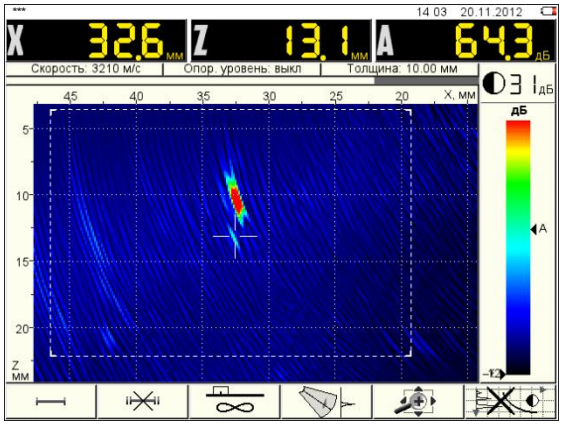
Образец толщиной 10 мм
Диаметр засверловок 2, 3, 4, 5 мм;
глубина от 1,6 до 8 мм



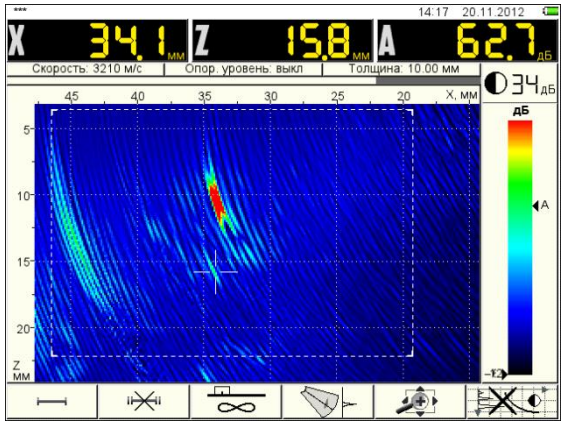
Засверловка диаметром 2 мм и высотой 3,1 мм



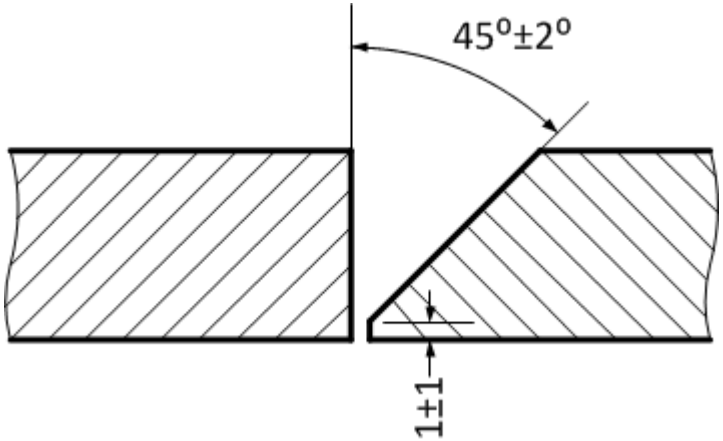
Засверловка диаметром 4 мм и высотой 3,7 мм

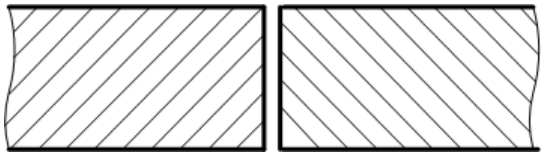


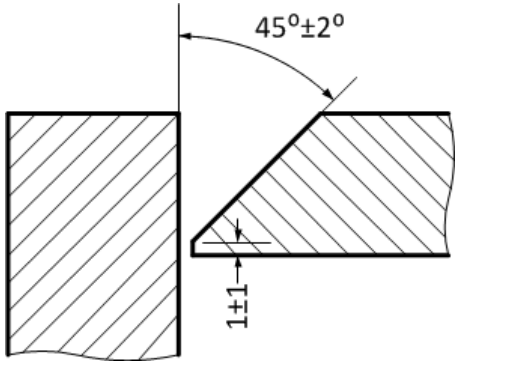
Засверловка диаметром 4 мм и высотой 6,1 мм

