



ООО «НПЦ «ЭХО+»

По всем вопросам обращаться

Дата

Док.

Вер.

Стр.

Базулин А.Е.

2018-11-12

ОП-НАДЫМ-2018-1

1.0

1(27)

Тел. +7 495 780 92 67

android@echoplus.ru

## Средства сплошной толщинометрии промышленных газопроводов на основе технологии ультразвуковых фазированных решеток

### ОТЧЕТ О ПРИМЕНЕНИИ

Разработано

Базулин А.Е.

Заместитель коммерческого директора, к.т.н.

Утверждено

Тихонов Д.С.

Технический директор, к.т.н.

## СОДЕРЖАНИЕ

СОКРАЩЕНИЯ	3
0 ИЗМЕНЕНИЯ	3
1 ВВЕДЕНИЕ	3
2 ПРИМЕНЯЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЯ	3
3 ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ ОБРАЗЦЫ № 1 И 2	4
3.1 Результаты контроля образца № 1	5
3.2 Изображения утонений в образце № 1	6
3.3 Результаты контроля образца № 2	9
3.4 Изображения утонений в образце № 2	11
4 ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ОБРАЗЕЦ № 3	13
4.1 Описание образца № 3	13
4.2 Результаты контроля образца № 3	14
4.3 Изображения дефектов в образце № 3	16
5 КОНТРОЛЬ УЧАСТКА ТРУБОПРОВОДА 114Х8 НА СКВАЖИНЕ	24
6 ВЫВОДЫ	25
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕФЕКТΟΣКОПА ГЕККОН	27

## Сокращения

ЦФА – цифровая фокусировка антенны

## 0 Изменения

### Version 1.0

Исходный документ

## 1 Введение

Место проведения работ: **Бованенковское НГКМ**

Автор: **Базулин А.Е., ООО «НПЦ «ЭХО»**

Дата: **7-10 ноября 2018 года**

## 2 Применяемое оборудования

Измерения толщины проводились с применением дефектоскопа на фазированных решетках ГЕККОН (Gekko) №346, двухкоординатным ручным сканером ХАМЕЛЕОН, фазированной решеткой Imasonic 5 МГц, 32 элемента, призм для фазированных решеток, выполненных из оргстекла.

Особенностью дефектоскопа ГЕККОН является поддержка метода цифровой фокусировки антенны (ЦФА, TFM), который позволяет получать изображения сечения объекта контроля высокого разрешения и выявлять питтинговую коррозию малого размера (от 0.5 мм по глубине, от 1-2 мм линейный размер).

Дефектоскоп поддерживает любые сканирующие устройства для сбора данных с привязкой к координате.

Сканер ХАМЕЛЕОН предназначен для проведения сплошной толщинометрии прямых участков трубопроводов и растянутой части гибов, а также для ультразвукового контроля кольцевых и продольных сварных швов трубопроводов от 114 мм, включая околшовную зону.



Рисунок 1 – Вид дефектоскопа ГЕККОН, сканера ХАМЕЛЕОН

### 3 Испытательные образцы № 1 и 2

Испытательные образцы № 1 и 2 представляют собой половины трубы диаметром 114 мм, номинальной толщиной стенки 6 мм.

На образцах частично оставлено заводское лакокрасочное покрытие, частично было удалено при исследованиях, выполнявшихся ранее.



Рисунок 2 – Испытательные образцы №№ 1 и 2

Каждый образец контролировался за две установки сканера.

Файлы данных, с указанием координаты зоны вдоль трубы:

- Образец 1, Зона 1: 50-280 мм, файл данных: 114х6-2-1
- Образец 1, Зона 2: 280-500 мм, файл данных: 114х6-2-2
- Образец 2, Зона 1: 50-280 мм, файл данных: 114х6-1-1

- Образец 2, Зона 2: 280-500 мм, файл данных: 114x6-1-2

### 3.1 Результаты контроля образца № 1

Толщина стенки в основном составляет 6-6.5 мм при наличии множественных коррозионных язв с минимальной остаточной толщиной 4.8 – 5.5 мм.

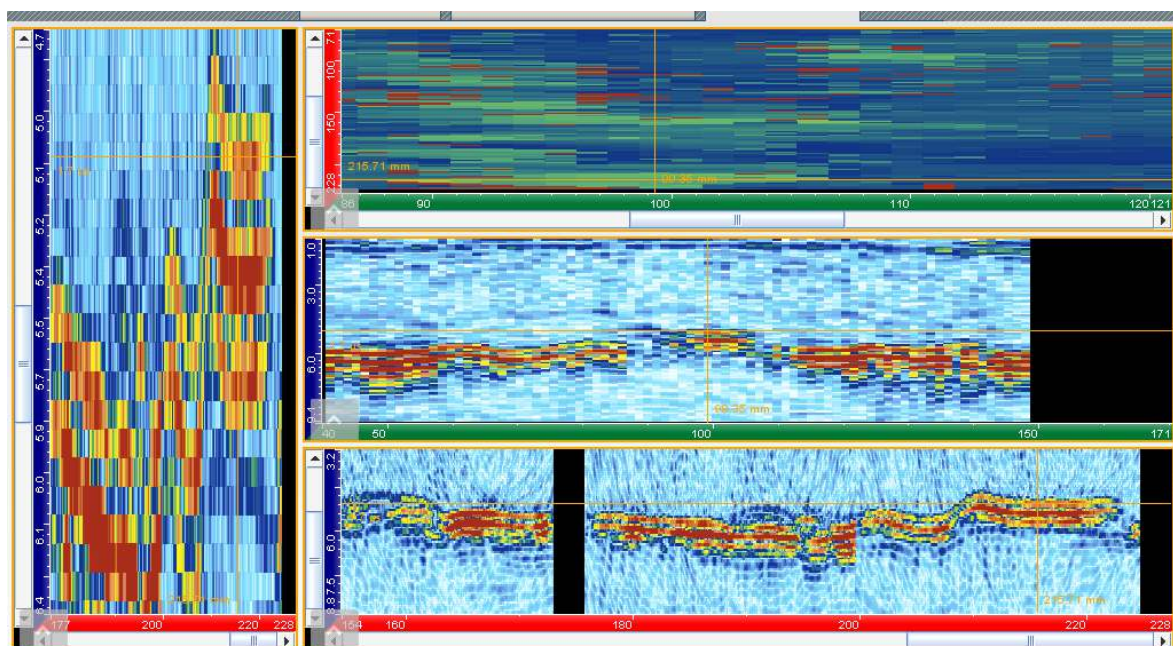
В таблице ниже перечислены утонения с остаточной толщиной 5.5 мм и менее и дефектограмма.

