



**МЕТОДИКА  
ОБНАРУЖЕНИЯ  
ТРЕЩИНОПОДОБНЫХ  
ДЕФЕКТОВ В  
ОКОЛОШОВНЫХ ЗОНАХ  
КОЛЬЦЕВЫХ СВАРНЫХ  
СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ВТД  
ТТ КС**



**Внутритрубный автономный  
роботизированный сканер-дефектоскоп**

**A2072 IntroScan**



Технологические трубопроводы КС



Трубопроводы узлов подключения



Перемычки трубопроводов



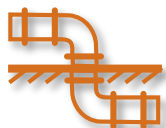
Локальные участки линейной части

## Условия эксплуатации объектов

## Условия проведения ВТД



Объекты «повышенной» опасности, развиваются дефекты КРН



Сложная конфигурация, подземное исполнение



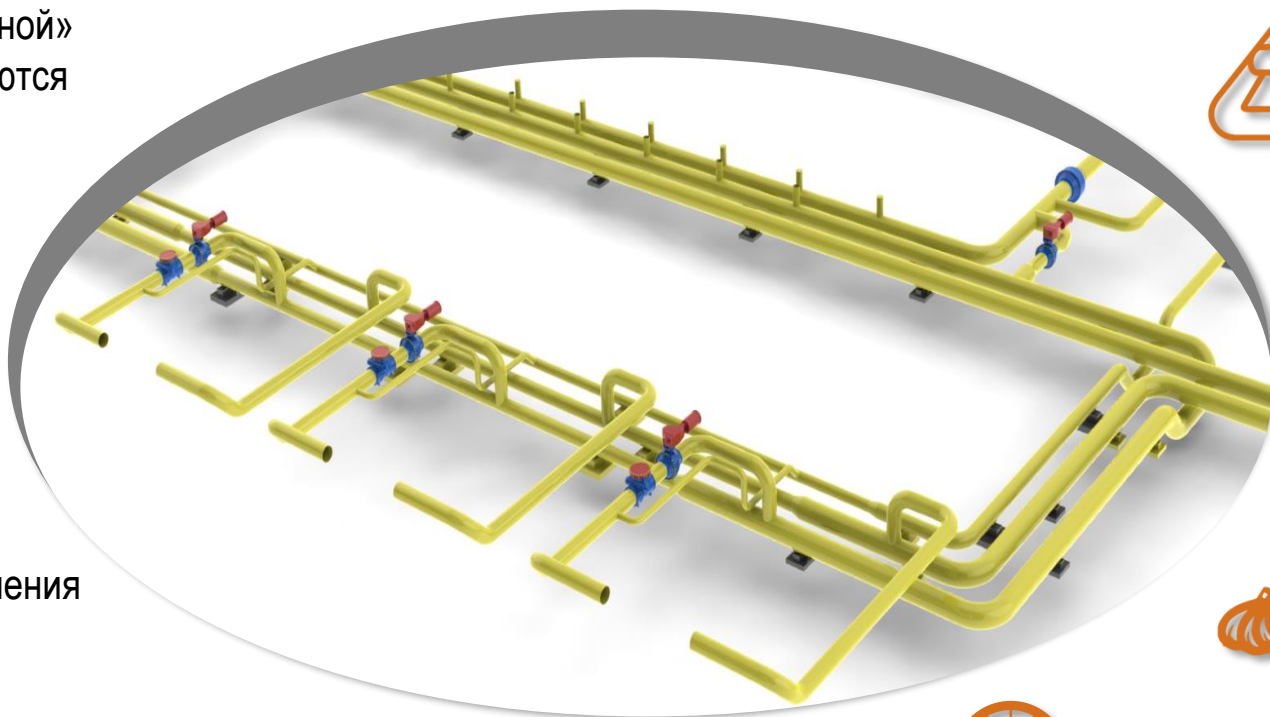
Широкий сортамент труб и СДТ  
Ду 400...1400 мм



Значительные загрязнения внутренней полости



Отсутствует инфраструктура для пропуска очистных устройств



ВТД без нарушения целостности трубопроводов



Загрузка сканера через тех. люки



ВТД на удалении до 1 км от места загрузки



ВТД без очистки внутренней полости



ВТД в короткий срок, в период планового останова объекта

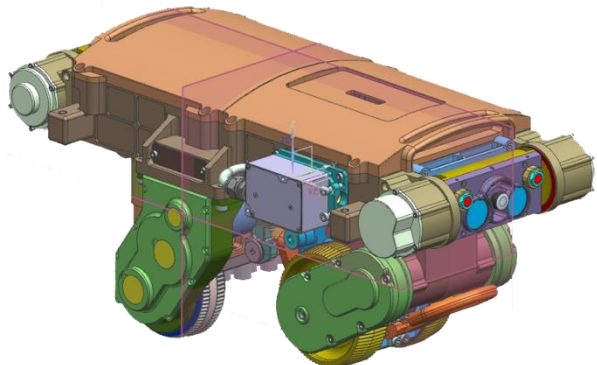


Наличие значительных загрязнений внутренней полости трубопроводов, **препятствующие проведению обследования** существующими средствами внутритрубной диагностики. Также, наличие агрессивной среды внутри трубы (органических кислот и пр.), приводит к образованию на внутренних поверхностях труб твердого слоя отложений, имеющего высокую адгезию к поверхности элементов, препятствующего очистке труб с применением штатных средств (поршни, скребки и пр.).

Присутствуют посторонние предметы, **ограничивающие применение штатных средств очистки** – поршни, скребки, распорные механизированные комплексы.



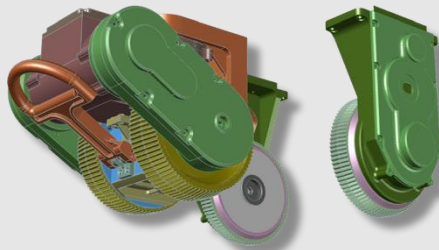
## A2072 IntroScan v.3.7



Технические условия  
АПМШ.442468.004 ТУ

Транспортный модуль

Технические условия  
АПМШ.442562.005 ТУ



Малогабаритная транспортная платформа на магнитных колесах (тип – трицикл)



Аккумуляторное питание (10 / 20 часов работы)



Встроенные следящие системы

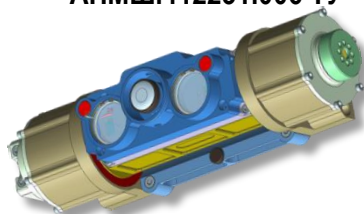


Управление и получение данных по радио-каналу

TM 3.005

Оптический модуль

Технические условия  
АПМШ.412231.006 ТУ



Оценка размеров дефектов основного металла в плоскости изображения (+/- 1,0 мм)



Оценка размеров дефектов сварного соединения в плоскости изображения (+/- 1,0 мм)



Интегрированный датчик измерения объемной концентрации метана

OM 4.002

Лазер.мод.

Технические условия  
ТУ 26.51.66-020-72884111-2018



Оценка высоты/глубины дефектов основного металла (+/- 0,5 мм)

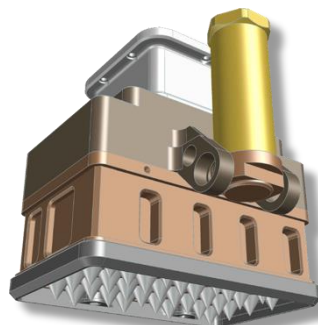


Оценка высоты/глубины дефектов сварного соединения (+/- 0,5 мм)

LS2D

Акустический модуль

Технические условия  
АПМШ.412233.007 ТУ



«Индикаторный» контроль основного металла (60 кГц, чувств. 15% от толщины)



«Оценочный» контроль сварных соединений (60 кГц, чувств. 40% от толщины)

Допроверочный контроль основного металла (300 кГц, чувств. 10% от толщины)

«Индикаторный» контроль сварных соединений (300 кГц, чувств. 20% от толщины)



Толщинометрия основного металла (от 10 до 40 мм)



Интегральный контроль отслоения изоляционного покрытия

M8402



ВТД без нарушения целостности трубопроводов (загрузка через тех.люки Ду 400 мм тех.отверстия 350\*300 мм)



ВТД без дополнительных очистных мероприятий (загрязнения до 5 мм под AP)



Контроль труб и СДТ (отводов, тройников, переходов) (Ду 400-1400 мм)



Контроль на удалении до 2000 м от места загрузки СД (до 1000 м при УЗ - производительность 18 м/ч)



Акустическая измерительная система на датчиках с сухим точечным контактом (НЧ и СЧ)



Лазерно-оптическая измерительная система




АУЗК низкочастотный режим 60 кГц



АУЗК среднечастотный режим 300 кГц



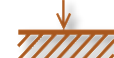


Функции АУЗК

-  «Индикаторный» контроль основного металла (60 кГц, чувствительность контроля - 15% от толщины)  
**Локализация УЗ-аномалий**
-  «Оценочный» контроль сварных соединений (60 кГц, чувствительность контроля - 40% от толщины)
-  Интегральный качественный контроль отслоения изоляционного покрытия

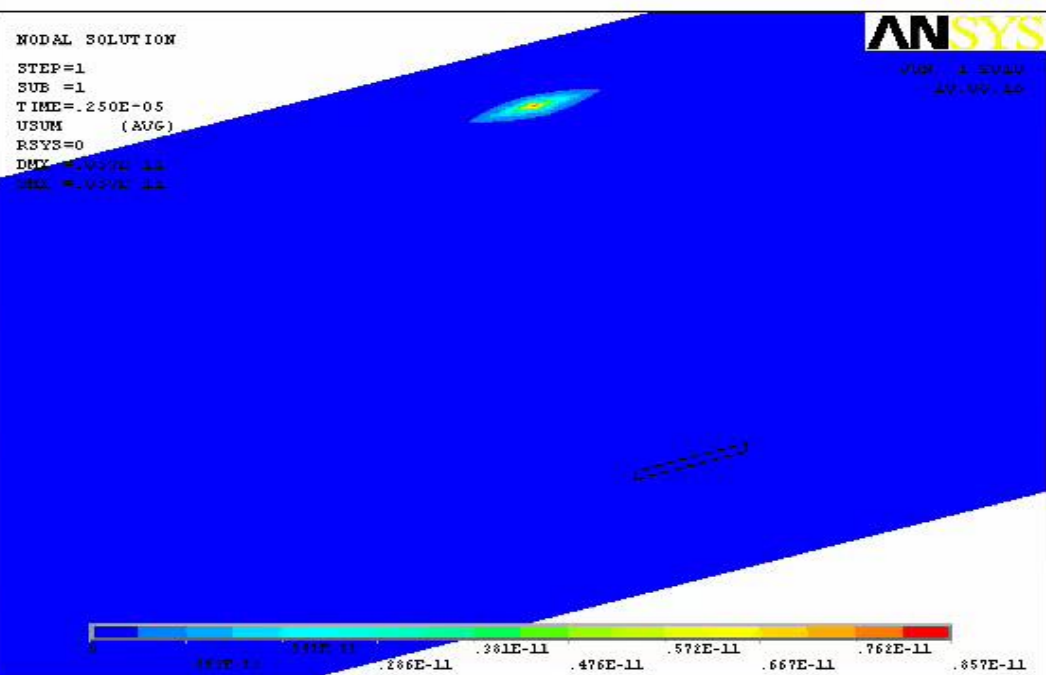
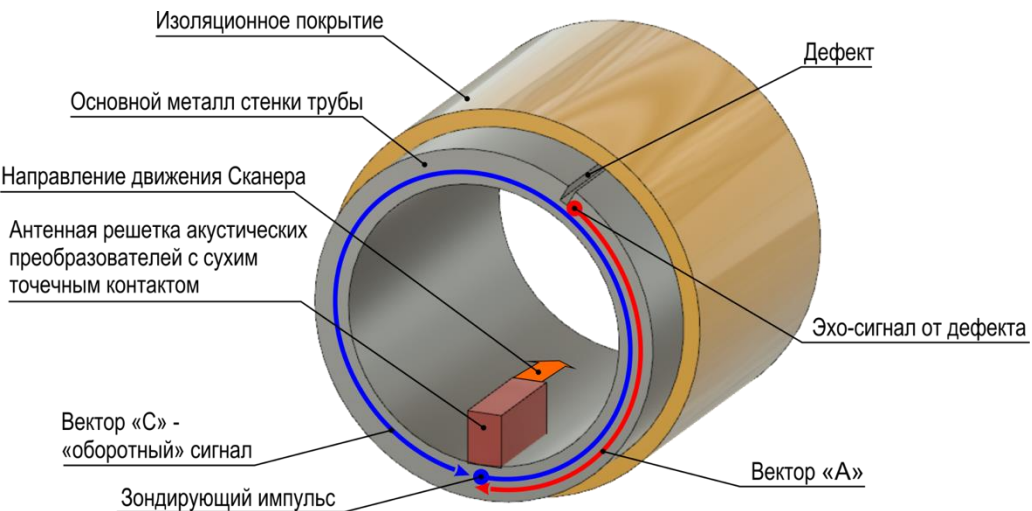
**Дальность контроля от АР СТКП - 2 ... 4 м**

Функции АУЗК

-  Допроверочный контроль основного металла (300 кГц, чувствительность контроля - 10% от толщины)  
**Оценка типа УЗ-аномалии, ранжирование их по глубине**
-  «Индикаторный» контроль сварных соединений (300 кГц, чувствительность контроля - 20% от толщины)
-  Толщинометрия основного металла (от 10 до 40 мм)