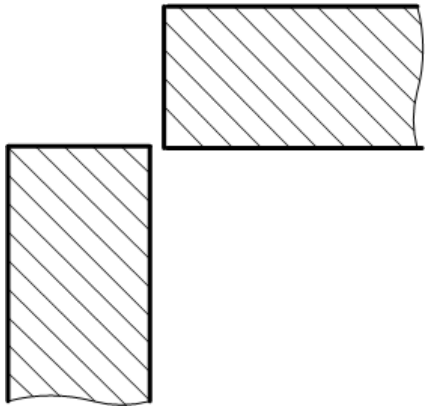


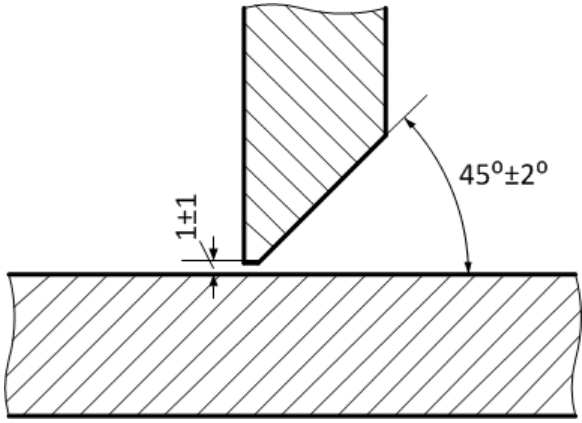
Объект исследования

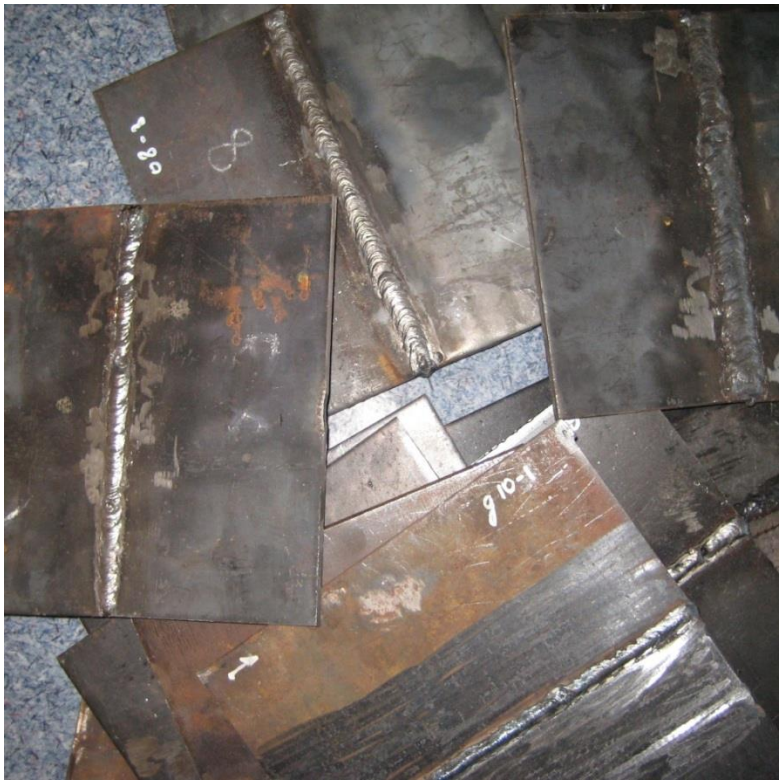




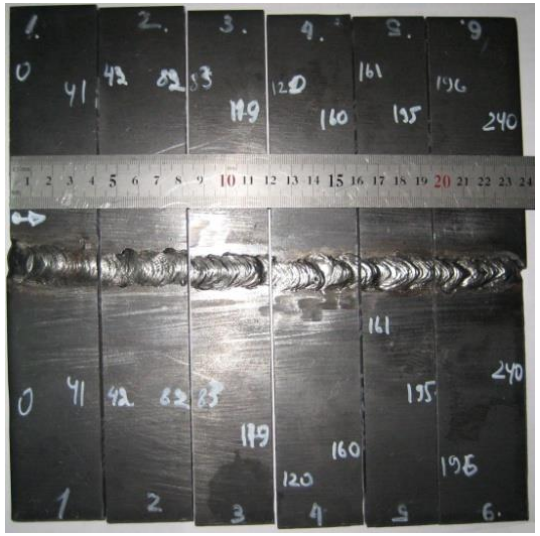


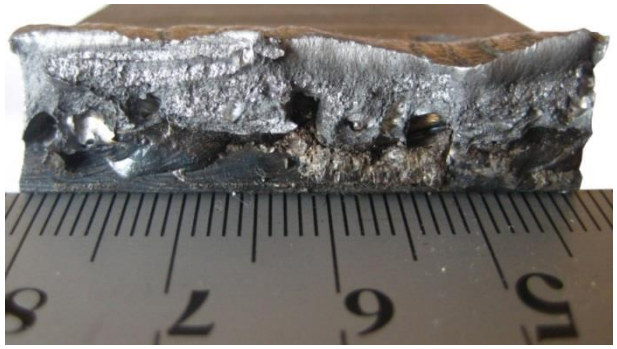






Испытания

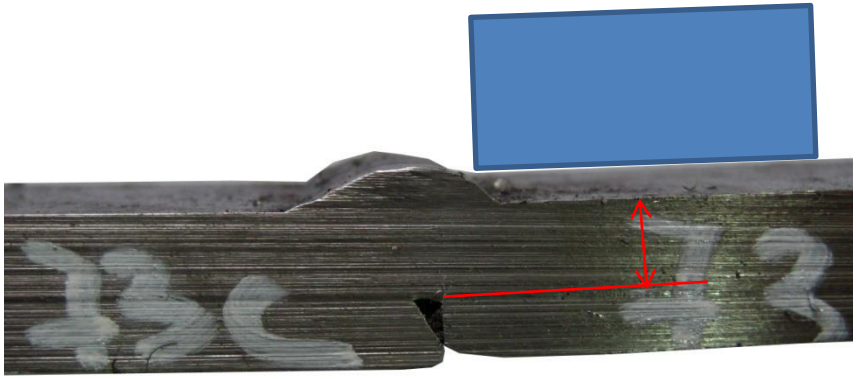


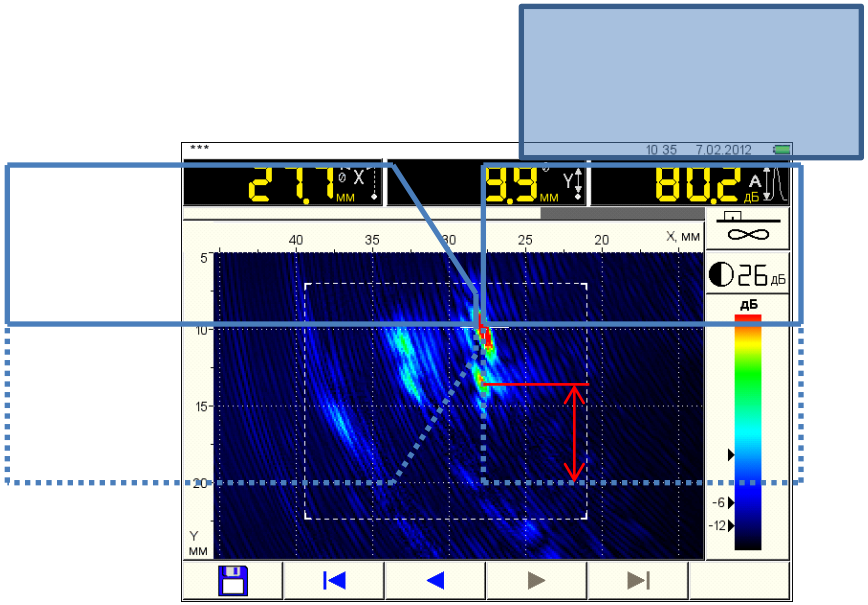


Наиболее распространенный и опасный вид дефекта в подобных сварных соединениях – **непровар**.