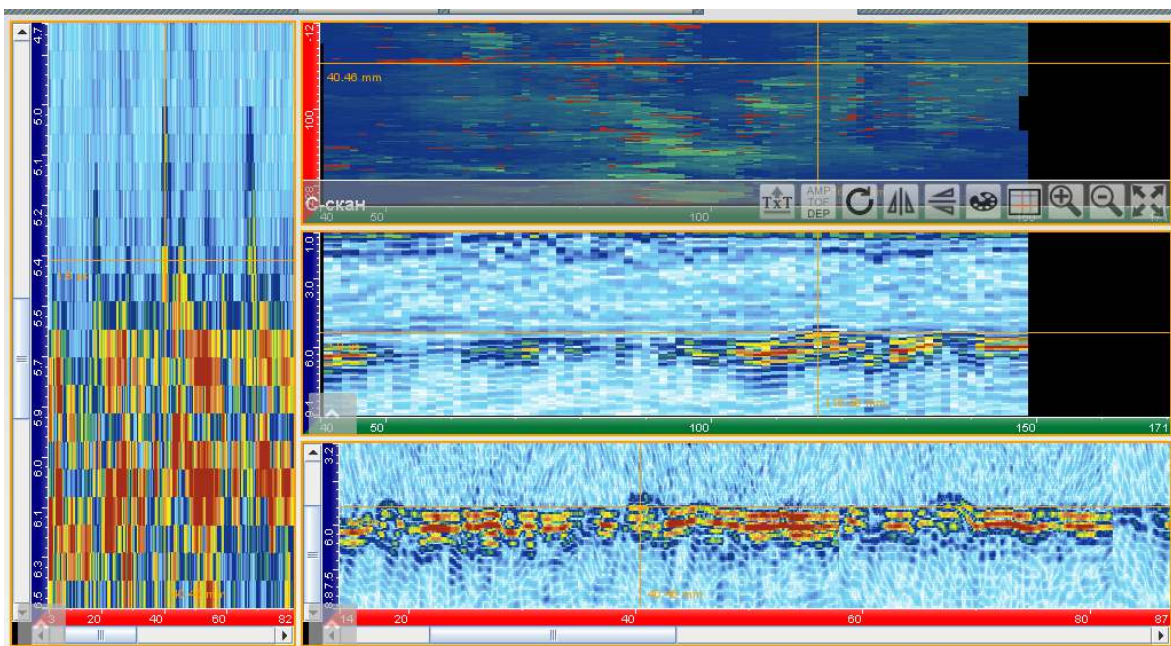
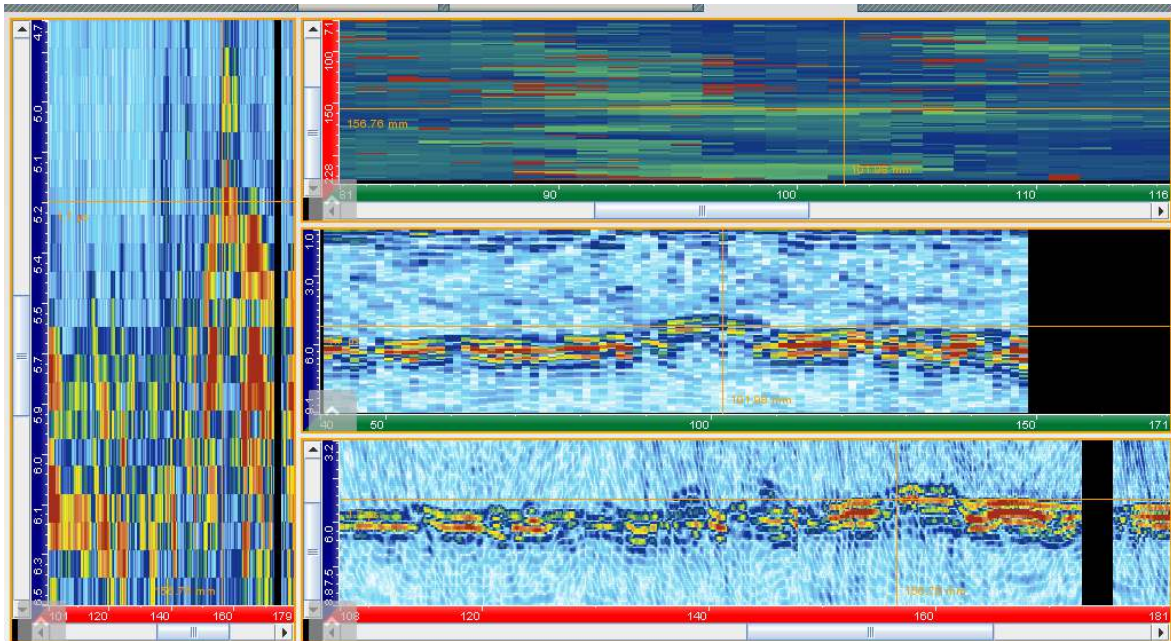
№	Координата вдоль трубы, мм	Координата по окружности трубы, мм	Остаточная толщина, мм
1.	66	45	5.2
2.	75:90	84:123	5.0
3.	112	62	5.2
4.	145	105	5.1
5.	161:165	100	5.1
6.	183	55	5.1
7.	190:195	100:104	5.2
8.	218	61	5.2
9.	233	55	5.4
10.	230	95	4.8
11.	235	62	5.2
12.	250	97	4.9
13.	262	134	5.0
14.	270	134	4.8
15.	283	131	5.1
16.	280:284	68	5.2
17.	303	124	5.1
18.	307	62	5.1
19.	320	116	5.0
20.	340	123	5.1
21.	348	113	5.0
22.	366:379	102-110	5.1
23.	382	108	5.0
24.	396:404	87:110	5.1
25.	428:428	90:104	5.0
26.	436:442	92:108	5.0
27.	462	66	5.1
28.	490:502	92:104	5.0