**Дальность контроля от АР СТКП – 0,5 ... 1 м**

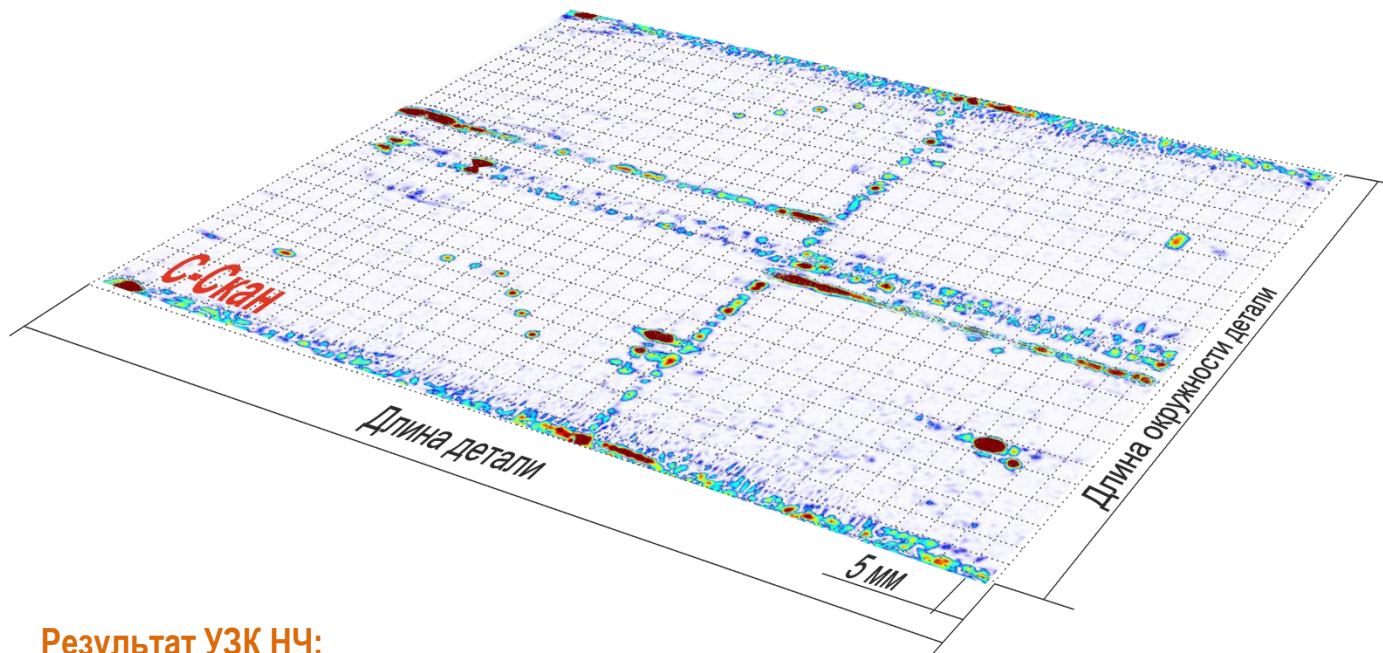
## Схема формирования С-скана при низкочастотном режиме контроля



### Функции АУЗК

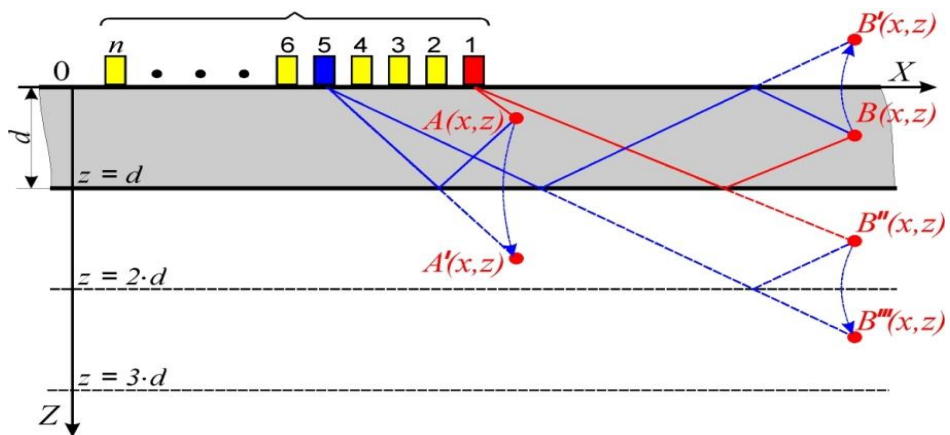
- «Индикаторный» контроль основного металла (60 кГц, чувствительность контроля - 15% от толщины)  
**Локализация УЗ-аномалий**
- «Оценочный» контроль сварных соединений (60 кГц, чувствительность контроля - 40% от толщины)
- Интегральный контроль отслоения изоляционного покрытия

### Результат АУЗК



**Результат УЗК НЧ:**  
Дефектограмма - двумерное распределение аномальности основного металла деталей трубопроводов, отображаемое в виде матричного представления развернутой на плоскости всей поверхности детали с фиксируемой в локальных точках количественной характеристики степени аномальности

Схема формирования В-скана при среднечастотном режиме контроля



Функции



Допроверочный контроль основного металла  
(300 кГц, чувствительность контроля - 10% от толщины)

**Оценка типа УЗ-аномалии, ранжирование по глубине**

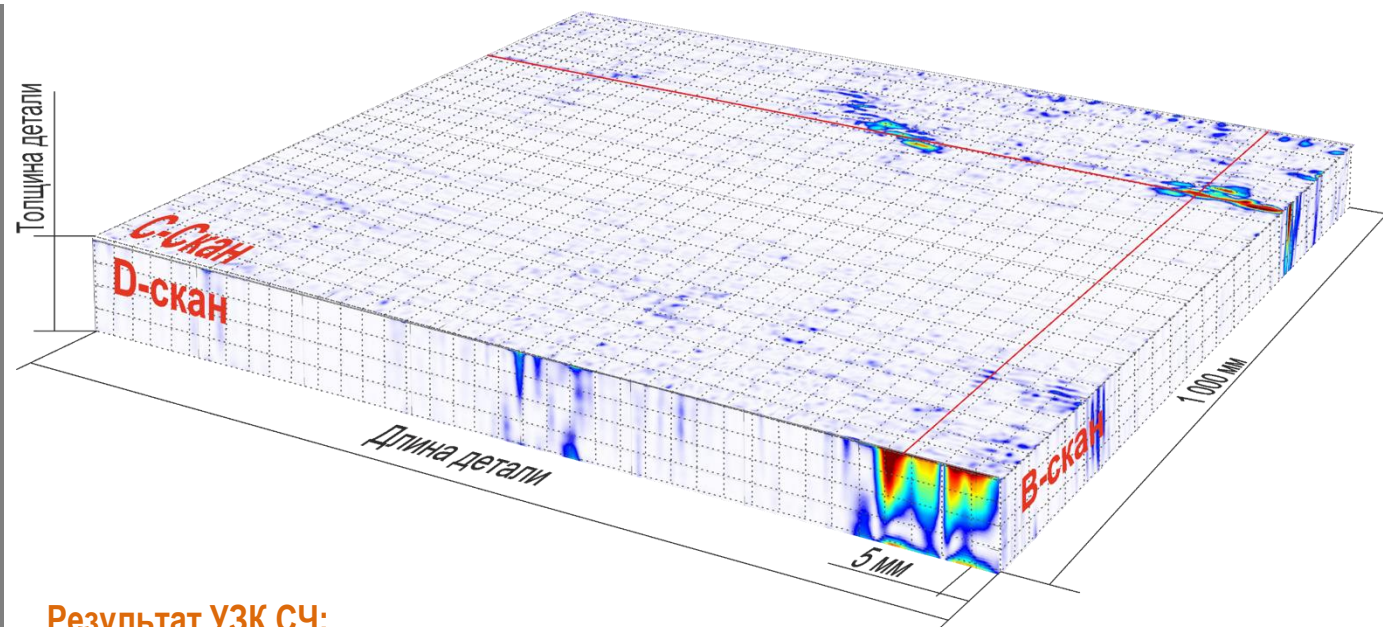


«Индикаторный» контроль сварных соединений  
(300 кГц, чувствительность контроля - 20% от толщины)



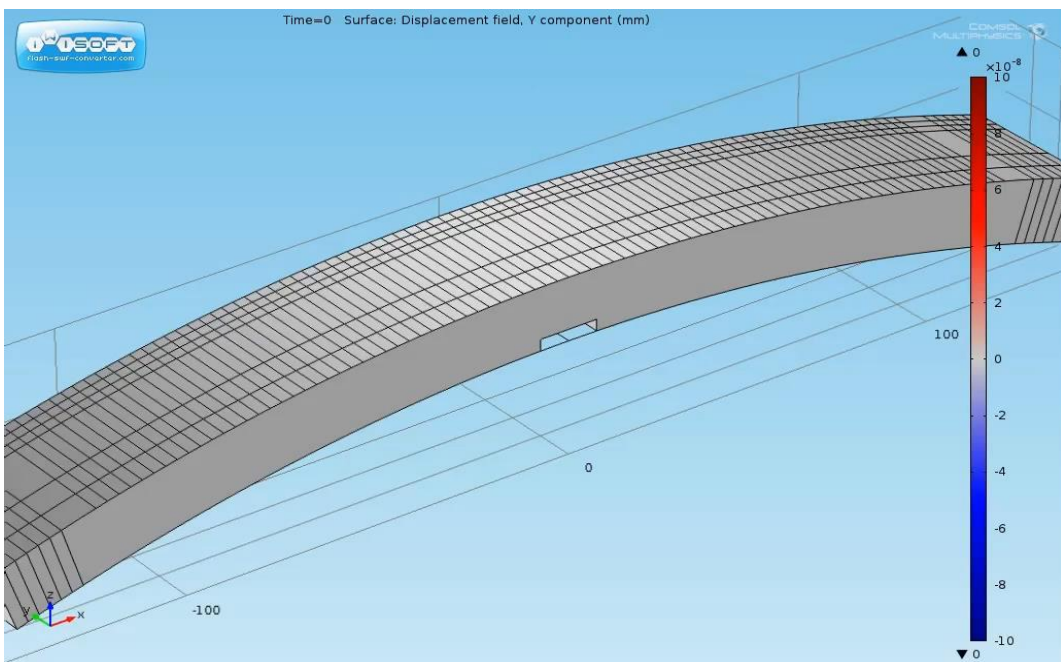
Толщинометрия основного металла  
(от 10 до 40 мм)

Результат



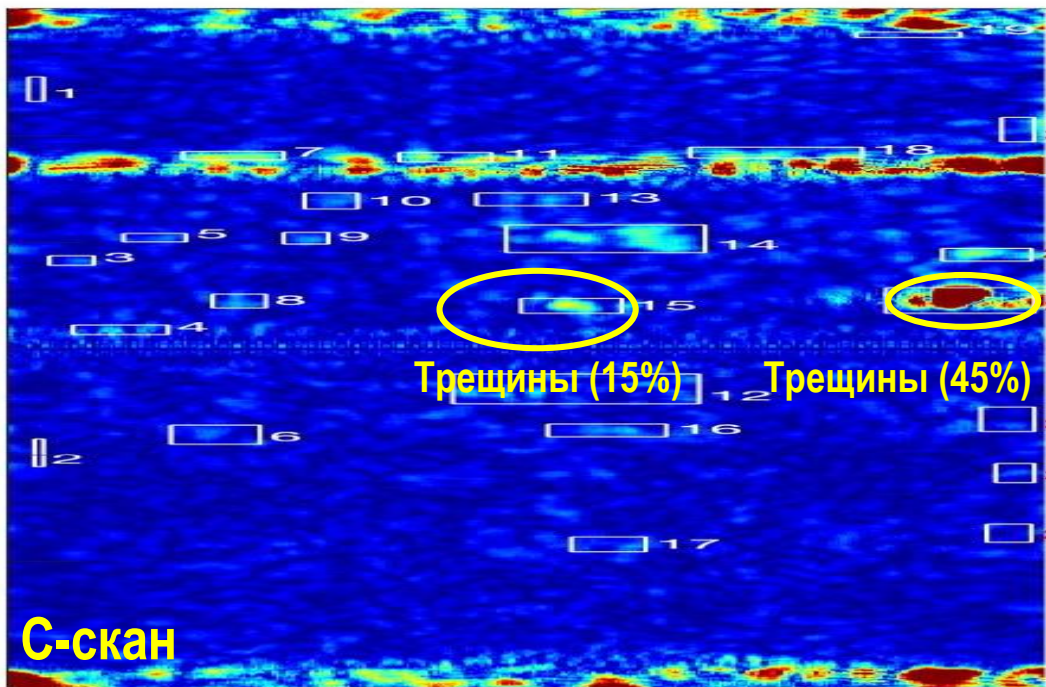
**Результат УЗК СЧ:**

Сканограмма - трехмерное распределение аномальности основного металла деталей трубопроводов, отображаемое в виде матричного представления развернутой на плоскости локального участка поверхности детали с фиксируемой в локальных сечениях, перпендикулярных к поверхности, количественных характеристик степени аномальности