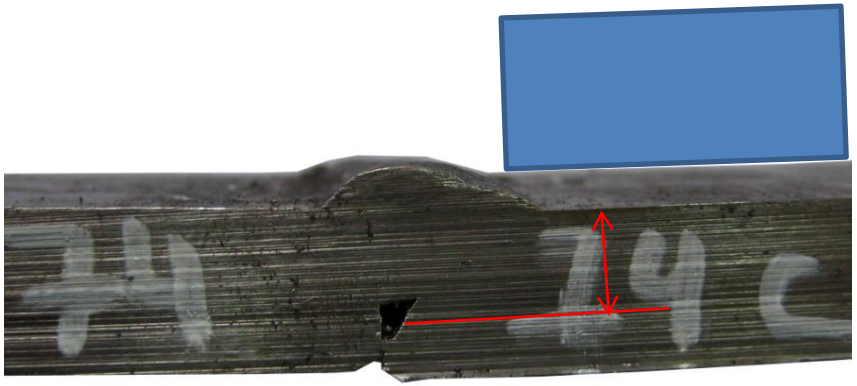
Акустические изображения непроваров

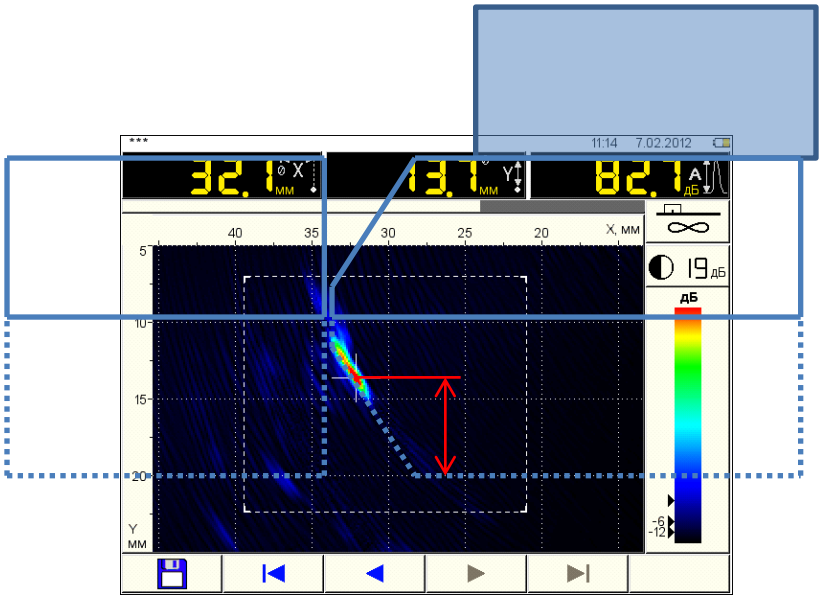
Со стороны без скоса кромок





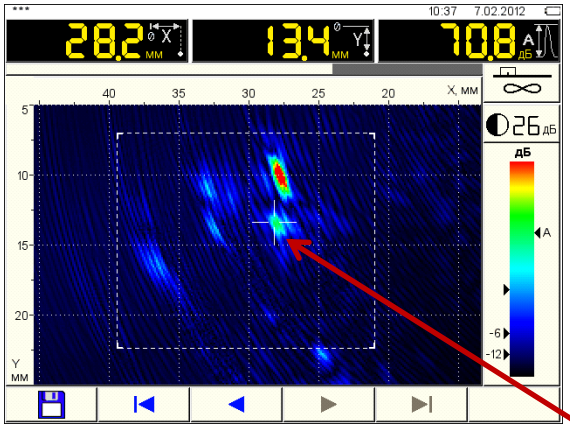
Со стороны скоса кромки



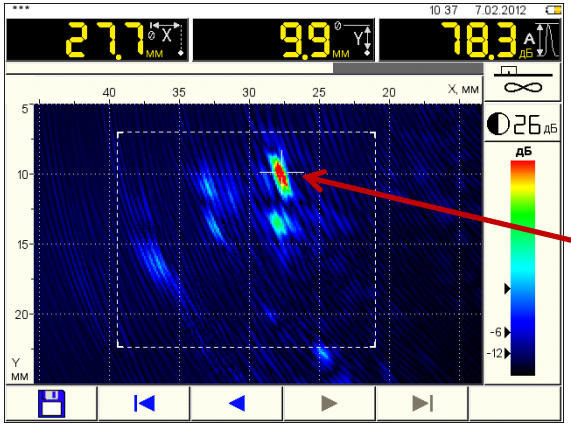


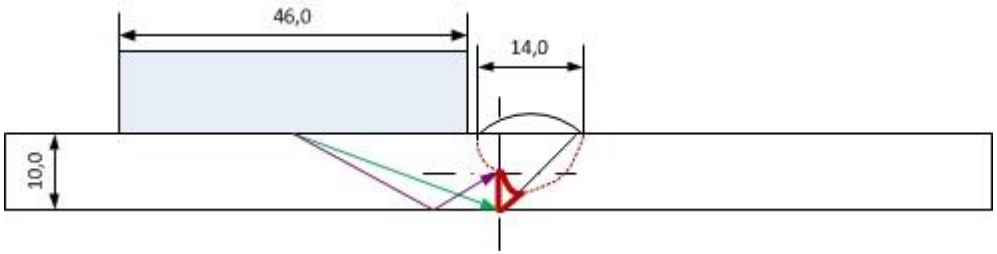
Непровар при контроле со стороны без скоса

Амплитуда и координаты сигналов от конца непровара



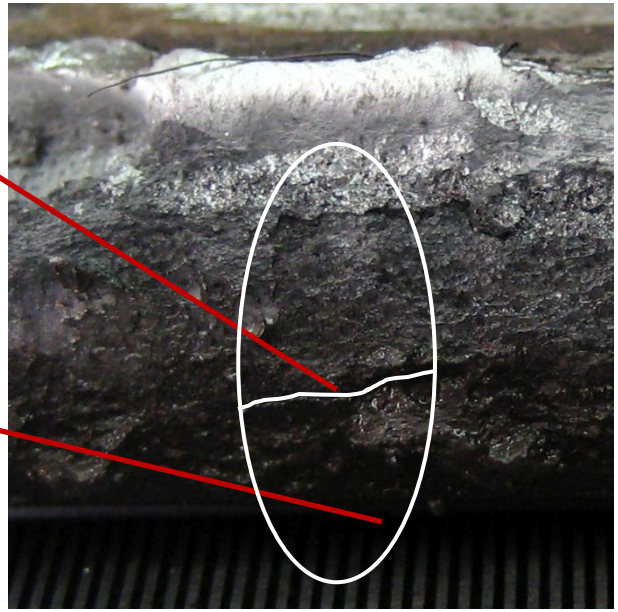
Амплитуда и координаты сигналов от угла





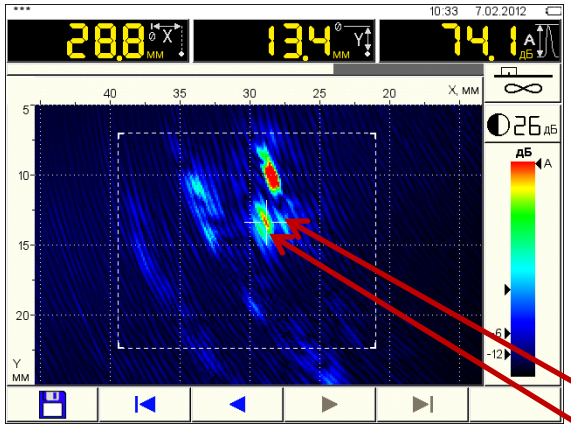
При контроле со стороны без скоса кромки наблюдаем два фокусных пятна, полученных эхо-сигналами от угла и дифракционным рассеянием на конце непровара.

- 13,4-9,9=3,5 мм
- 78,3-70,8=7,5 дБ (>6 дБ)