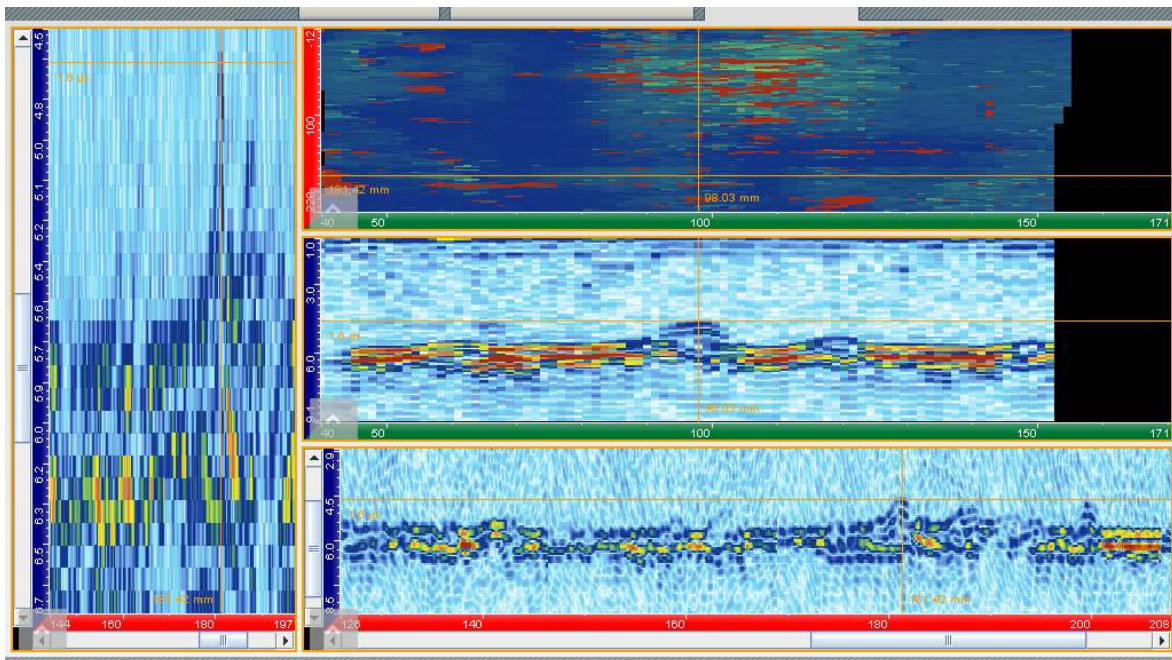
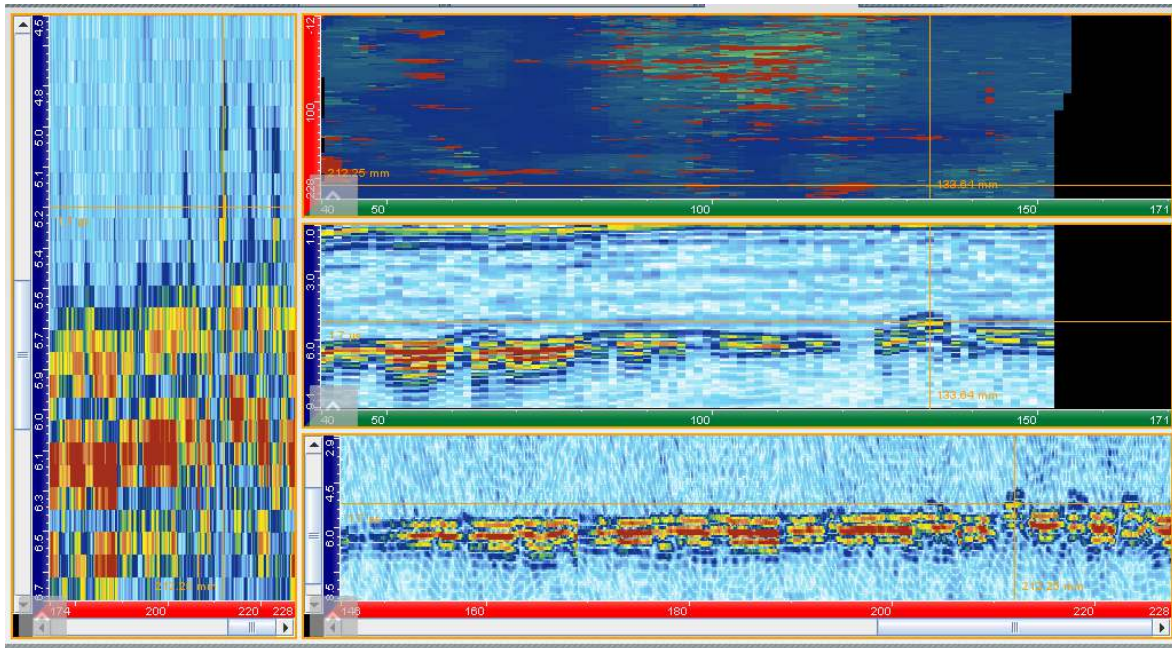