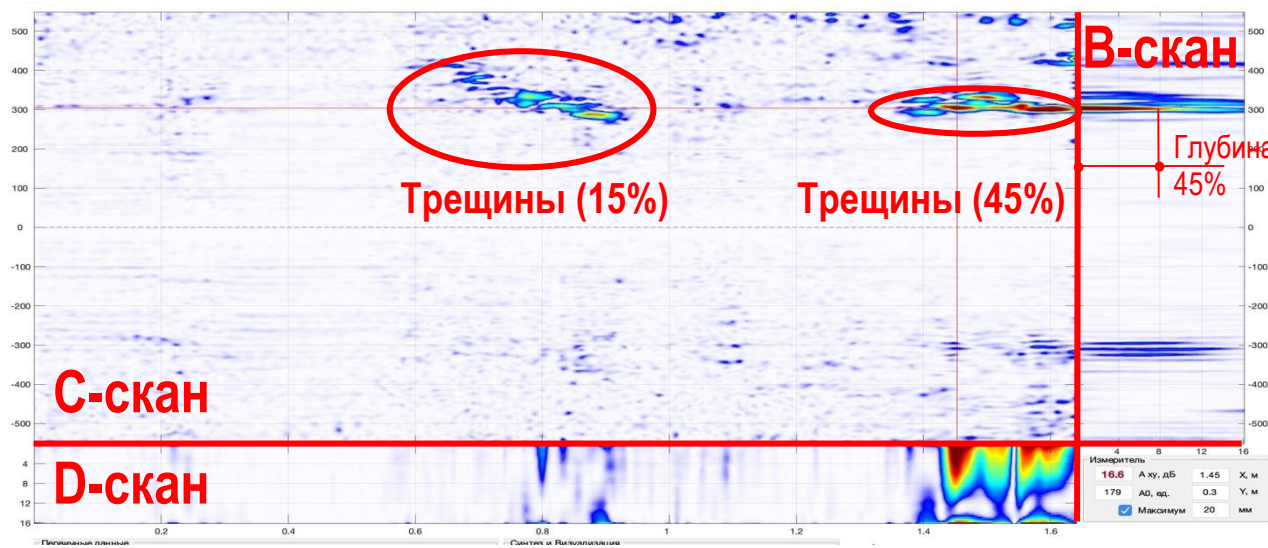
60 кГц (С-скан)



Локализация дефекта

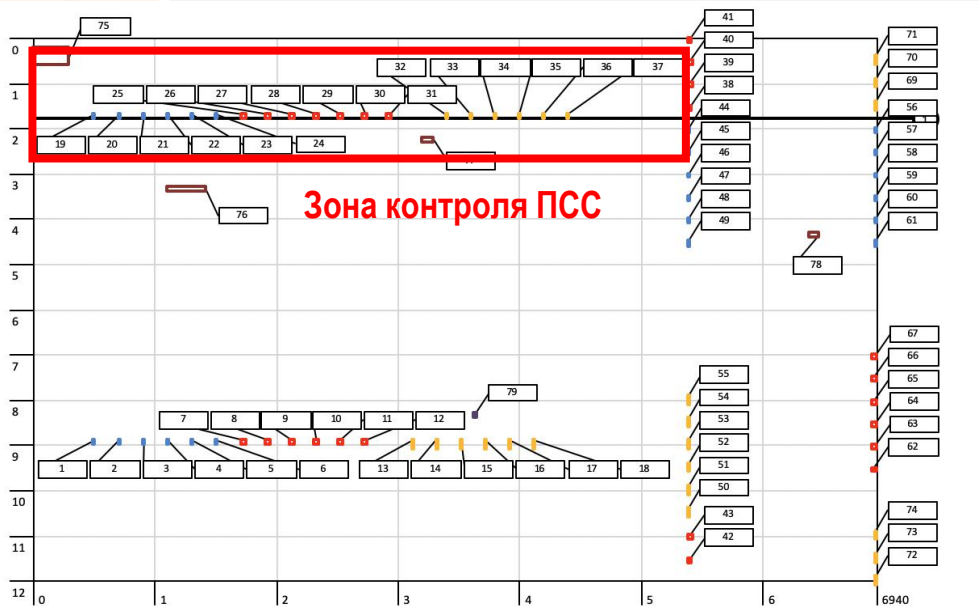


300 кГц (С-, В-, D-скан)



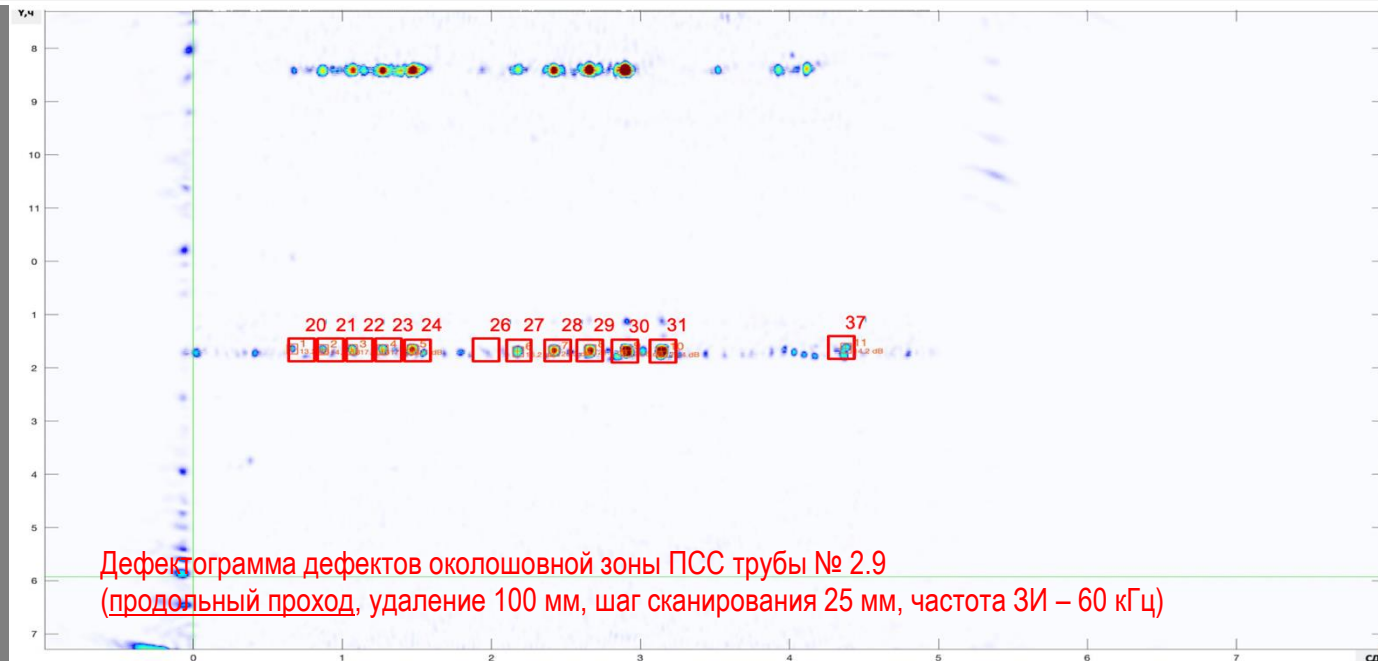
Оценка типа и глубины





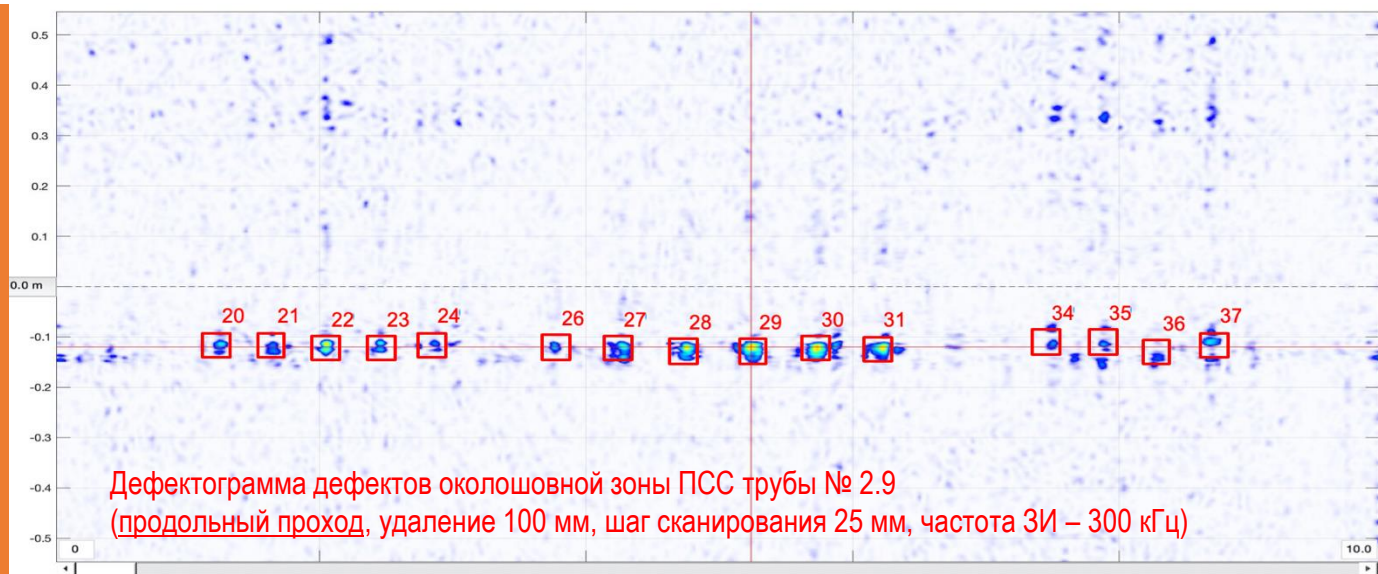
- |   |   |
|---|---|
| Царапина глубиной 9% от толщины стенки              | Зона продольных трещин глубиной менее 10% от толщины стенки |
| 19 сверление глубиной 3% от толщины стенки          | 61 сверление глубиной 3% от толщины стенки                  |
| 20 сверление глубиной 11% от толщины стенки         | 60 сверление глубиной 12% от толщины стенки                 |
| 21 сверление глубиной 15% от толщины стенки         | 59 сверление глубиной 19% от толщины стенки                 |
| 22 сверление глубиной 22% от толщины стенки         | 58 сверление глубиной 40% от толщины стенки                 |
| 23 сверление глубиной 39% от толщины стенки         | 57 сверление глубиной 46% от толщины стенки                 |
| 24 сверление глубиной 62% от толщины стенки         | 56 сверление глубиной 54% от толщины стенки                 |
| 25 продольный пропил глубиной 6% от толщины стенки  | 67 продольный пропил глубиной 6% от толщины стенки          |
| 26 продольный пропил глубиной 15% от толщины стенки | 66 продольный пропил глубиной 14% от толщины стенки         |
| 27 продольный пропил глубиной 24% от толщины стенки | 65 продольный пропил глубиной 26% от толщины стенки         |
| 28 продольный пропил глубиной 36% от толщины стенки | 64 продольный пропил глубиной 35% от толщины стенки         |
| 29 продольный пропил глубиной 42% от толщины стенки | 63 продольный пропил глубиной 44% от толщины стенки         |
| 30 продольный пропил глубиной 61% от толщины стенки | 62 продольный пропил глубиной 53% от толщины стенки         |
| 31 продольный пропил глубиной 51% от толщины стенки |   |
| 32 Поперечный пропил глубиной 4% от толщины стенки  | 69 Поперечный пропил глубиной 60% от толщины стенки         |
| 33 Поперечный пропил глубиной 15% от толщины стенки | 70 Поперечный пропил глубиной 46% от толщины стенки         |
| 34 Поперечный пропил глубиной 25% от толщины стенки | 71 Поперечный пропил глубиной 25% от толщины стенки         |
| 35 Поперечный пропил глубиной 38% от толщины стенки | 72 Поперечный пропил глубиной 34% от толщины стенки         |
| 36 Поперечный пропил глубиной 45% от толщины стенки | 73 Поперечный пропил глубиной 54% от толщины стенки         |
| 37 Поперечный пропил глубиной 56% от толщины стенки | 74 Поперечный пропил глубиной 17% от толщины стенки         |

60 кГц (С-скан)



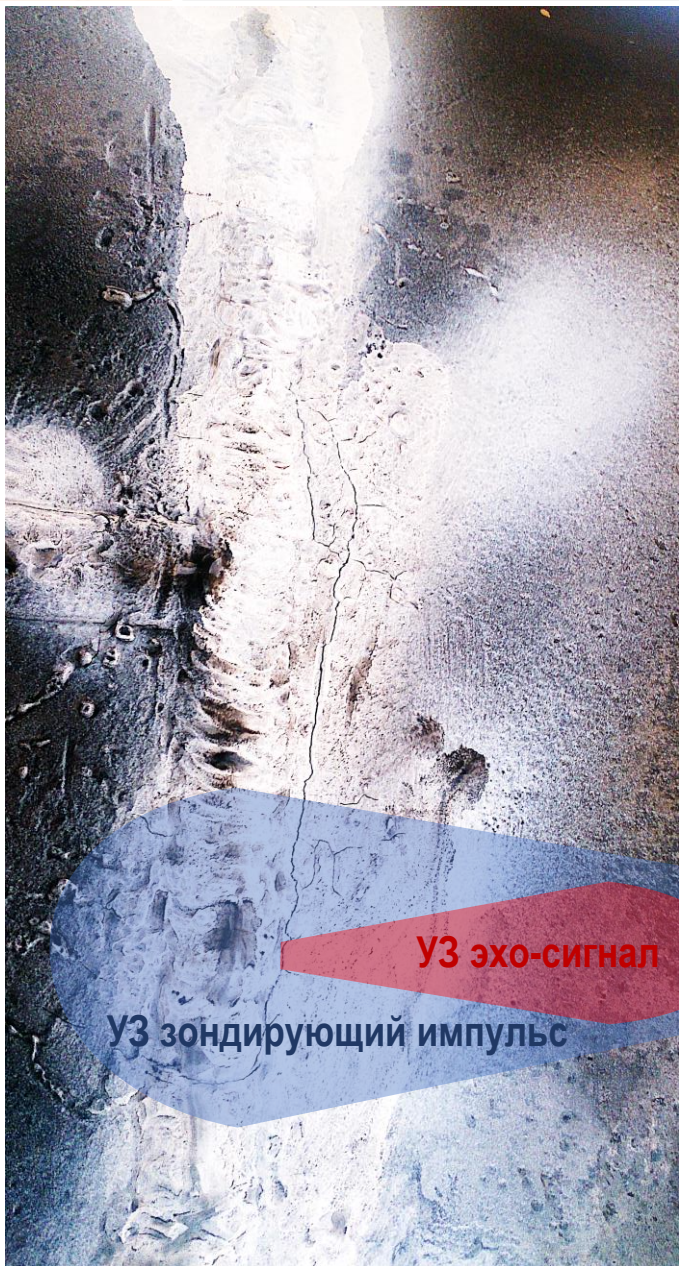
Дефектограмма дефектов околошовной зоны ПСС трубы № 2.9  
(продольный проход, удаление 100 мм, шаг сканирования 25 мм, частота ЗИ – 60 кГц)