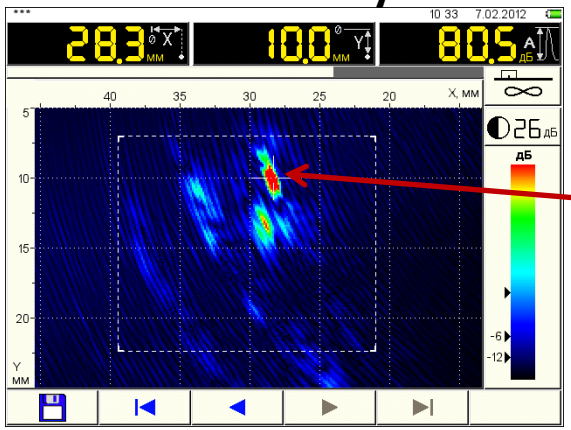


Непровар и пора со стороны без скоса

Амплитуда и координаты сигналов от конца непровара



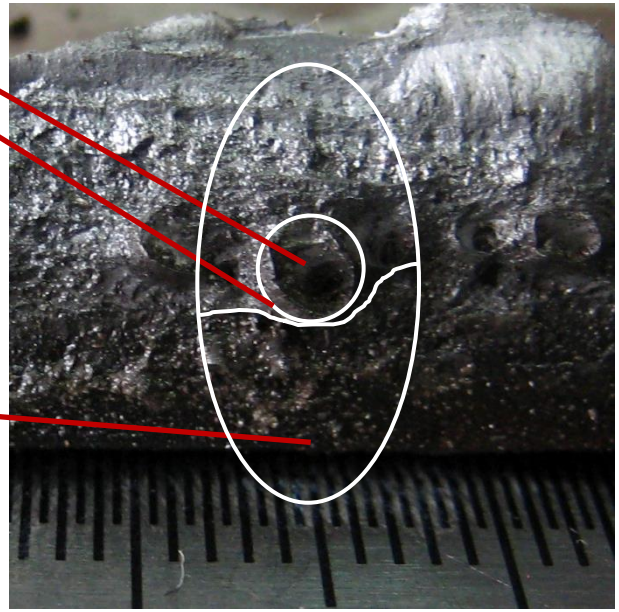
Амплитуда и координаты сигналов от угла



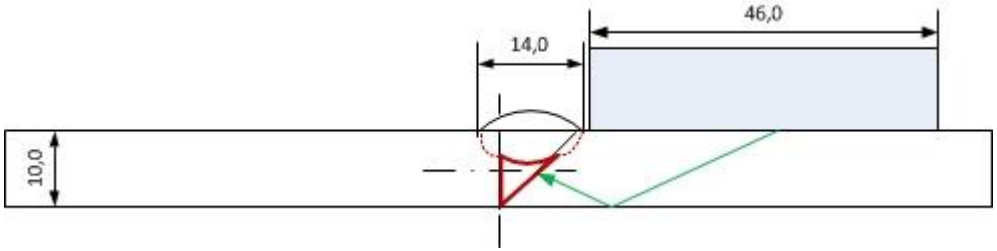
При наличии других дефектов добавляются фокусные пятна и от этих отражателей.

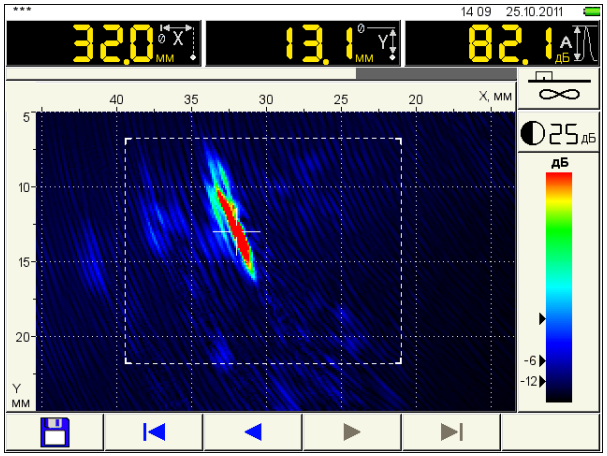
Амплитуда эхо-сигналов от поры диаметром менее 2 мм на глубине 4-5 мм меньше амплитуды от конца непровара высотой 3,5 мм.

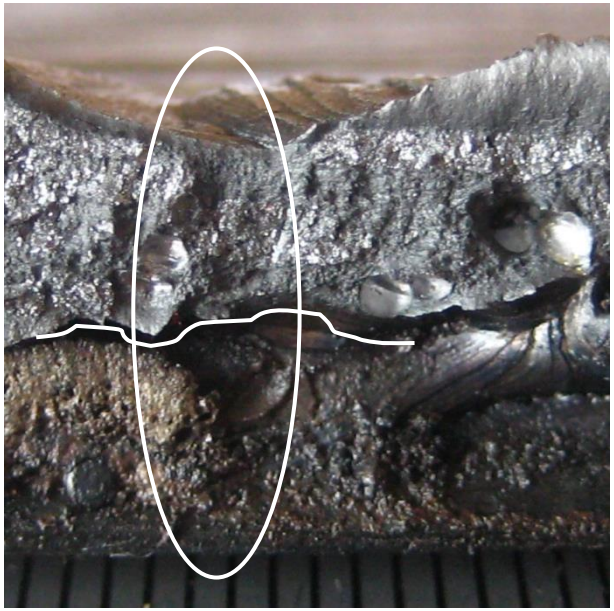
- 13,4-10=3,4 мм
- 80,5-74,1=6,4 дБ (6 дБ)



Непровар со стороны скоса

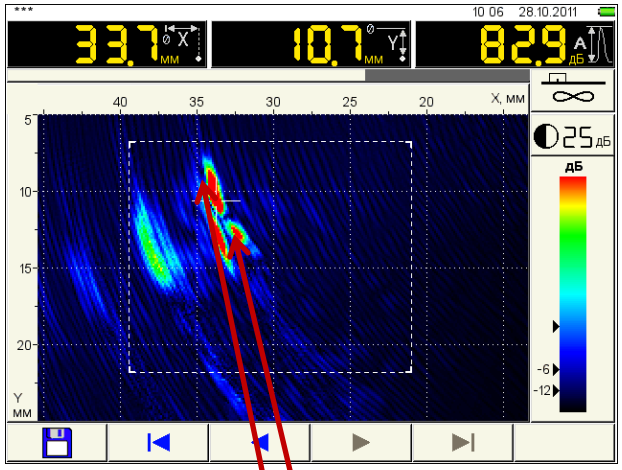


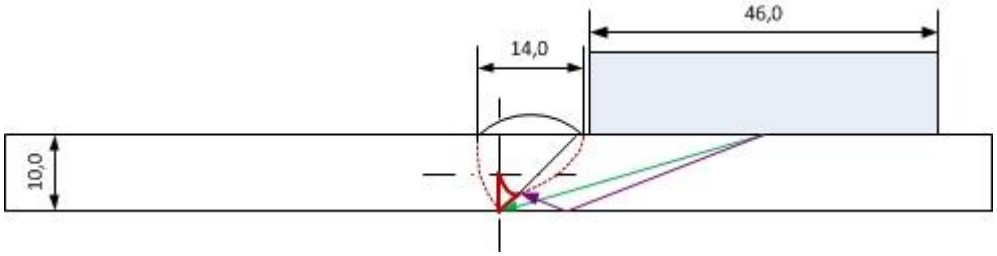


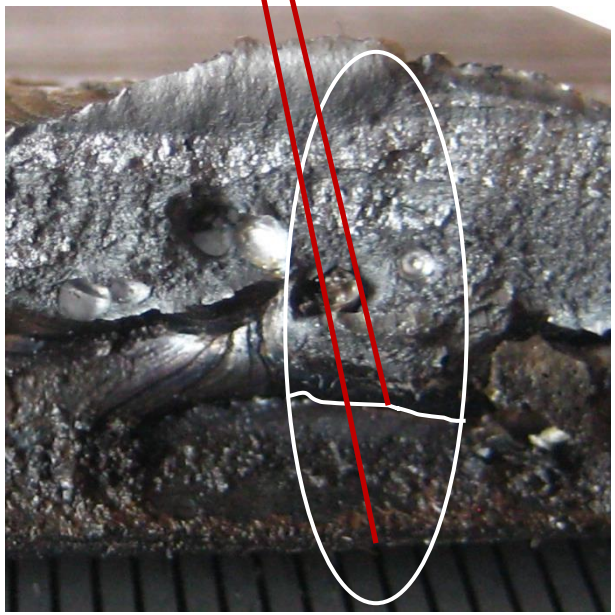


Акустическое изображение при большом непроваре (высотой более 5 мм) подобно оптическому