Рисунок 3 – Дефектограмма образца № 1

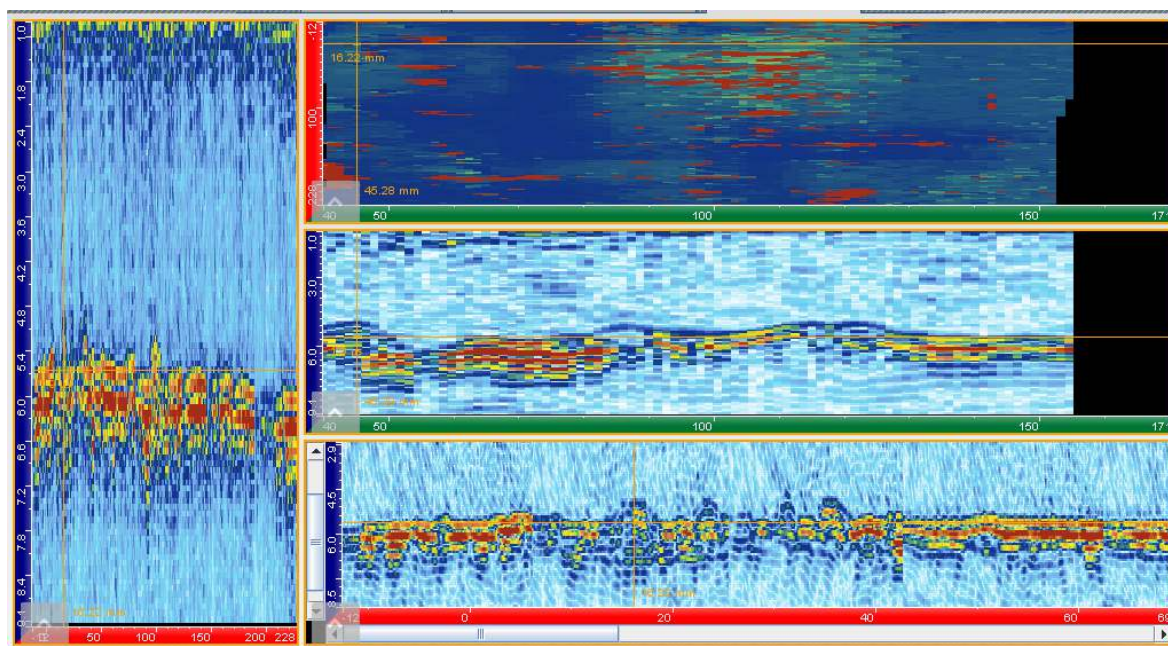
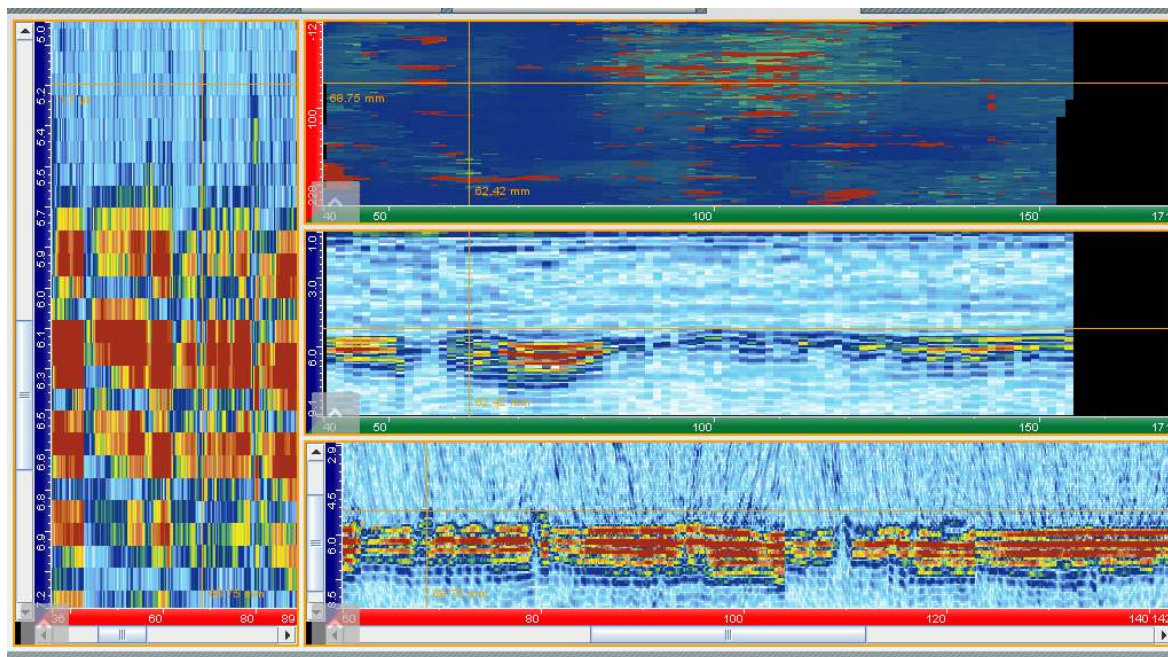
### 3.2 Изображения утонений в образце № 1











### 3.3 Результаты контроля образца № 2

Толщина стенки в основном составляет 5.8-6.2 мм при наличии множественных коррозионных язв с минимальной остаточной толщиной 4.6 – 5.5 мм.

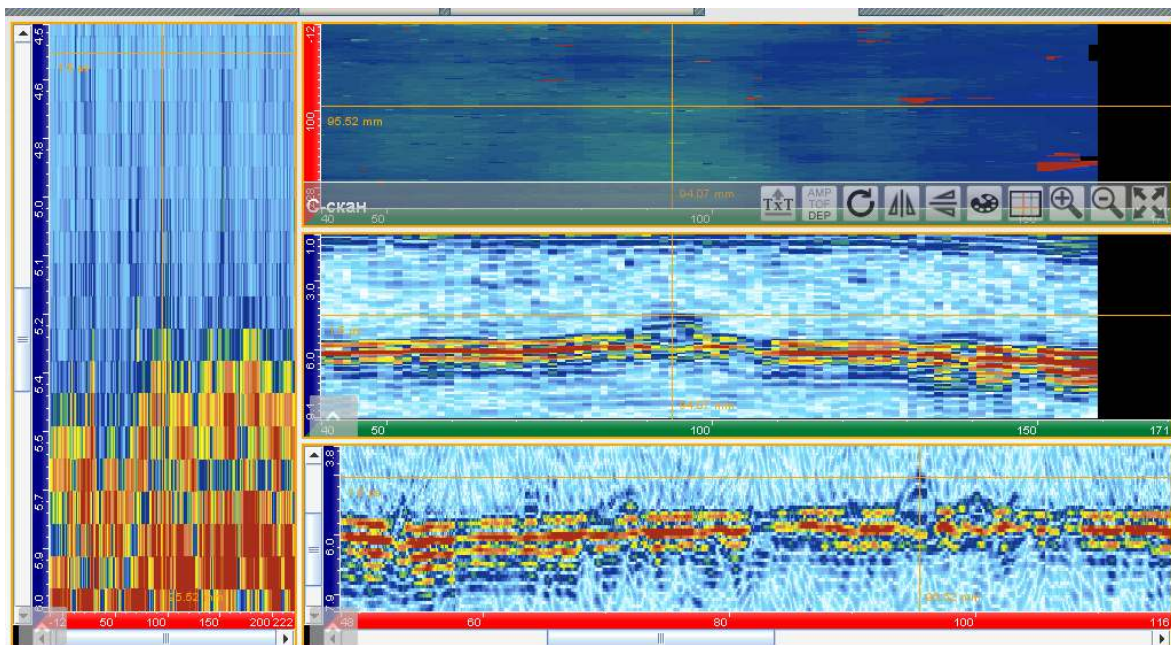
В таблице ниже перечислены утонения с остаточной толщиной 5.5 мм и менее и дефектограмма.