300 кГц (С-, В-, D-скан)



Дефектограмма дефектов околошовной зоны ПСС трубы № 2.9  
(продольный проход, удаление 100 мм, шаг сканирования 25 мм, частота ЗИ – 300 кГц)

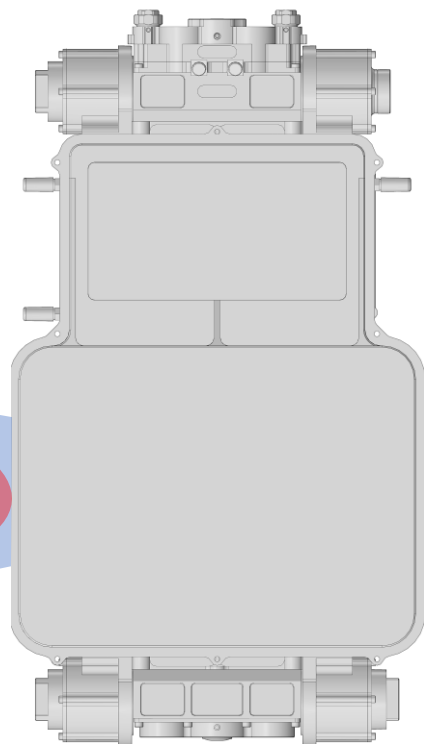
Ориентация трещин **вдоль** КСС



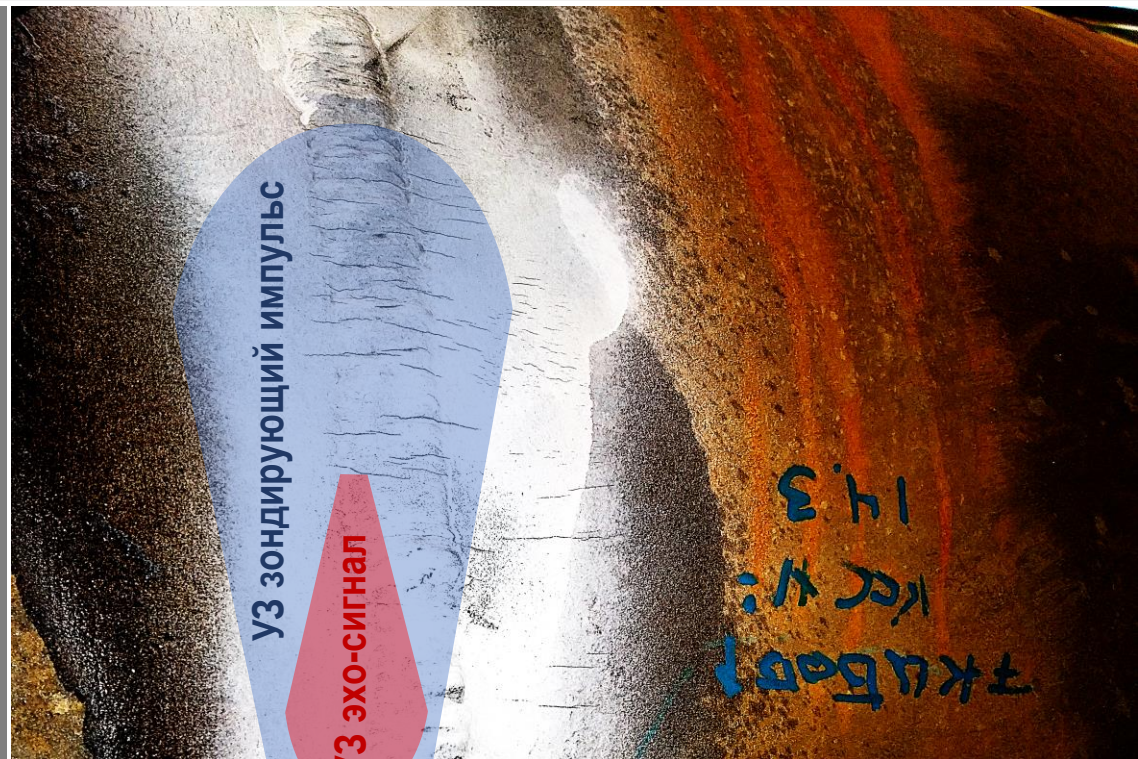
Кольцевое сканирование



Продольное прозвучивание



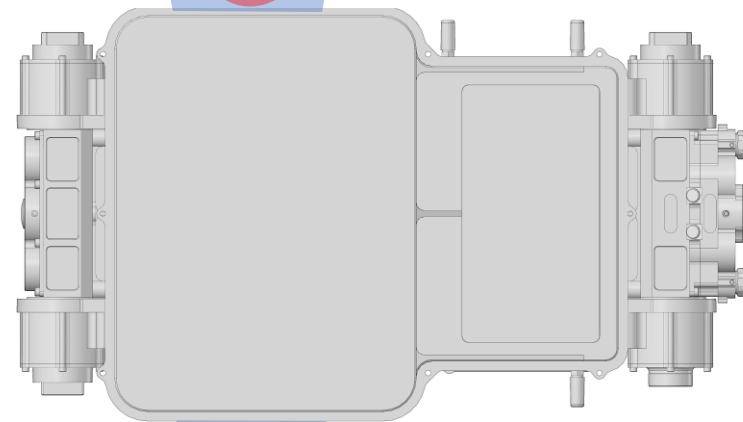
Ориентация трещин **поперек** КСС

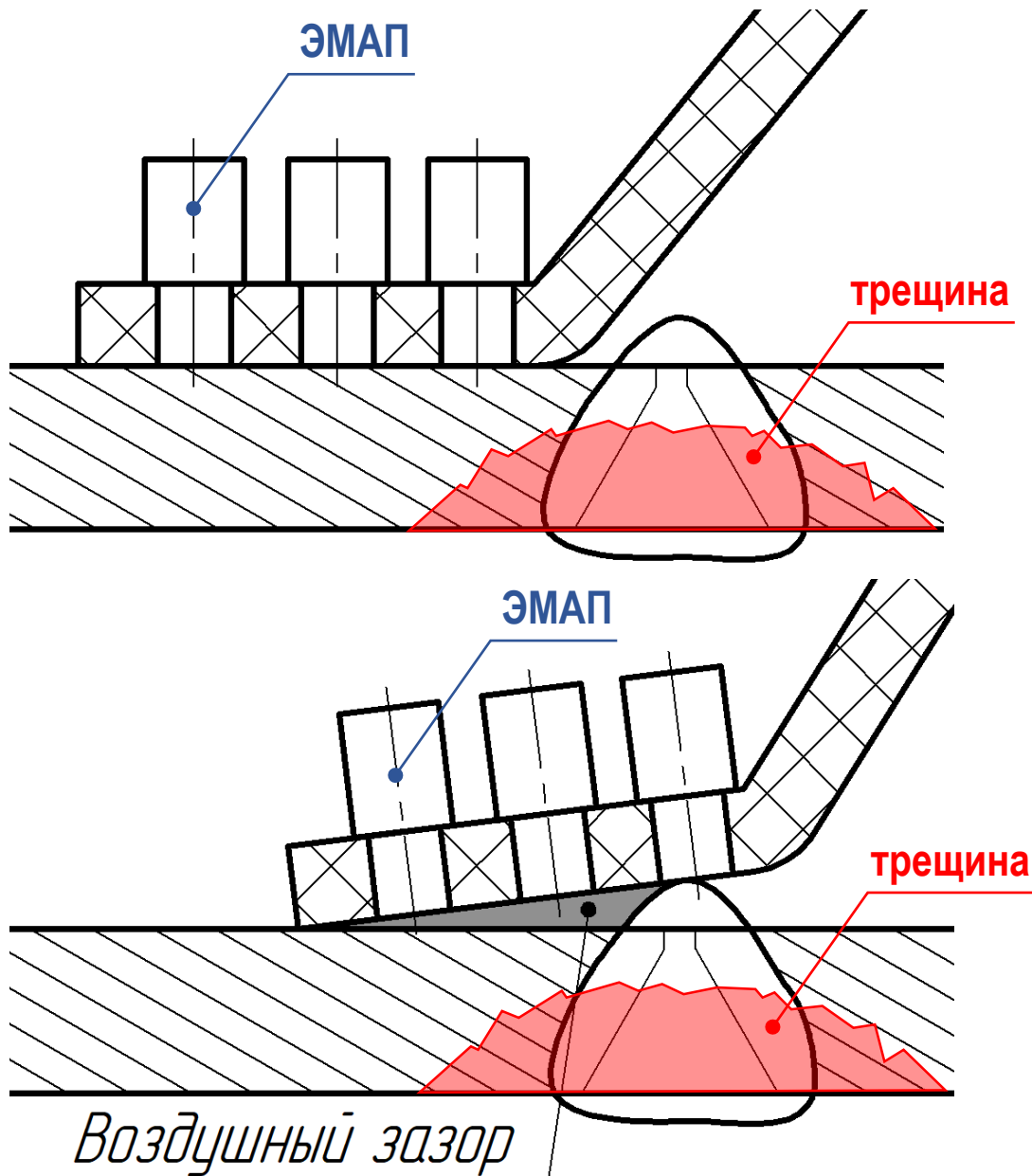


Продольное сканирование

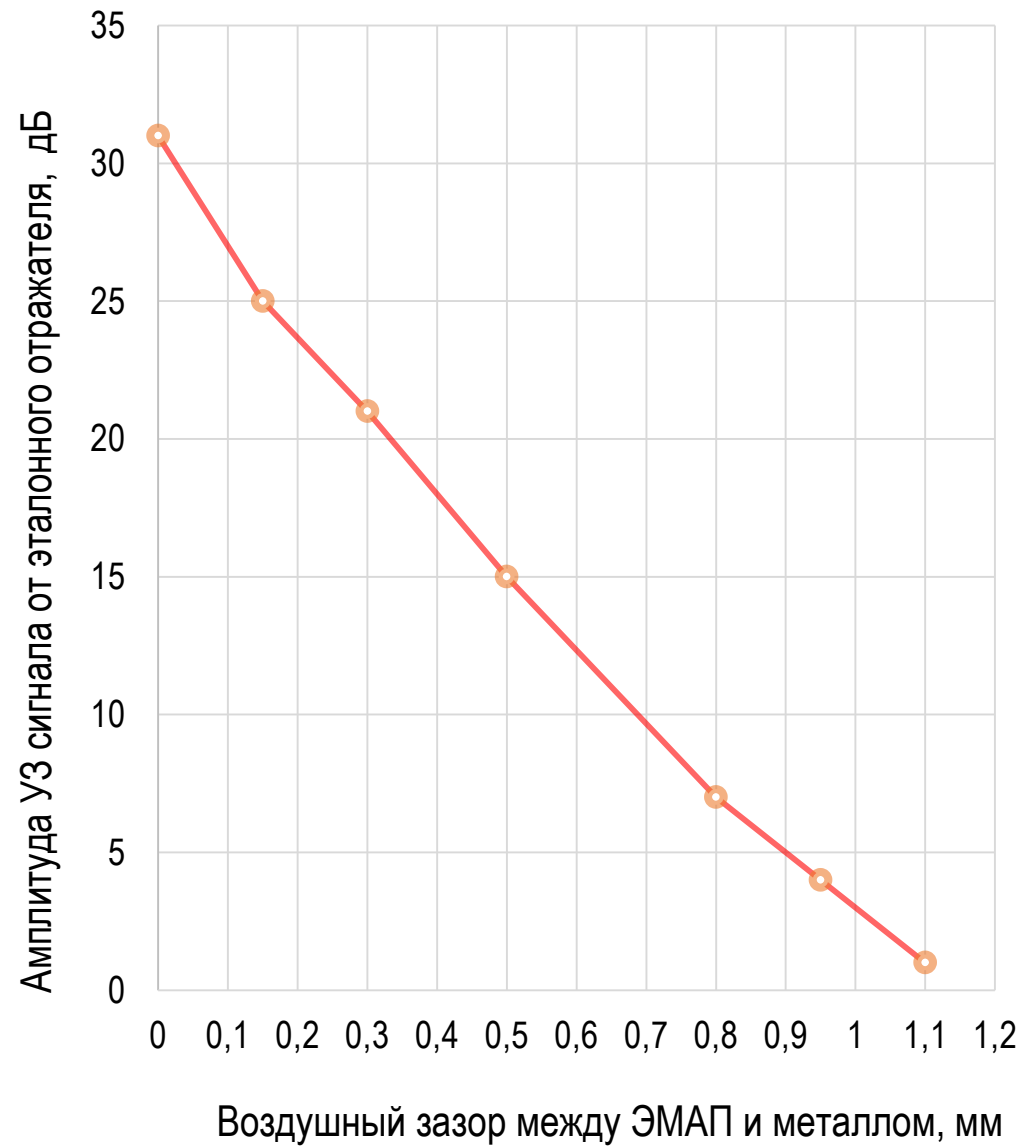


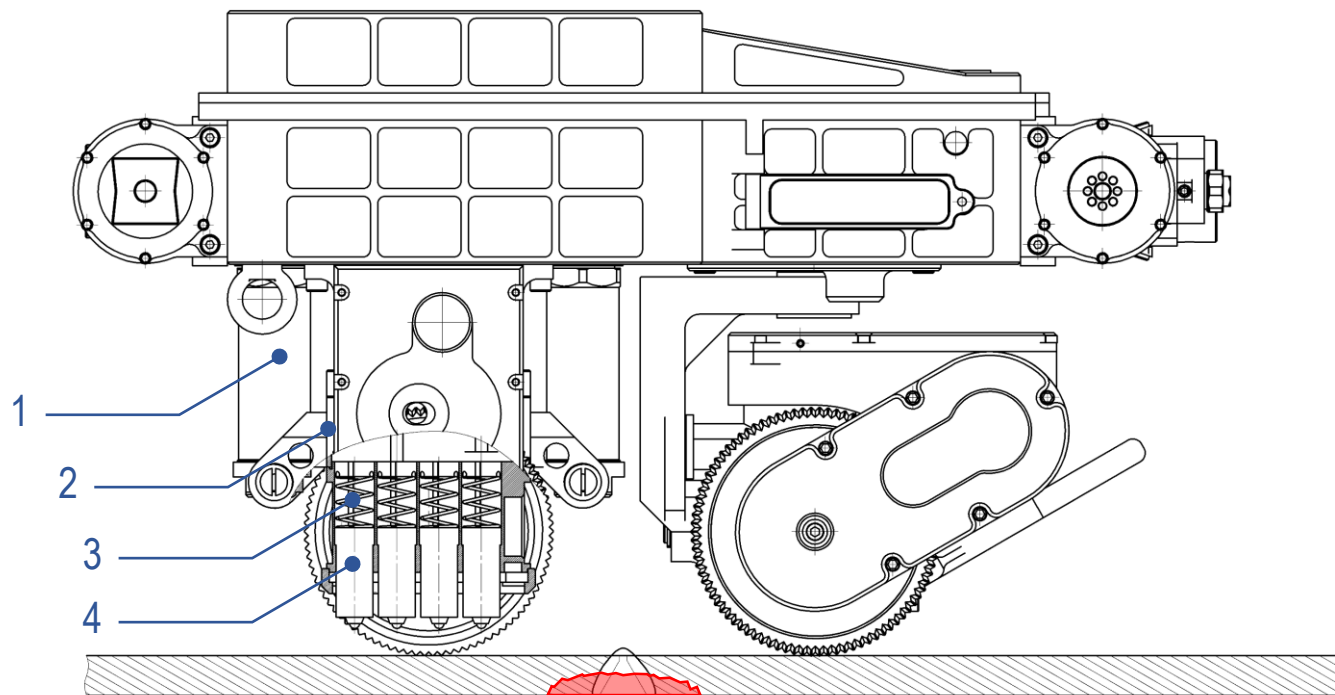
Кольцевое прозвучивание