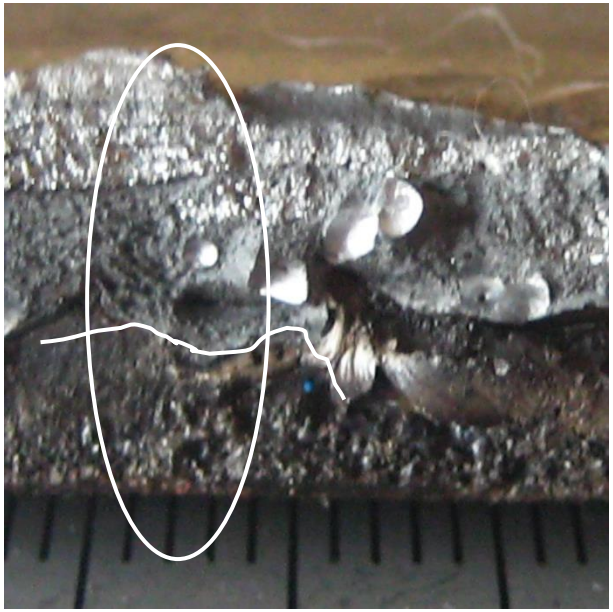
Непровар с двух сторон высотой 2÷5 мм







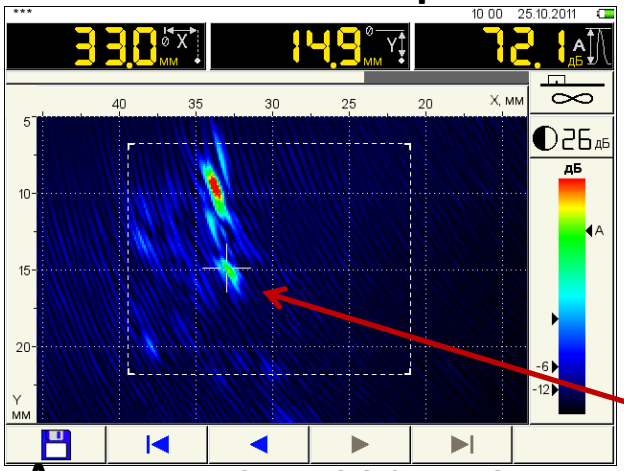
Вид со стороны скоса кромки



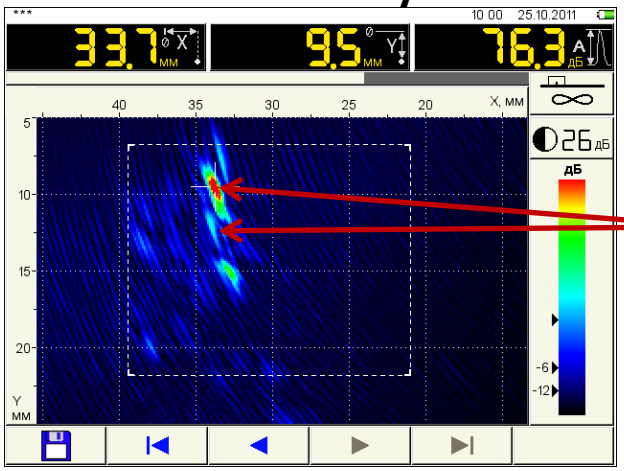
Вид со стороны без скоса кромки

Небольшой непровар (примерно 2 мм) и пора диаметром более 2,5 мм

Амплитуда и координаты сигналов от поры

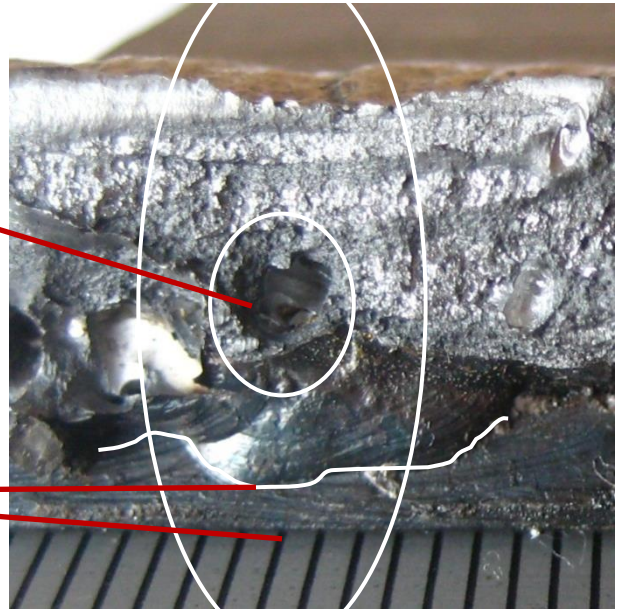


Амплитуда и координаты сигналов от угла



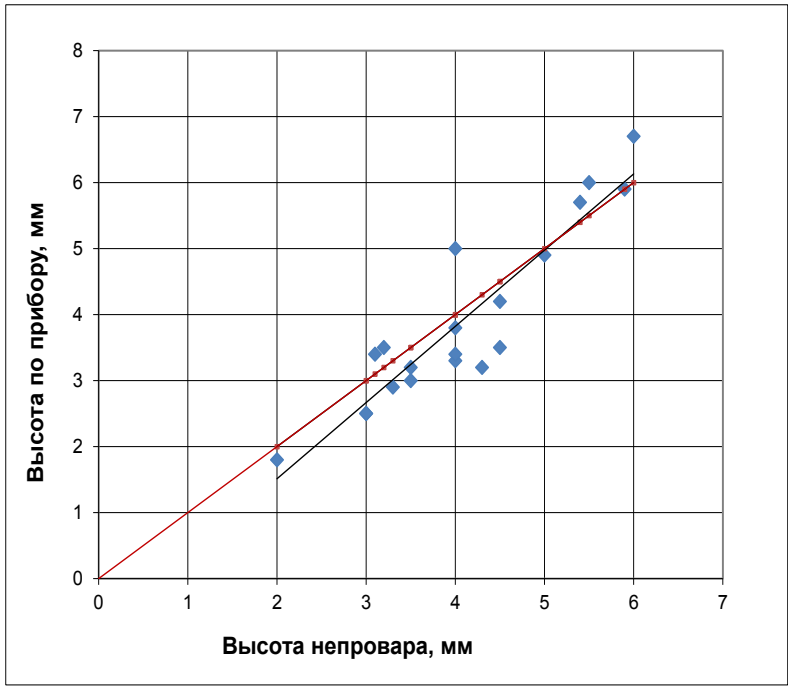
Амплитуда фокусных пятен сигналов от поры диаметром более 2,5 мм меньше, чем от амплитуда сигналов от угла.