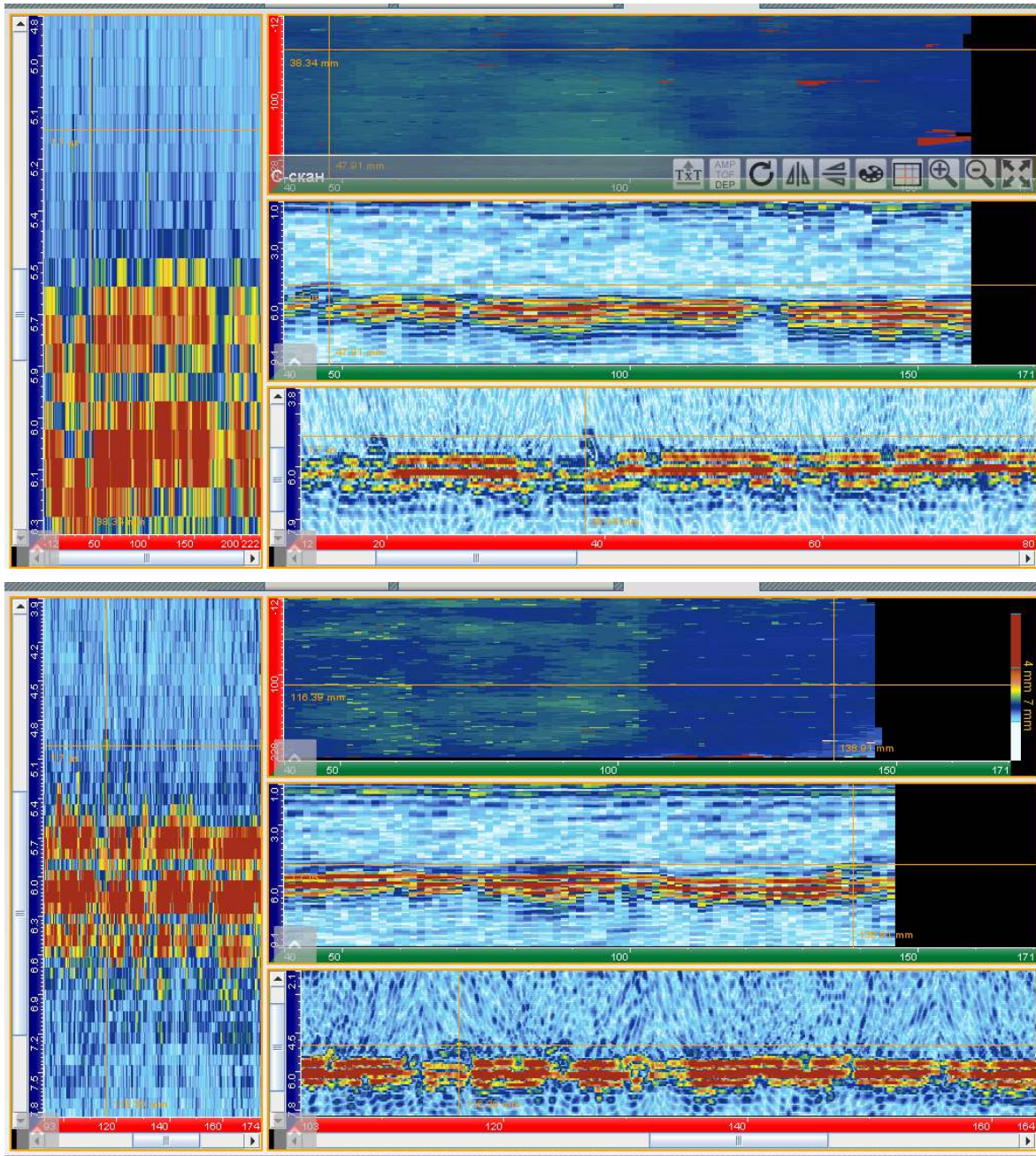
№	Координата вдоль трубы, мм	Координата по окружности трубы, мм	Остаточная толщина, мм
1.	40	92	4.8
2.	63	65	5.2
3.	60	90	5.3
4.	68	57	5.0
5.	98	56	4.9
6.	102	86	5.1
7.	110	45	5.1
8.	113	63	4.9
9.	130	76	5.3
10.	152	91	5.3
11.	156	45	5.0
12.	166	138	4.9
13.	185	58	4.9
14.	207	75	5.0
15.	210	72	5.0
16.	215	128	5.2
17.	218	77	5.1
18.	225	70	4.8
19.	235	94	5.1
20.	240	50	5.1
21.	248	65	5.0
22.	252	120	4.8
23.	280	151	5.2
24.	300	50	5.2
25.	318	48	5.2
26.	327	80	5.3
27.	342	75	5.1
28.	350	90	5.1
29.	358	120	5.1
30.	362	120	5.1
31.	375	94	4.6
32.	380	94	5.1
33.	389	121	5.0
34.	383	130	5.1
35.	386	130	5.1
36.	422	116	5.1
37.	433	92	4.6
38.	484	110	5.1