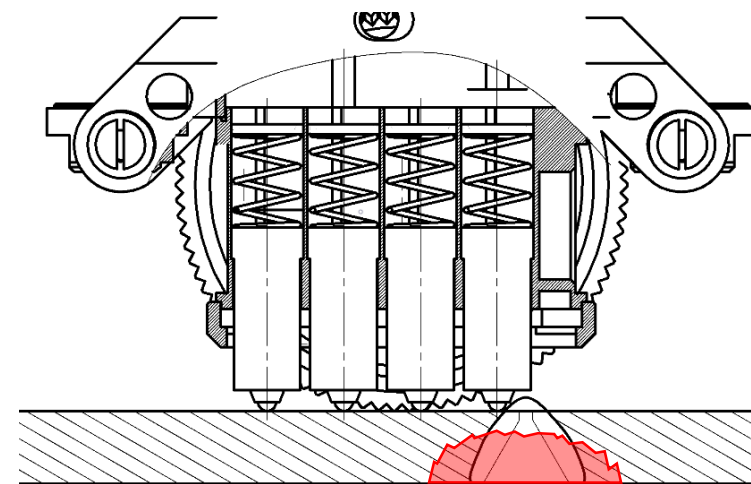
Зависимость амплитуды УЗ-сигнала от величины зазора ЭМАП



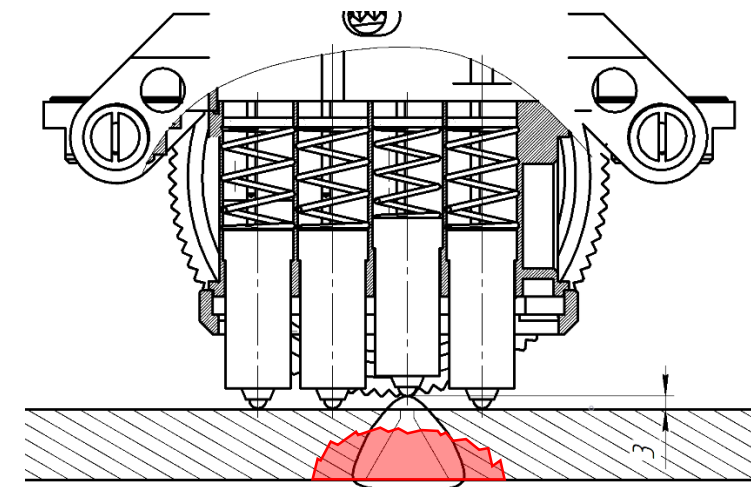


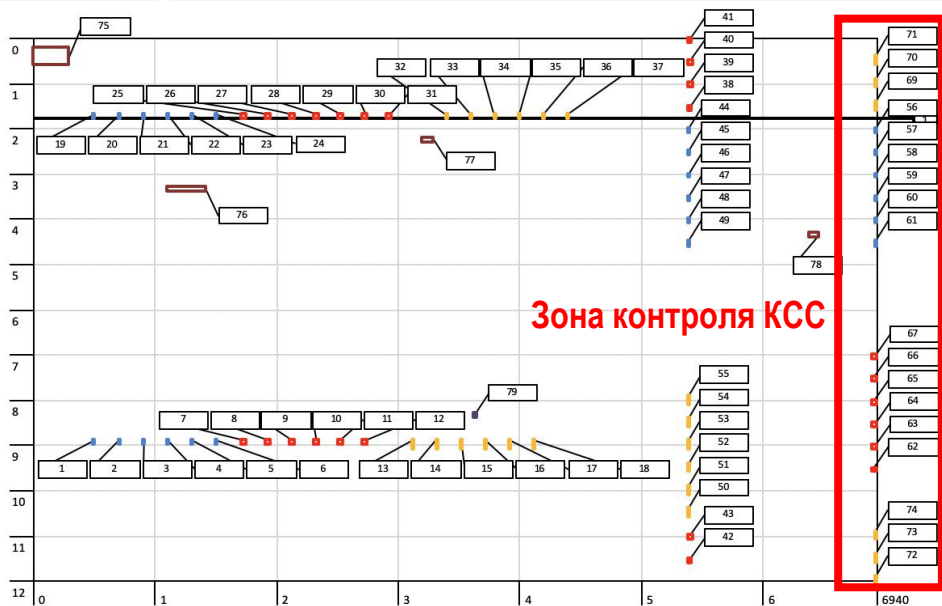
- 1 – Позиционный актуатор;
- 2 – Антенная решетка;
- 3 – Индивидуальный пружинный адаптер;
- 4 – Датчик СТКП

Сканирование в режиме «скольжение»



Сканирование в пошаговом режиме

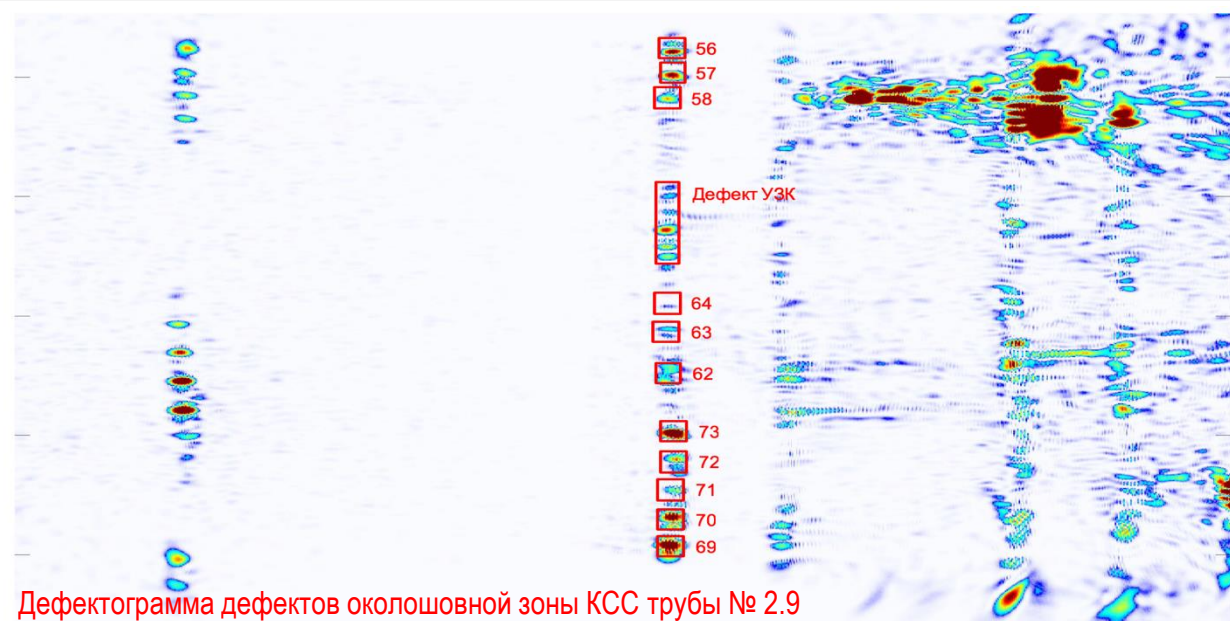
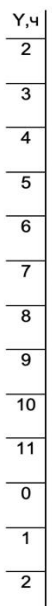
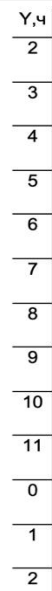




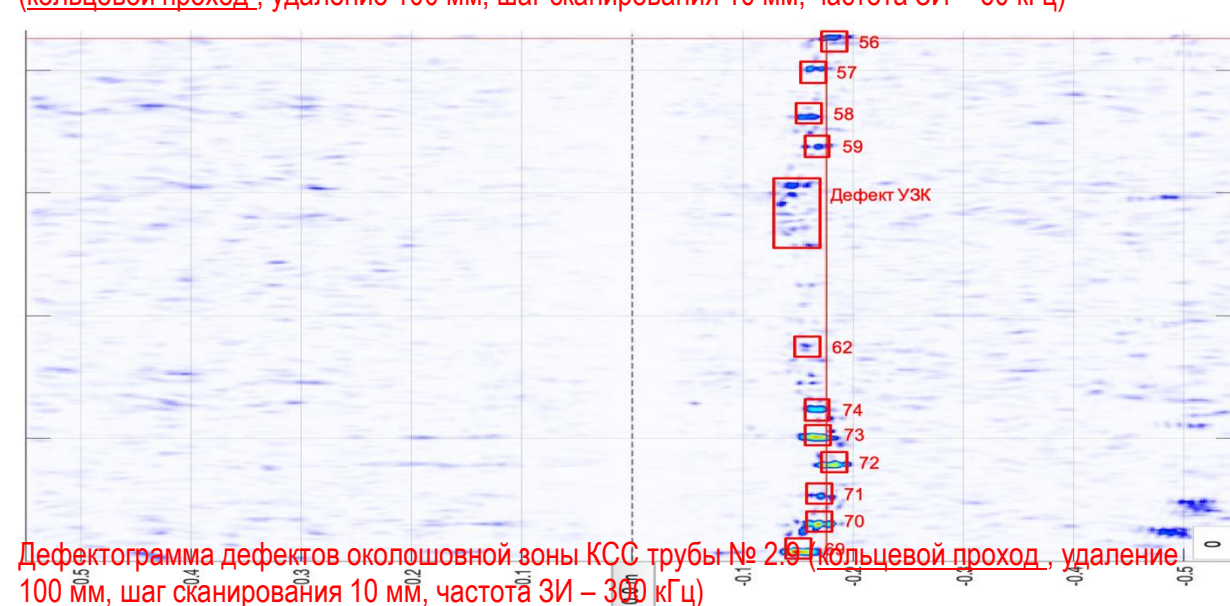
60 кГц (С-скан)

300 кГц (С-, В-, D-скан)