76,3-72,1=4,2 дБ (<6 дБ)



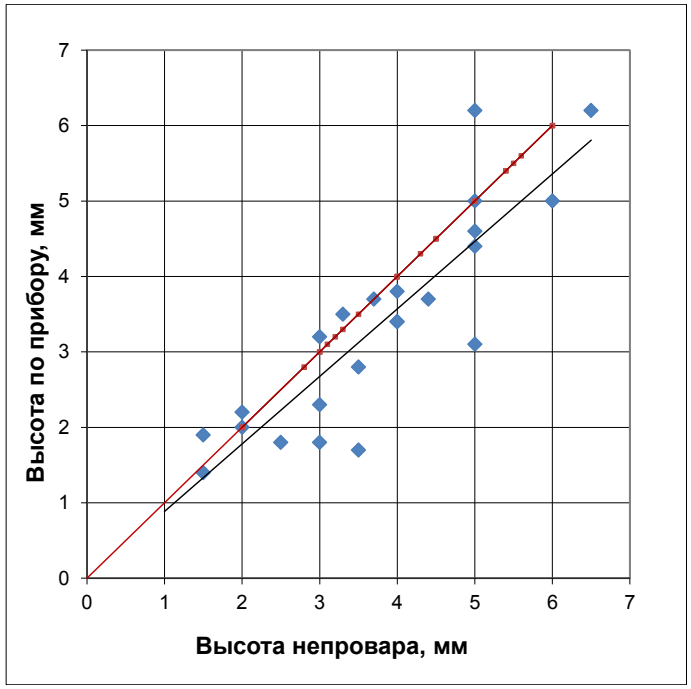
Высота непровара и измеренная высота по акустическому изображению

Со стороны без скоса кромок



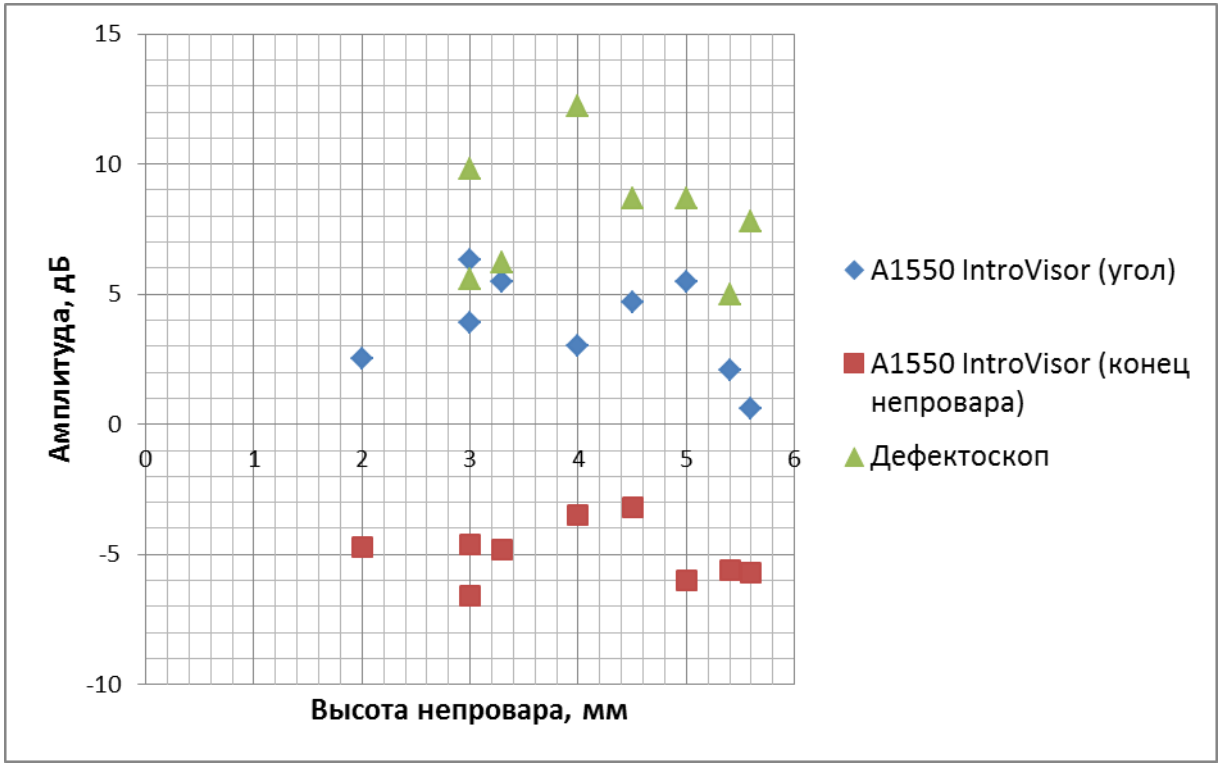
Коэффициент корреляции 0,91

Со стороны скоса кромок

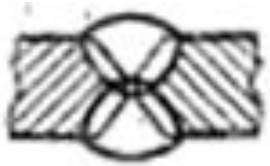


Коэффициент корреляции 0,87

Зависимость амплитуды фокусных пятен от фактической высоты непровара

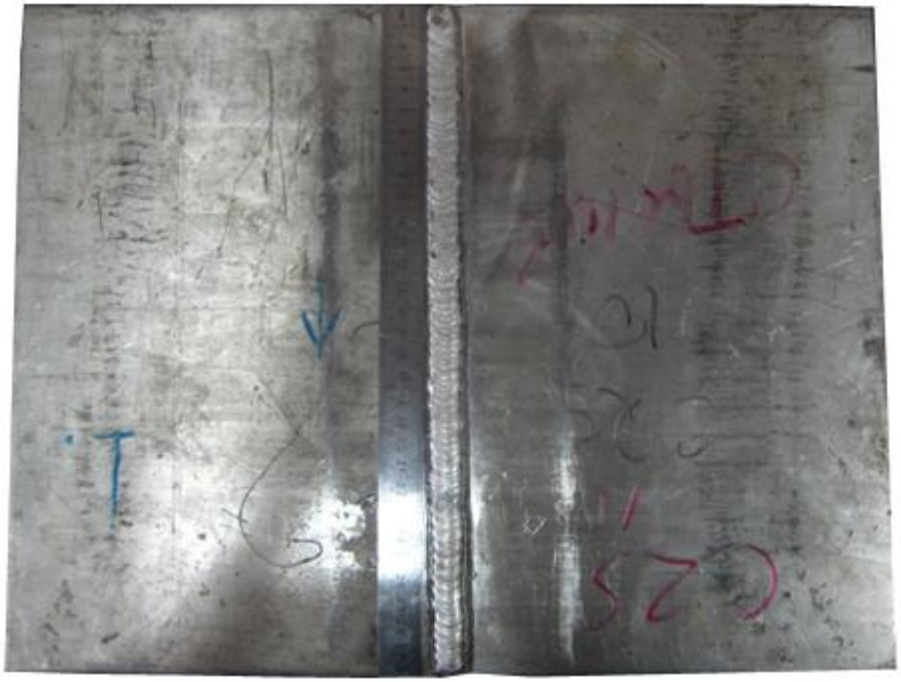


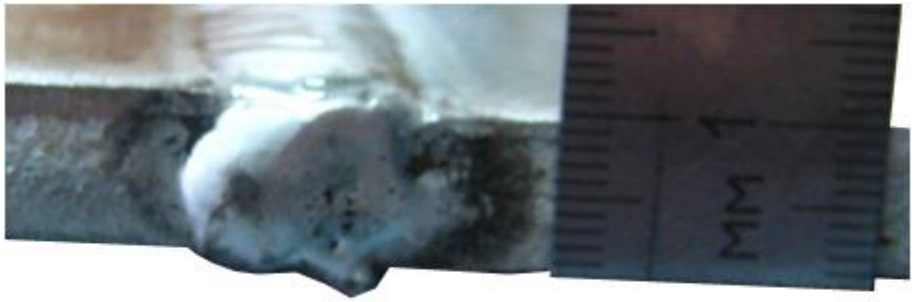
При контроле со стороны без скоса кромки разница амплитуд фокусных пятен от конца и начала непровара составляет более 5-6 дБ