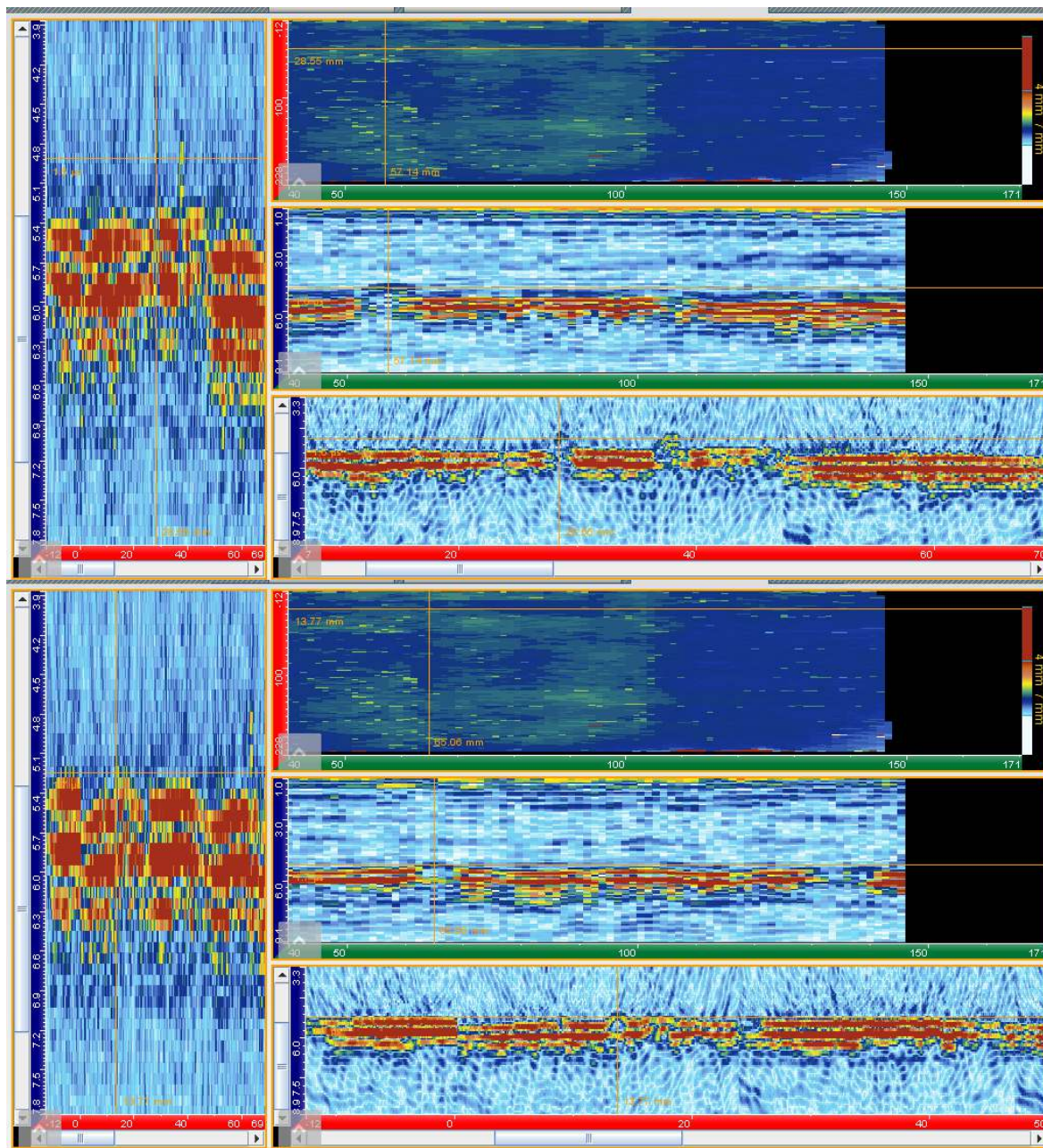


Рисунок 4 – Дефектограмма образца № 2

### 3.4 Изображения утонений в образце № 2







## 4 Испытательный образец № 3

### 4.1 Описание образца № 3

Испытательный образец № 3 представляет собой половину трубы диаметром 114 мм, номинальной толщиной стенки 12 мм. Поверхность трубы снаружи и внутри подвергнута пескоструйной обработке.

В образце изготовлены искусственные дефекты, испытания проводились в режиме «слепых испытаний», то есть количество, расположение и размеры дефектов не были известны.

Образец проконтролирован за 4 установки сканера ХАМЕЛЕОН. Одна зона сканирования составляла 230 мм вдоль трубы. В процессе контроля была схематично выполнена разметка мест расположения дефектов.



Рисунок 5 – Испытательный образец №3 с нанесенной разметкой выявленных дефектов



Рисунок 6 – Проведение контроля испытательного образца № 3

## 4.2 Результаты контроля образца № 3

Файлы данных, с указанием координаты зоны вдоль трубы:

- Зона 1: 50-290 мм, файл данных: 114x12-TEST-1
- Зона 2: 290-520 мм, файл данных: 114x12-TEST-2
- Зона 3: 520-750 мм, файл данных: 114x12-TEST-3
- Зона 4: 750-980 мм, файл данных: 114x12-TEST-4

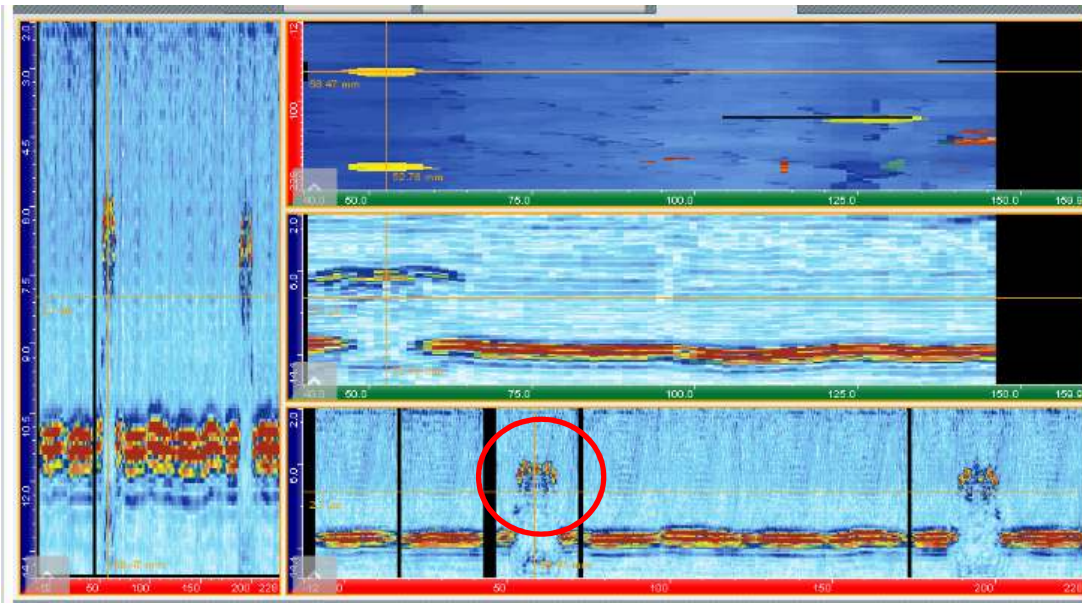
Описание обнаруженных дефектов и соответствие их фактическому расположению дефектов в испытательном образце приведено в таблице ниже.

№	Координата вдоль трубы, мм		Длина вдоль трубы, мм	Координата поперек трубы, мм	Длина поперек трубы, мм	Минимальная остаточная толщина, мм
	В скане	На трубе				
1.	53:65	103:115	12	44:62	18	6.1
2.	123:130	173:180	7	120:137	17	6.7
3.	148:210	198:260	62	130:136	6	8.4
4.	190:202	240:252	12	47:62	15	6.1
5.	46:55	336:345	9	128:140	12	6.5
6.	115:129	405:419	14	54:69	15	6.0
7.	118:120	408:410	2	105:113	7	9.8
8.	186:199	476:489	13	127:140	13	6.6
9.	184:245	474:535	61	101:108	7	9.4
10.	21:34	541:554	13	51:66	15	6.5
11.	31:33	551:553	2	137:142	5	10.2
12.	92:106	612:626	14	128:145	17	6.4
13.	146:193	666:713	47	136:143	7	7.8
14.	163:177	683:697	14	49:64	15	6.4
15.	16:30	766:780	14	124:140	16	6.0
16.	30:33	780:783	3	48:54	6	6.0
17.	88:99	838:849	11	46:58	12	6.5