- |   |   |
|---|---|
| Царапина глубиной 9% от толщины стенки              | Зона продольных трещин глубиной менее 10% от толщины стенки |
| 19 сверление глубиной 3% от толщины стенки          | 61 сверление глубиной 3% от толщины стенки                  |
| 20 сверление глубиной 11% от толщины стенки         | 60 сверление глубиной 12% от толщины стенки                 |
| 21 сверление глубиной 15% от толщины стенки         | 59 сверление глубиной 19% от толщины стенки                 |
| 22 сверление глубиной 22% от толщины стенки         | 58 сверление глубиной 40% от толщины стенки                 |
| 23 сверление глубиной 39% от толщины стенки         | 57 сверление глубиной 46% от толщины стенки                 |
| 24 сверление глубиной 62% от толщины стенки         | 56 сверление глубиной 54% от толщины стенки                 |
| 25 продольный пропил глубиной 6% от толщины стенки  | 67 продольный пропил глубиной 6% от толщины стенки          |
| 26 продольный пропил глубиной 15% от толщины стенки | 66 продольный пропил глубиной 14% от толщины стенки         |
| 27 продольный пропил глубиной 24% от толщины стенки | 65 продольный пропил глубиной 26% от толщины стенки         |
| 28 продольный пропил глубиной 36% от толщины стенки | 64 продольный пропил глубиной 35% от толщины стенки         |
| 29 продольный пропил глубиной 42% от толщины стенки | 63 продольный пропил глубиной 44% от толщины стенки         |
| 30 продольный пропил глубиной 61% от толщины стенки | 62 продольный пропил глубиной 53% от толщины стенки         |
| 31 продольный пропил глубиной 51% от толщины стенки |   |
| 32 Поперечный пропил глубиной 4% от толщины стенки  | 69 Поперечный пропил глубиной 60% от толщины стенки         |
| 33 Поперечный пропил глубиной 15% от толщины стенки | 70 Поперечный пропил глубиной 46% от толщины стенки         |
| 34 Поперечный пропил глубиной 25% от толщины стенки | 71 Поперечный пропил глубиной 25% от толщины стенки         |
| 35 Поперечный пропил глубиной 38% от толщины стенки | 72 Поперечный пропил глубиной 34% от толщины стенки         |
| 36 Поперечный пропил глубиной 45% от толщины стенки | 73 Поперечный пропил глубиной 54% от толщины стенки         |
| 37 Поперечный пропил глубиной 56% от толщины стенки | 74 Поперечный пропил глубиной 17% от толщины стенки         |



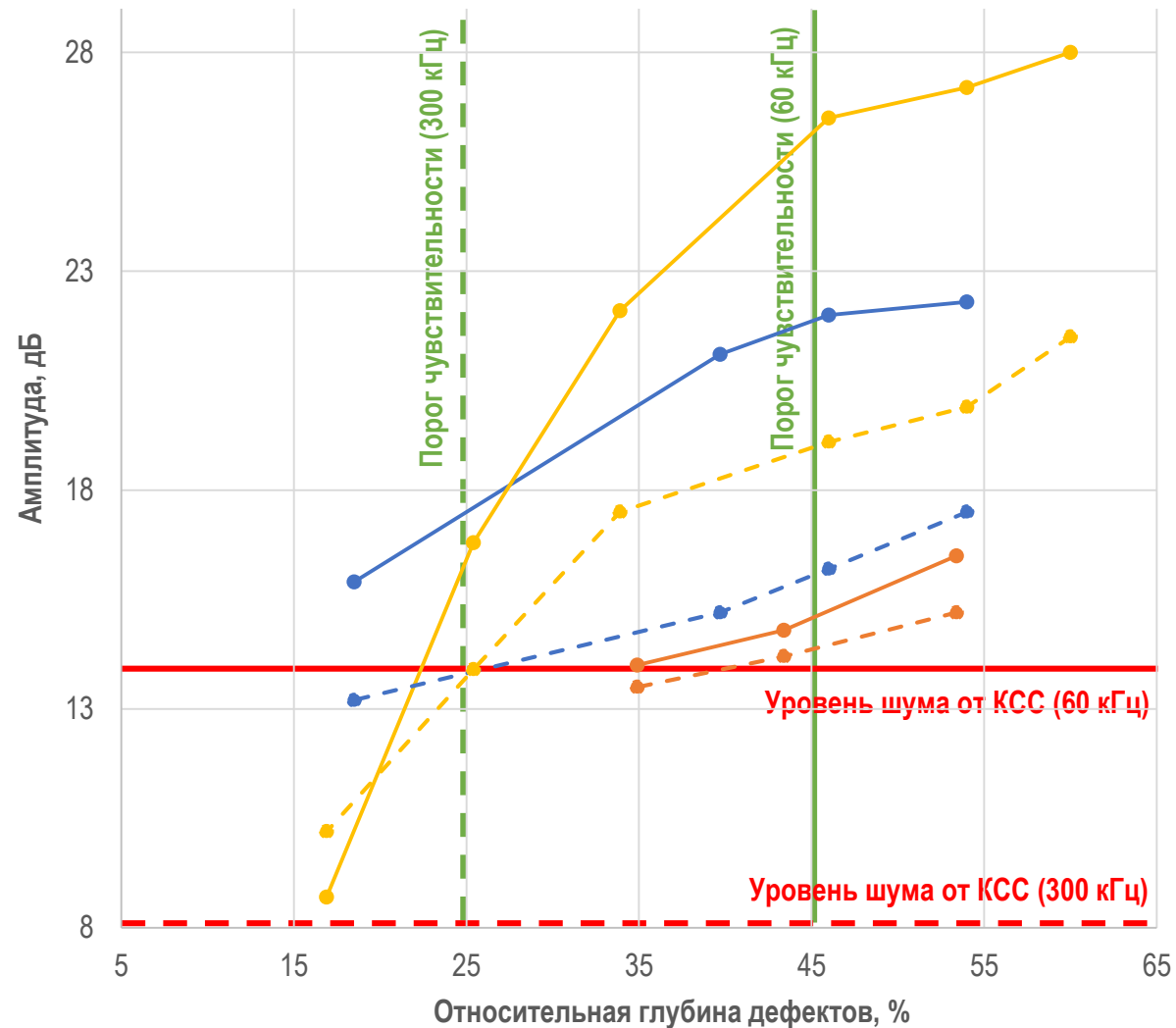
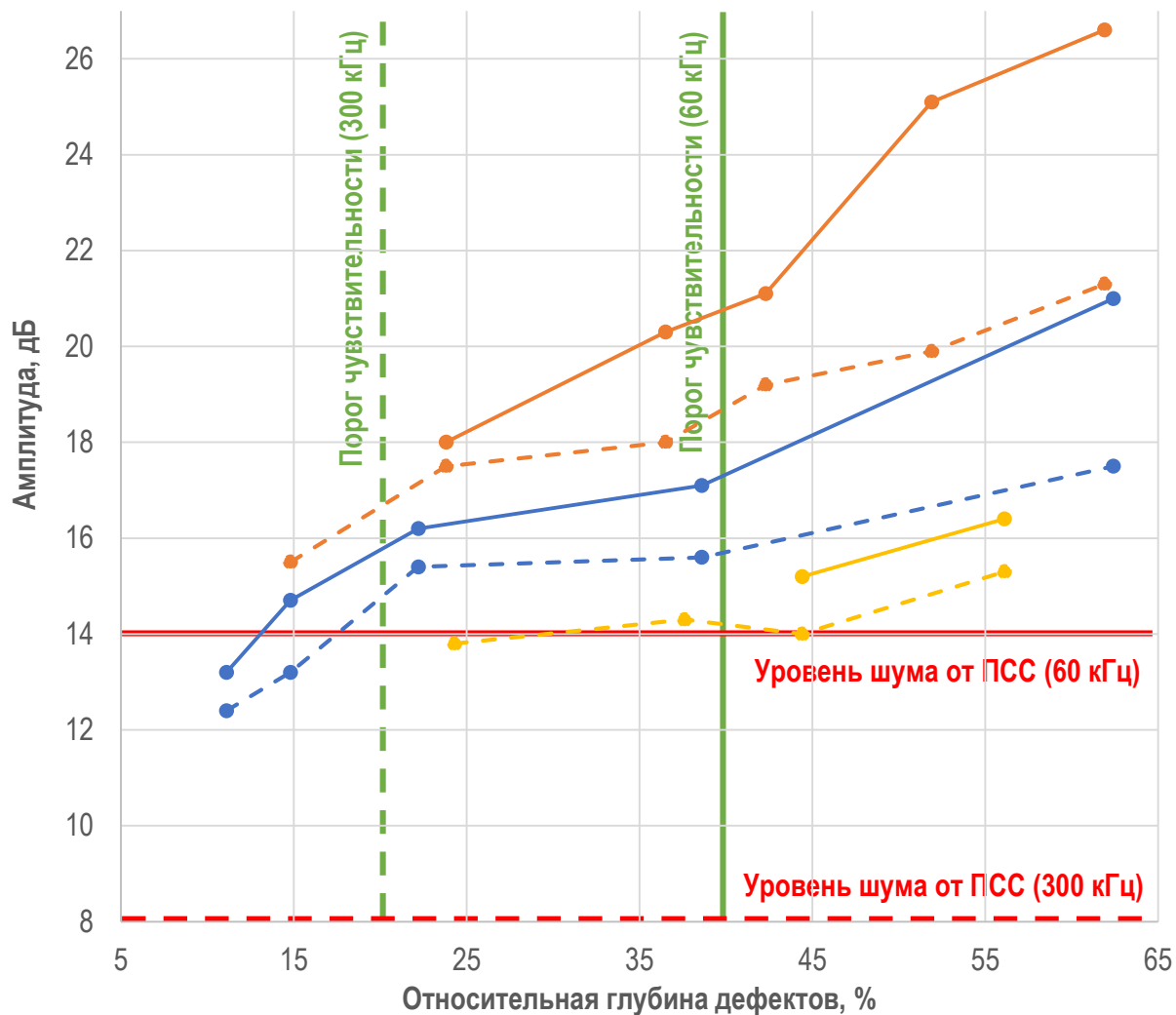
Дефектограмма дефектов околошовной зоны КСС трубы № 2.9 (кольцевой проход, удаление 100 мм, шаг сканирования 10 мм, частота ЗИ – 60 кГц)



Дефектограмма дефектов околошовной зоны КСС трубы № 2.9 (кольцевой проход, удаление 100 мм, шаг сканирования 10 мм, частота ЗИ – 300 кГц)