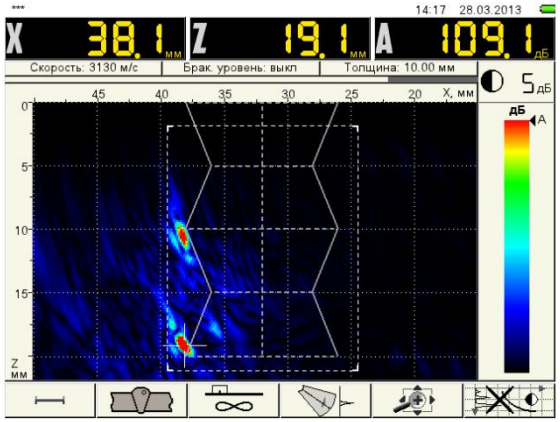


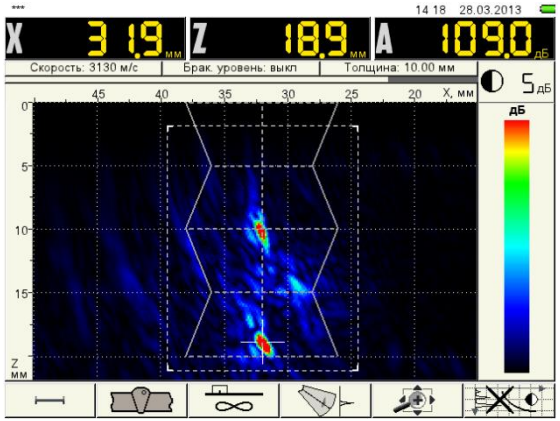
Объект исследования

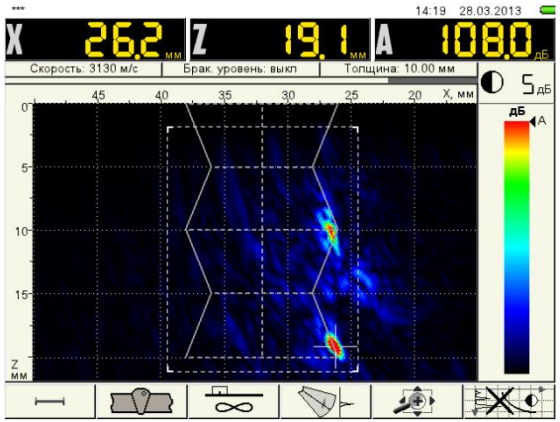
Тип сварного соединения С25
с двумя симметричными скосами кромок



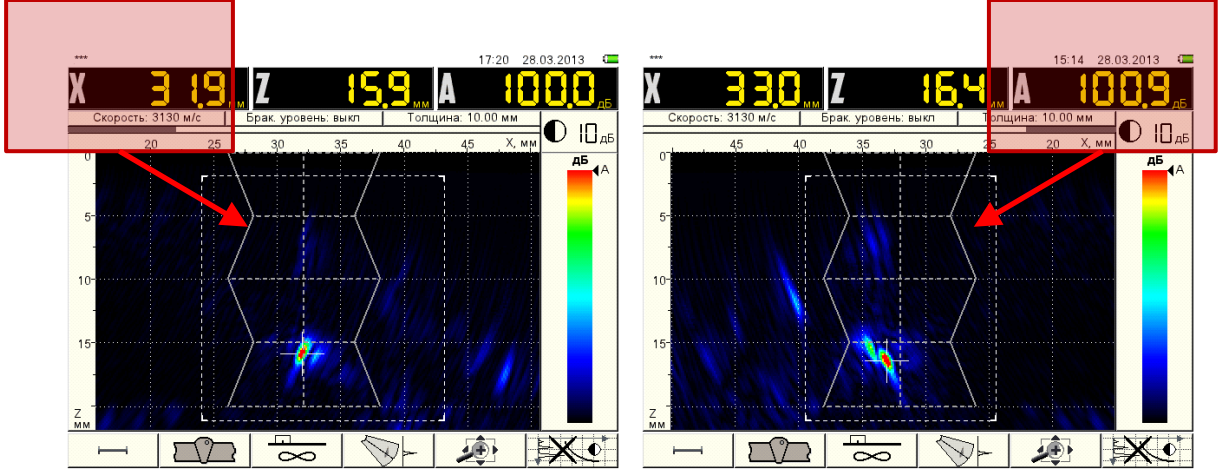




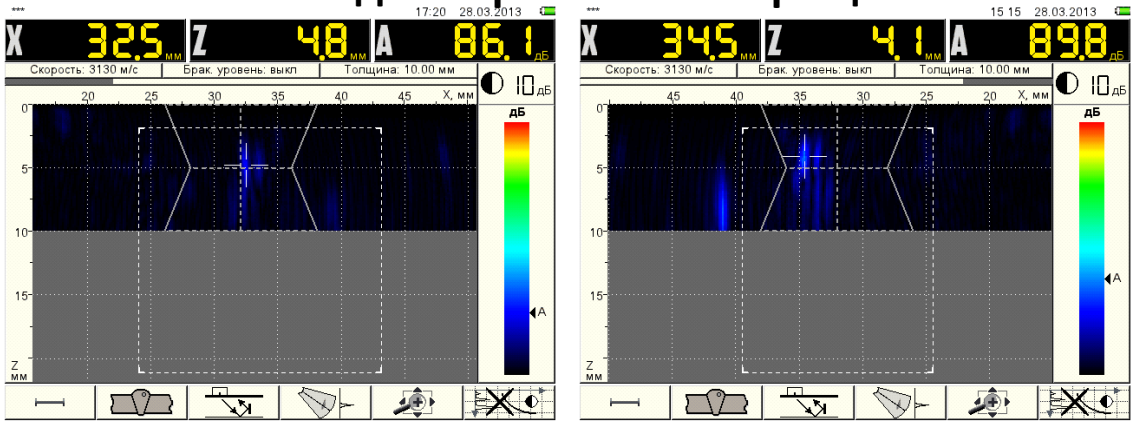




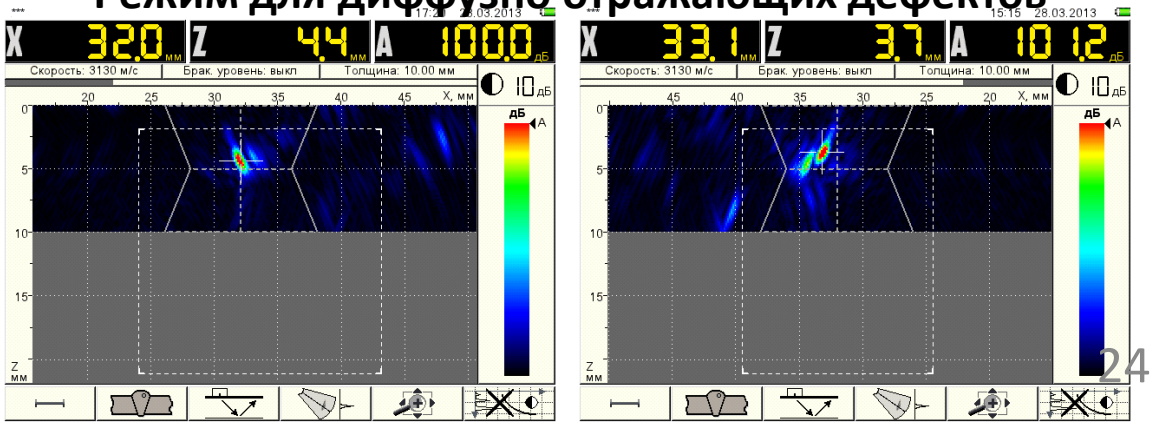
Акустическое изображение объемного дефекта