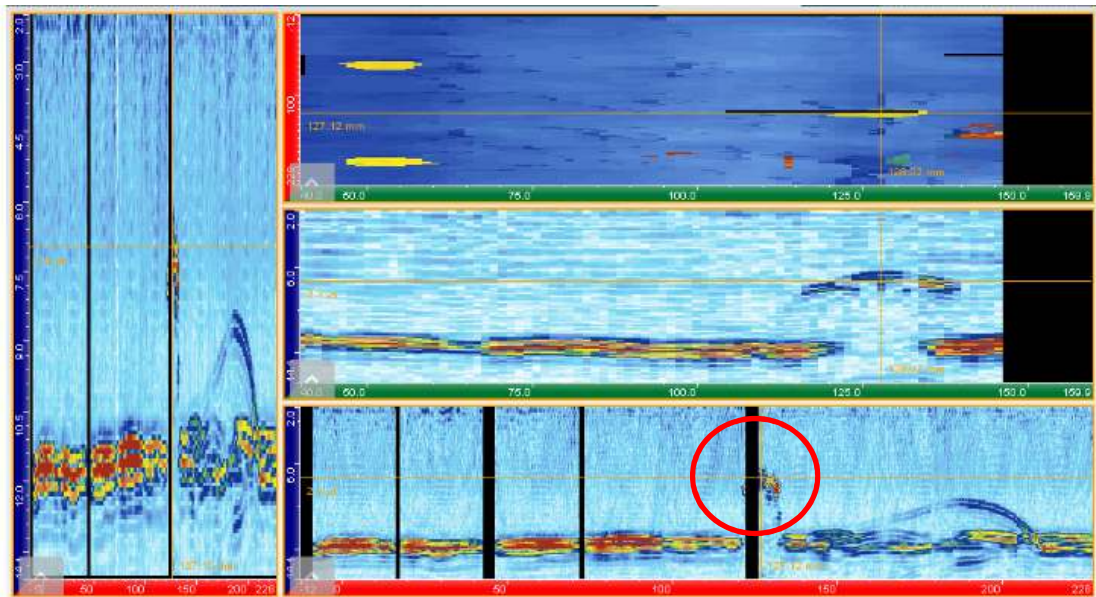


Рисунок 7 – Дефектограмма образца № 3

### 4.3 Изображения дефектов в образце № 3

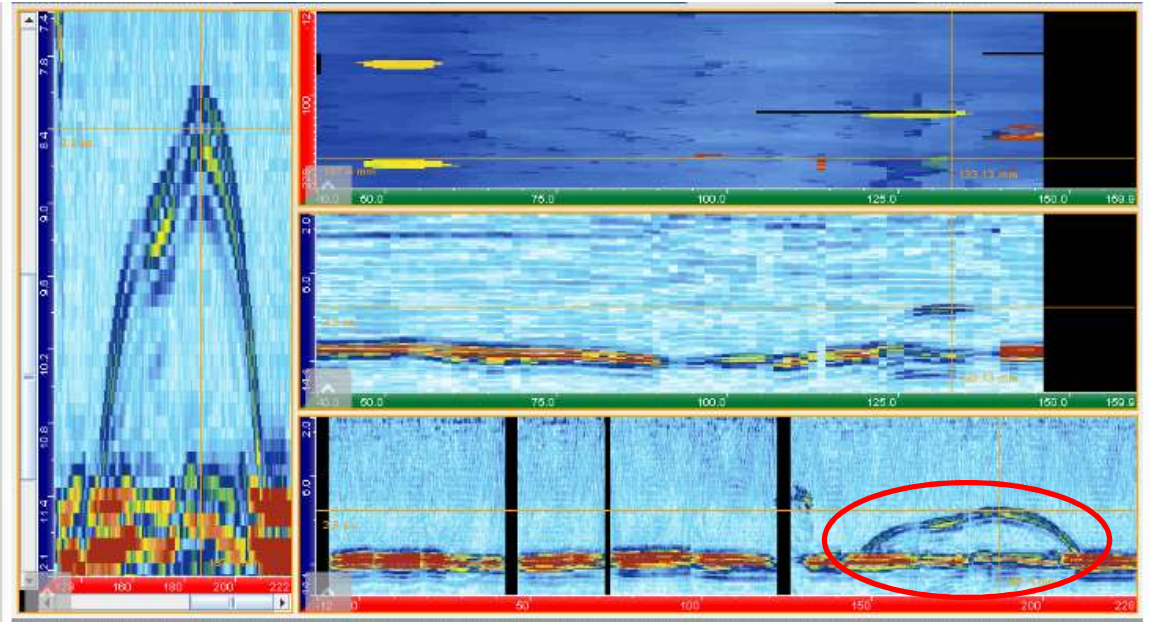


Дефект № 1