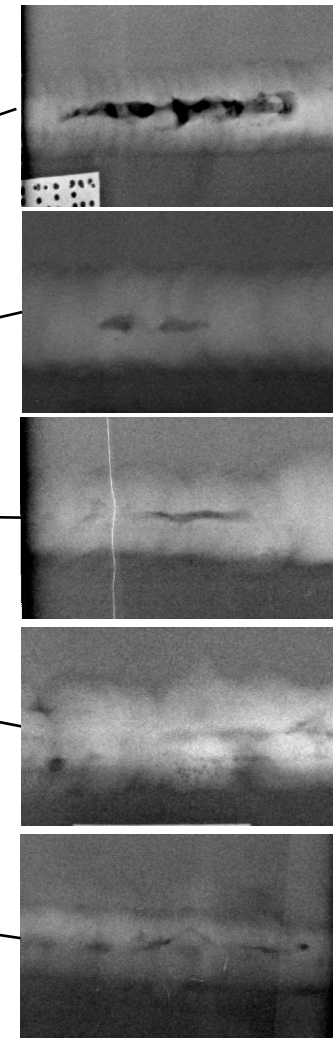
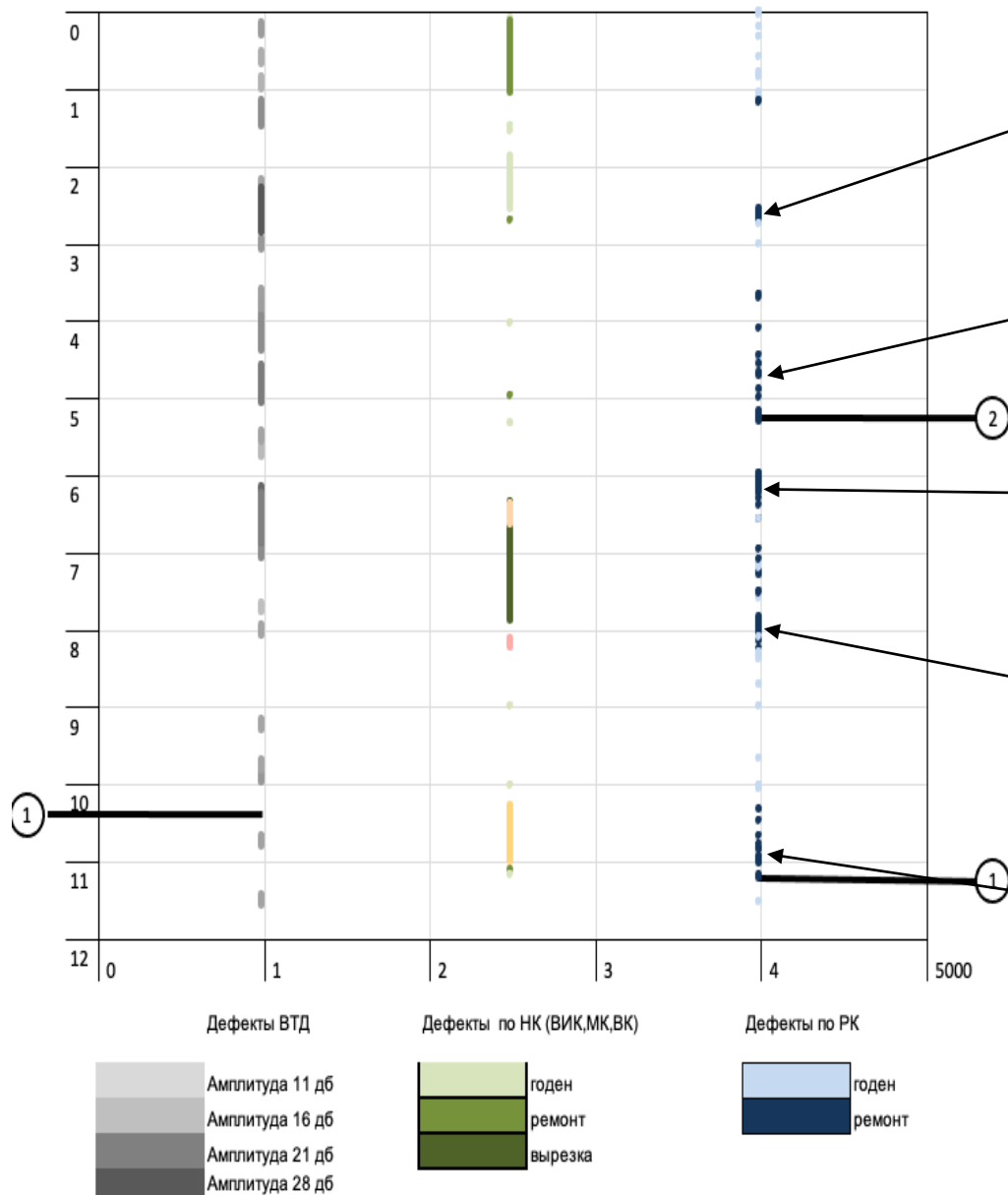
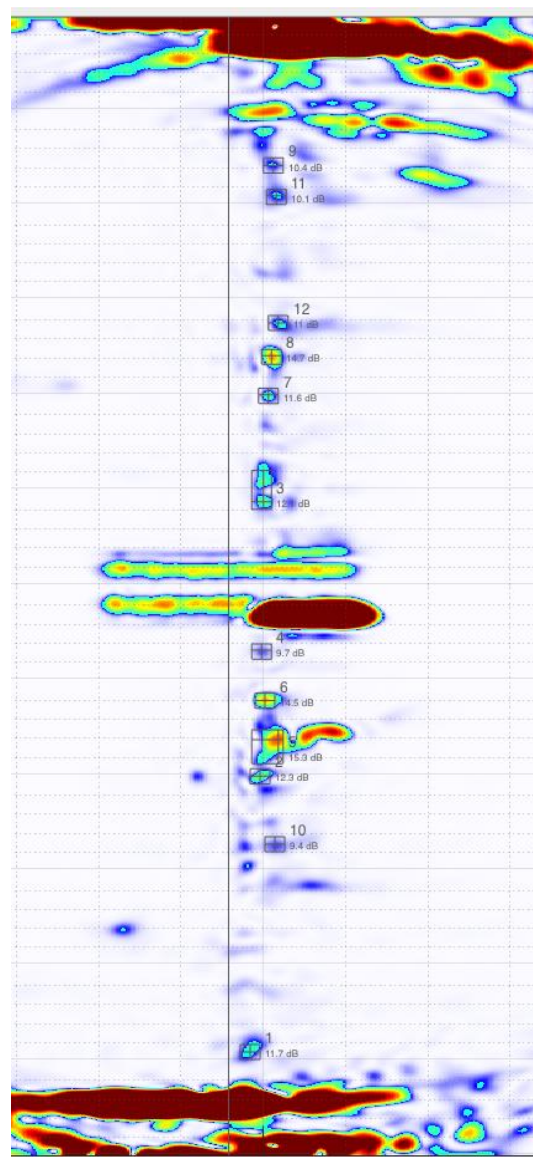
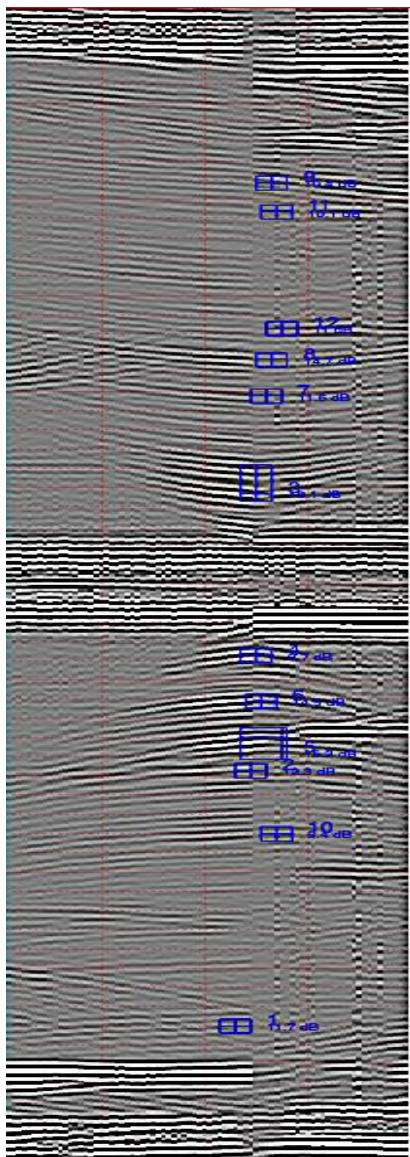
Функция зависимости амплитуды УЗ-сигнала от глубины дефекта  
(контроль **продольного** сварного соединения)

Функция зависимости амплитуды УЗ-сигнала от глубины дефекта  
(контроль **кольцевого** сварного соединения)

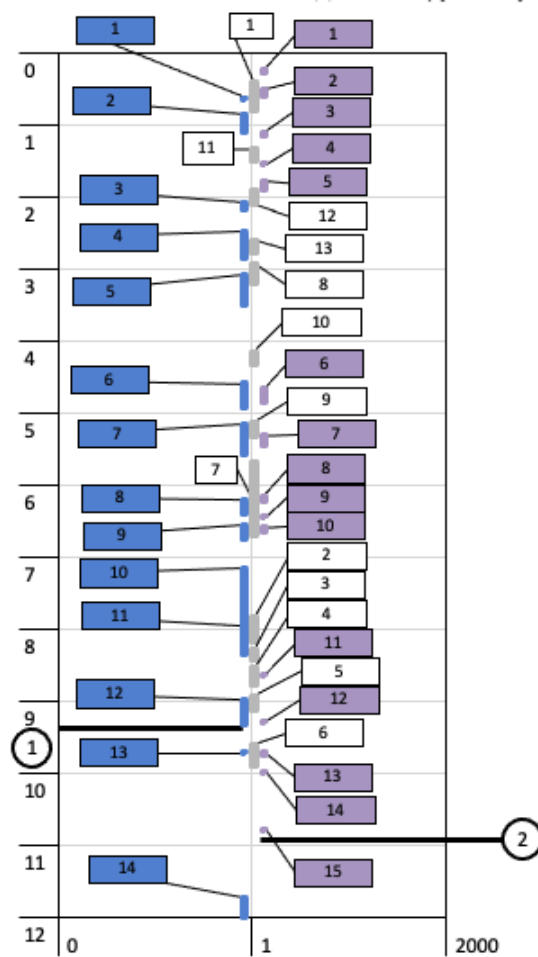
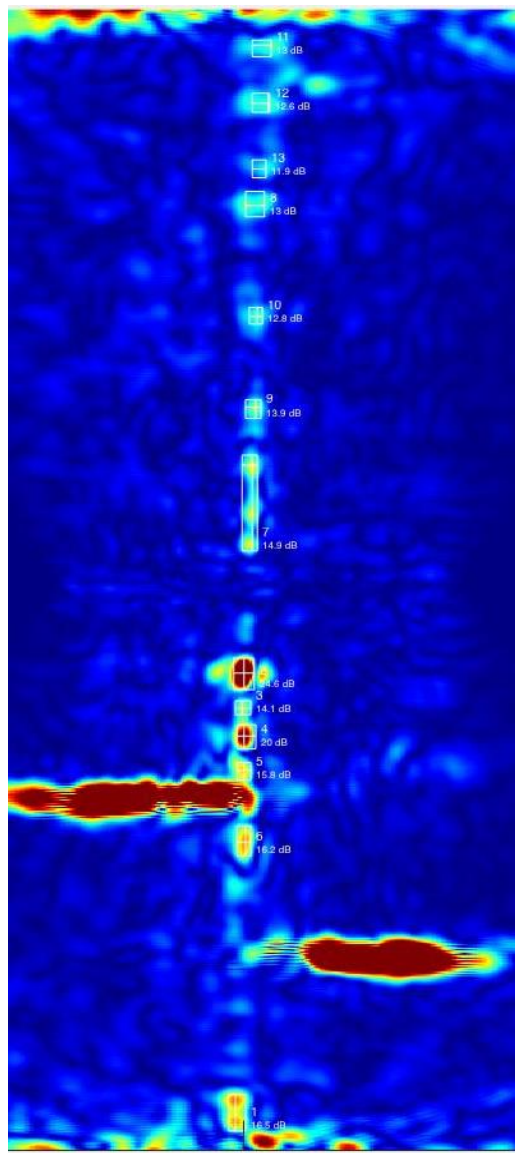
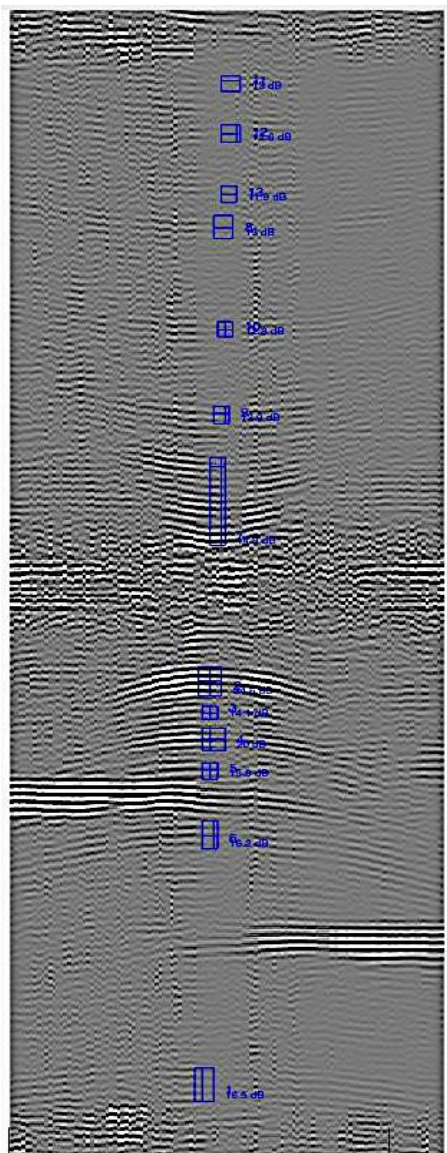


- сверление (60 кГц)
- пропил продольный (60 кГц)
- пропил кольцевой (60 кГц)
- сверление (300 кГц)
- пропил продольный (300 кГц)
- пропил кольцевой (300 кГц)

- сверление (60 кГц)
- пропил продольный (60 кГц)
- пропил кольцевой (60 кГц)
- сверление (300 кГц)
- пропил продольный (300 кГц)
- пропил кольцевой (300 кГц)