Режим для вертикальных трещин

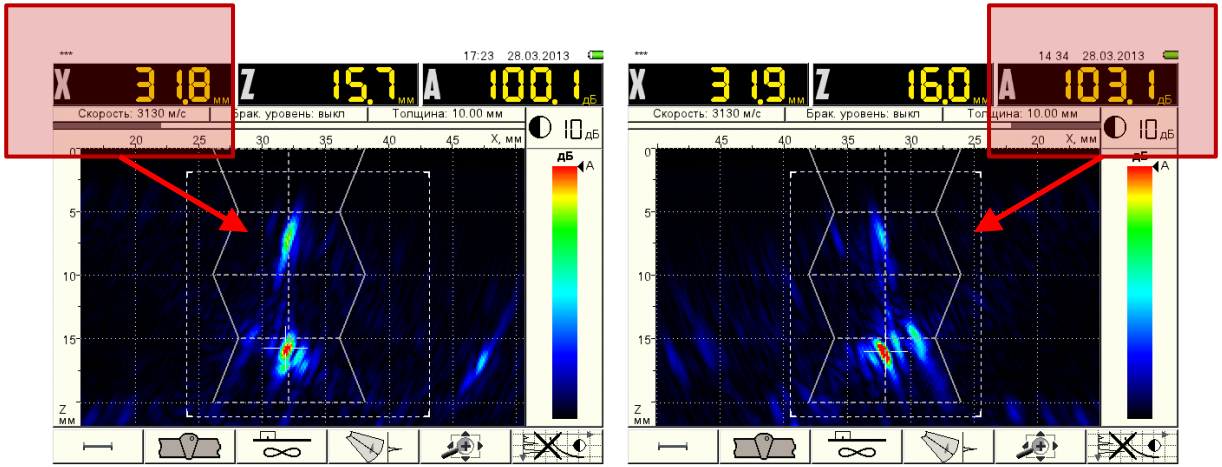


Режим для диффузно отражающих дефектов

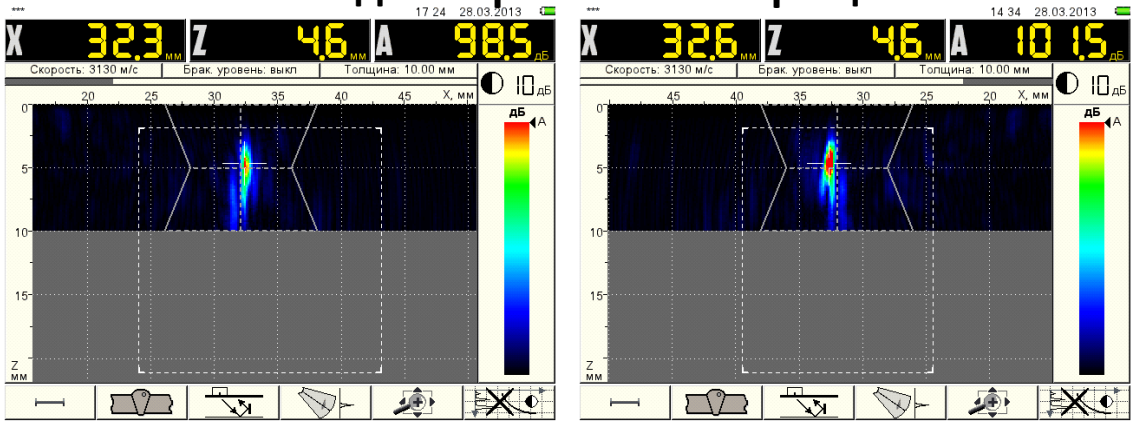


По результатам рентгеновского контроля обнаружена пора диаметром 2 мм на расстоянии 148 мм от начала точки сканирования. Проведен контроль с двух сторон сварного соединения.

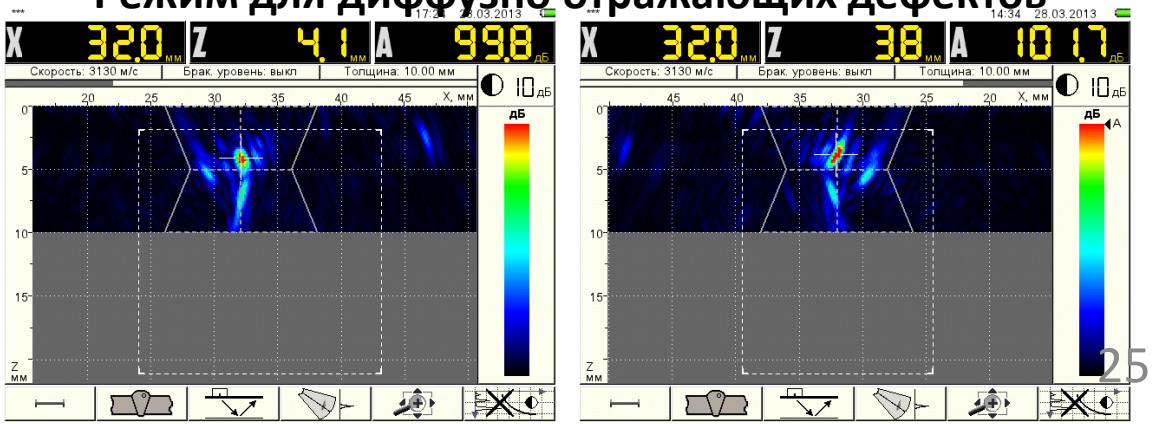
Акустическое изображение плоскостного дефекта



Режим для вертикальных трещин



Режим для диффузно отражающих дефектов



По результатам рентгеновского контроля не обнаружен дефект на расстоянии 95 мм от начала точки сканирования. Проведен контроль с двух сторон сварного соединения.

Основные результаты

- Получены акустические изображения отражателей типа «боковое цилиндрическое отверстие», «прорезь», «пропил», «засверловка», что позволило расширить возможности ультразвукового контроля по измерению фактических размеров отражателей (от 2 мм), а также расстояний между ними (от 1 мм)
- Высота отражателей типа «пропил», «засверловка», «прорезь» измеряется по расстоянию между фокусными пятнами от сигналов, полученных от начала отражателя и сигналов от дифракционного рассеяний на вершине
- По измерению расстояний между координатами амплитуд фокусных пятен эхо-сигналов на акустическом изображении определяется фактическая высота непровара в односторонних стыковых сварных соединениях.
- Протестирован на реальных сварных соединениях алгоритм обработки для получения «вертикальных отражателей»

Спасибо за внимание