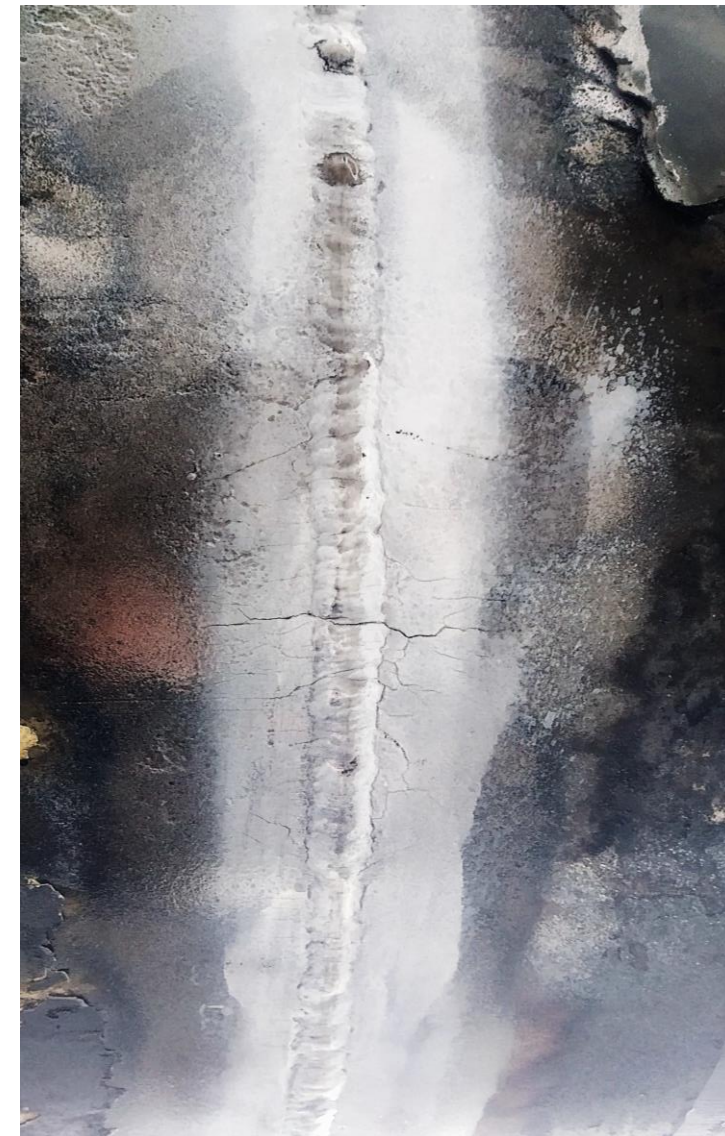
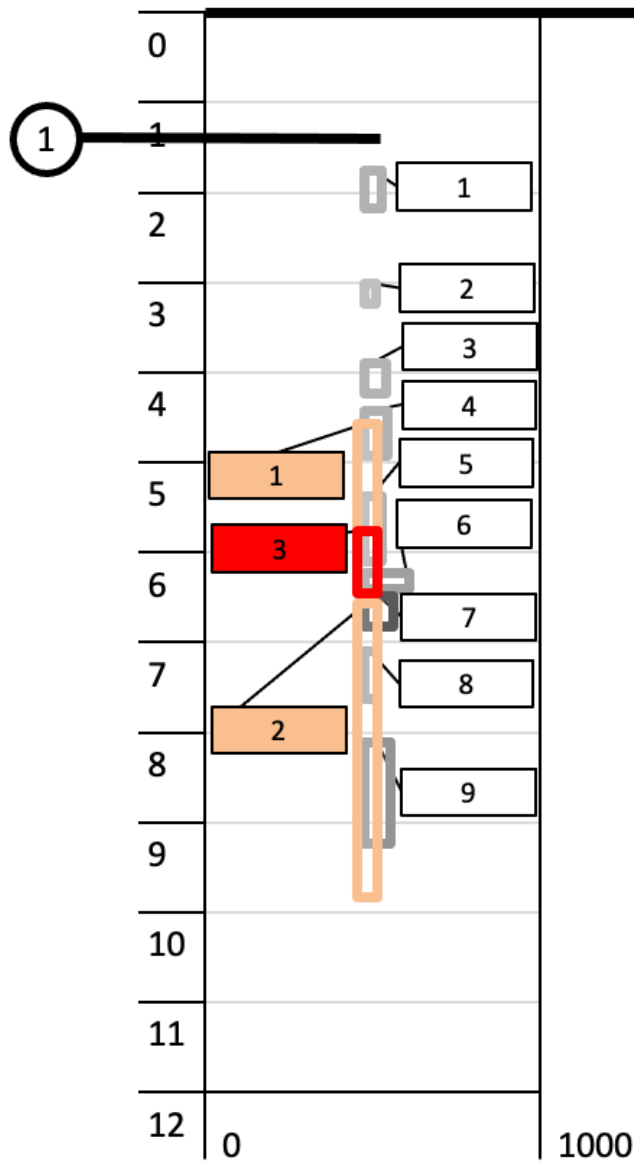
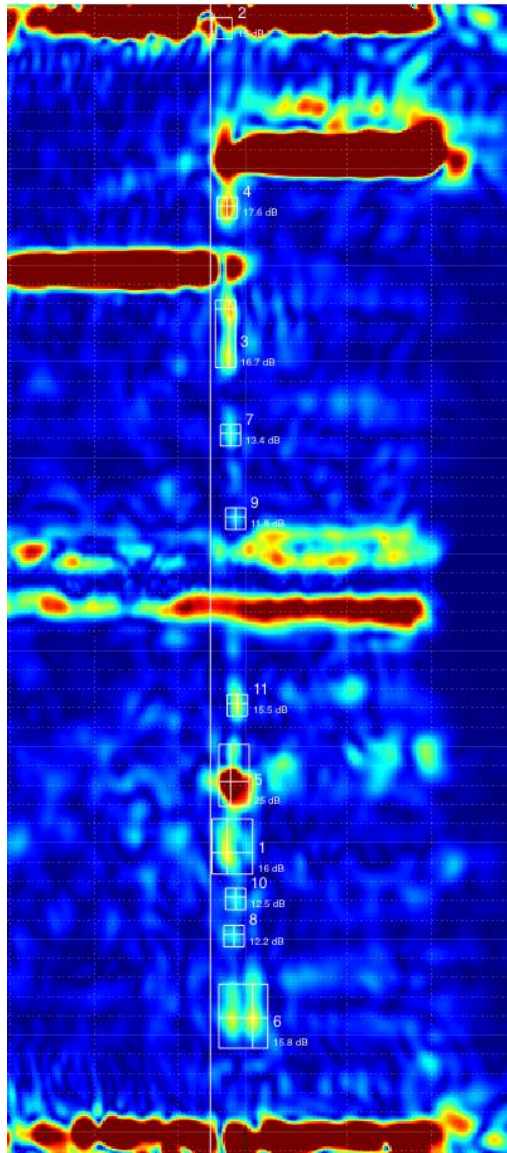
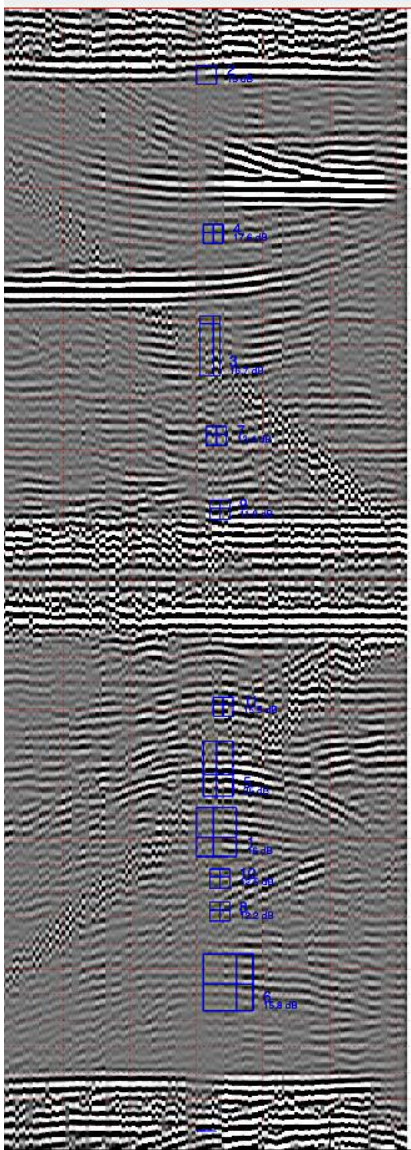




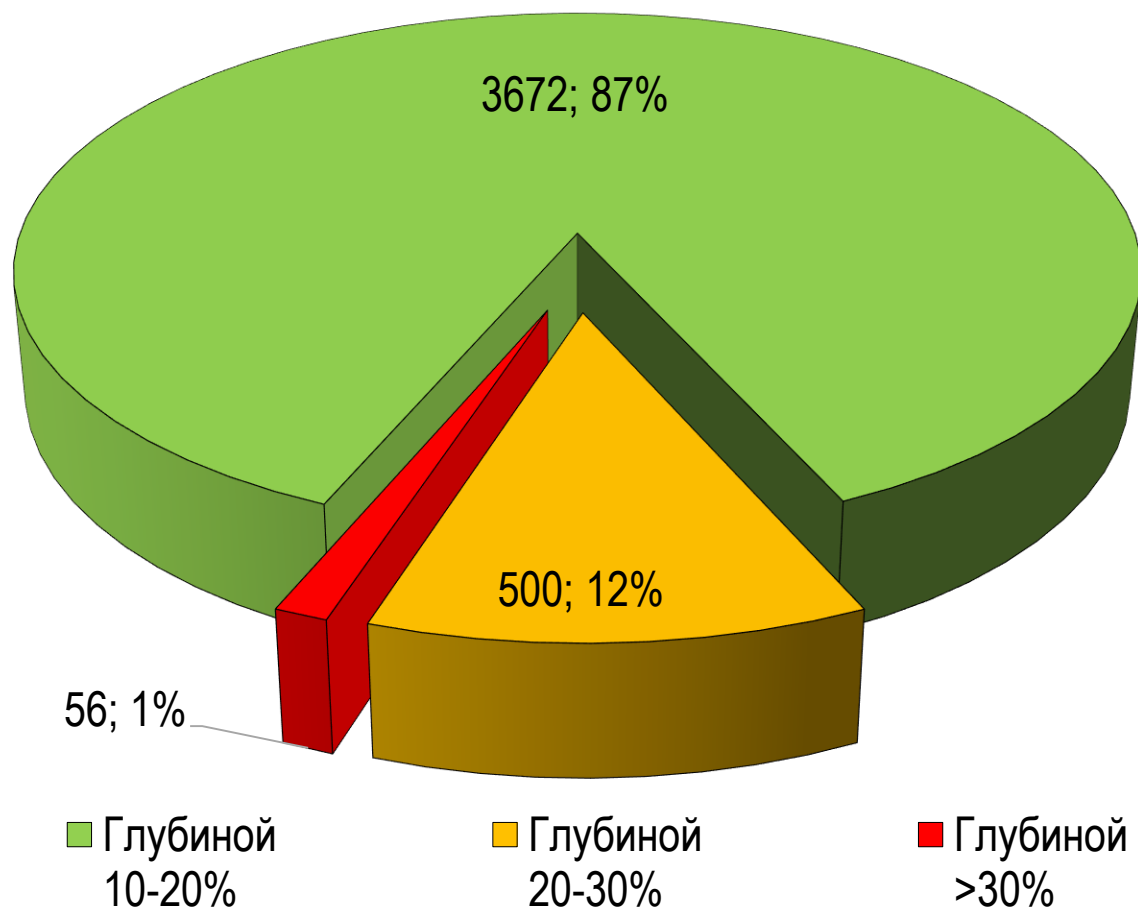


дефекты по ВТД  
 дефекты по РК по ДДК  
 дефекты по УЗК при ДДК





## Распределение выявленных 4227 дефектов при ВТД по глубине (свыше 10%)

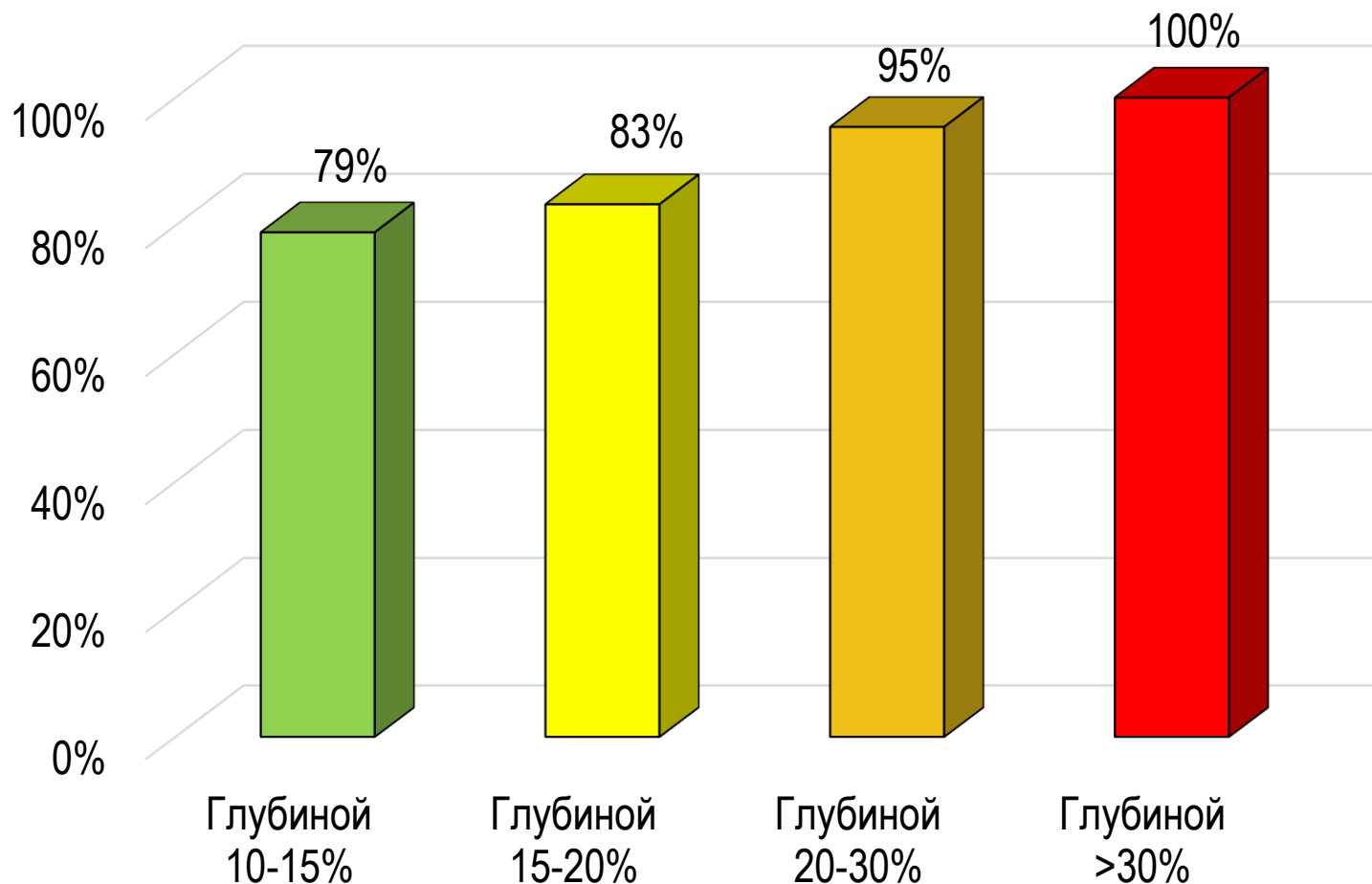


Средняя плотность выявленных предельных и аварийно-опасных дефектов **4,02 шт. на 1,0 км трубопровода**

Пример выявленного дефекта на КС в 2021 г.  
Зона трещин глубиной до 5,0 мм  
на основном металле трубы 1020\*16 мм



### Сходимость дефектов (кол-во дефектов подтвержденных НК в шурфе)



Средняя сходимость ВТД и НК в шурфах составила 95%.

Пример выявленного дефекта на КС в 2021 г.  
Зона трещин глубиной до 12,0 мм  
на КСС и ОКШ трубы 1020\*16 мм



# Спасибо за внимание



Закрытое акционерное общество  
**ИнтроСкан** Технолоджи

**ВОРОНЧИХИН**  
**Станислав Юрьевич**

Генеральный директор

617763, Пермский край, г.Чайковский, Приморский б-р, 32  
т./ф. (34241) 3-45-95; моб.т. (922) 682-46-00  
e-mail: s.voronchikhin@introscan.ru; info@introscan.ru