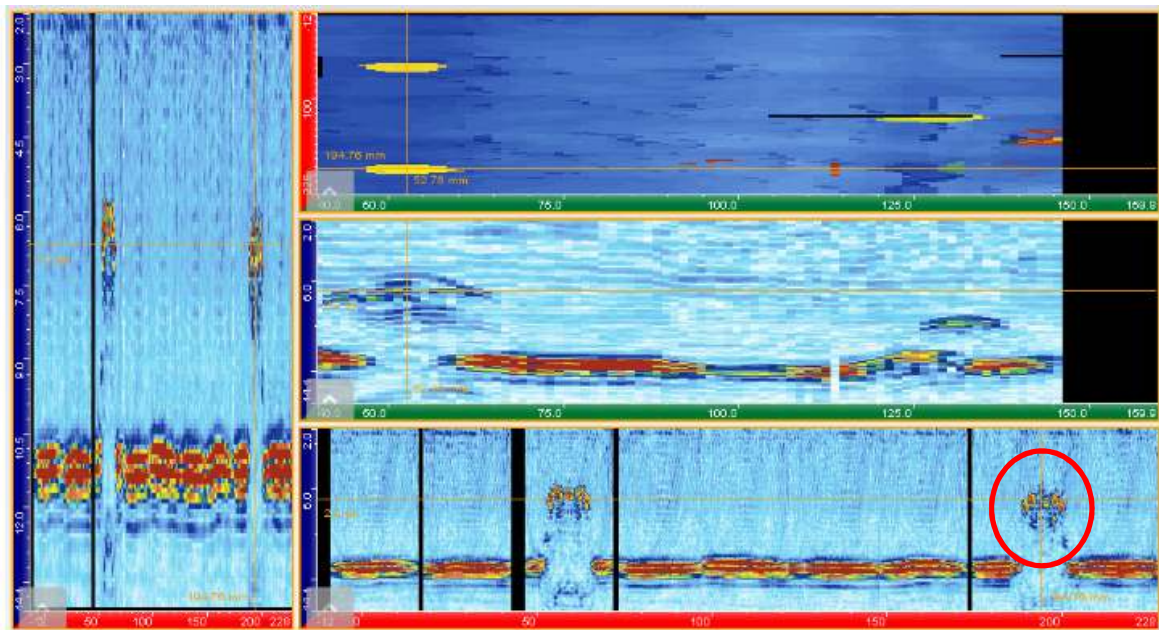


Дефект № 2

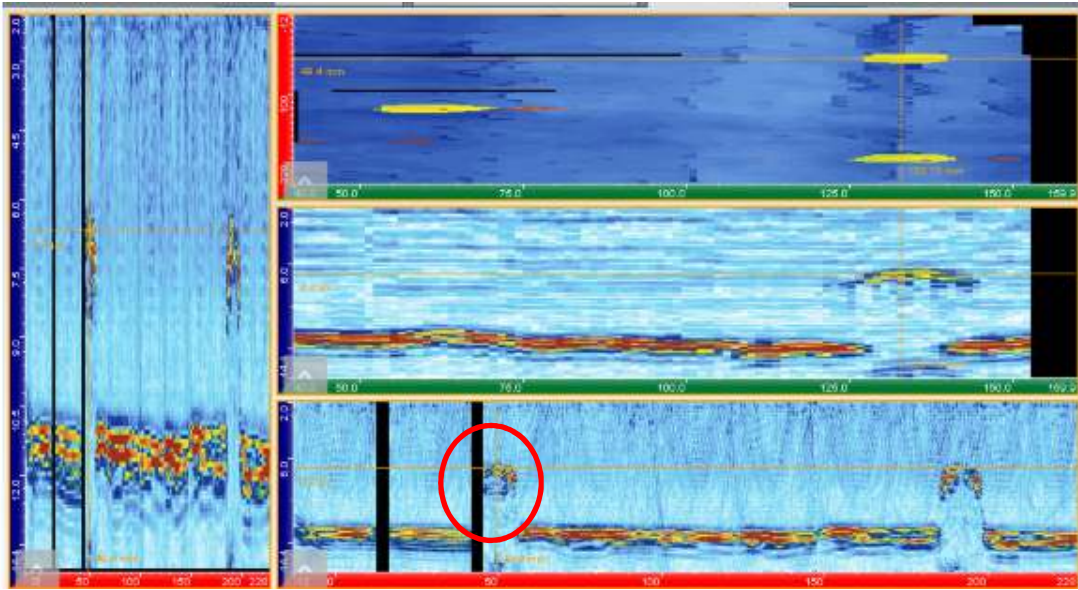




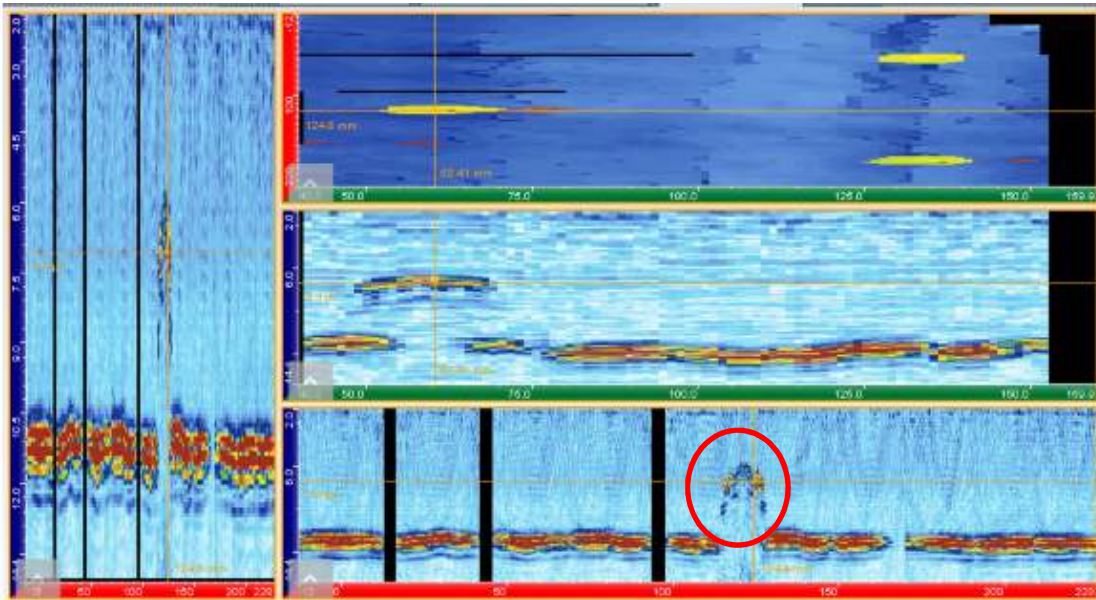
Дефект № 3



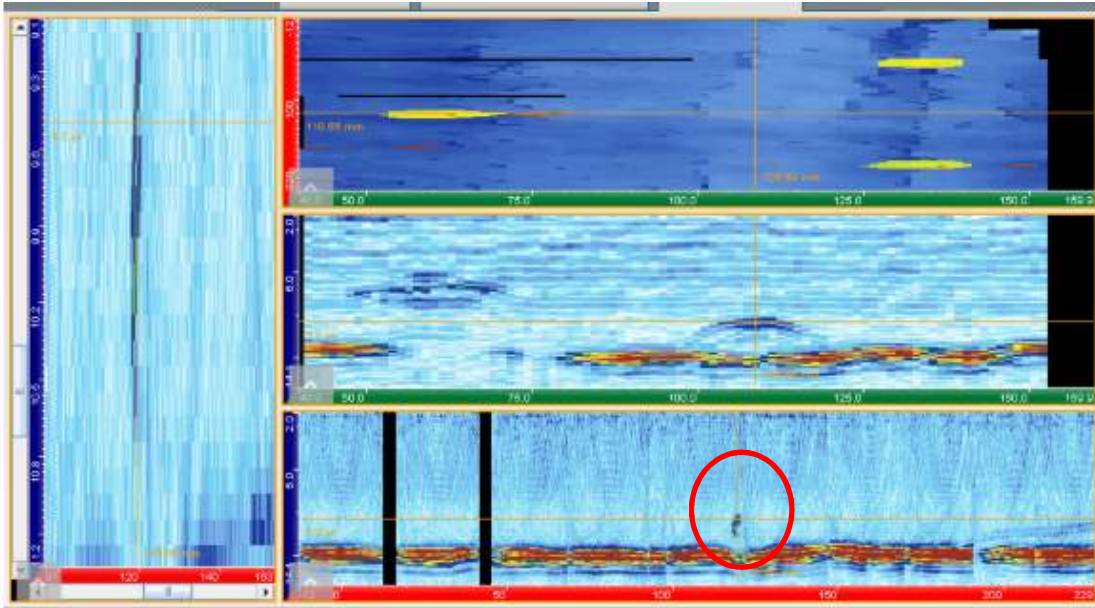
Дефект № 4



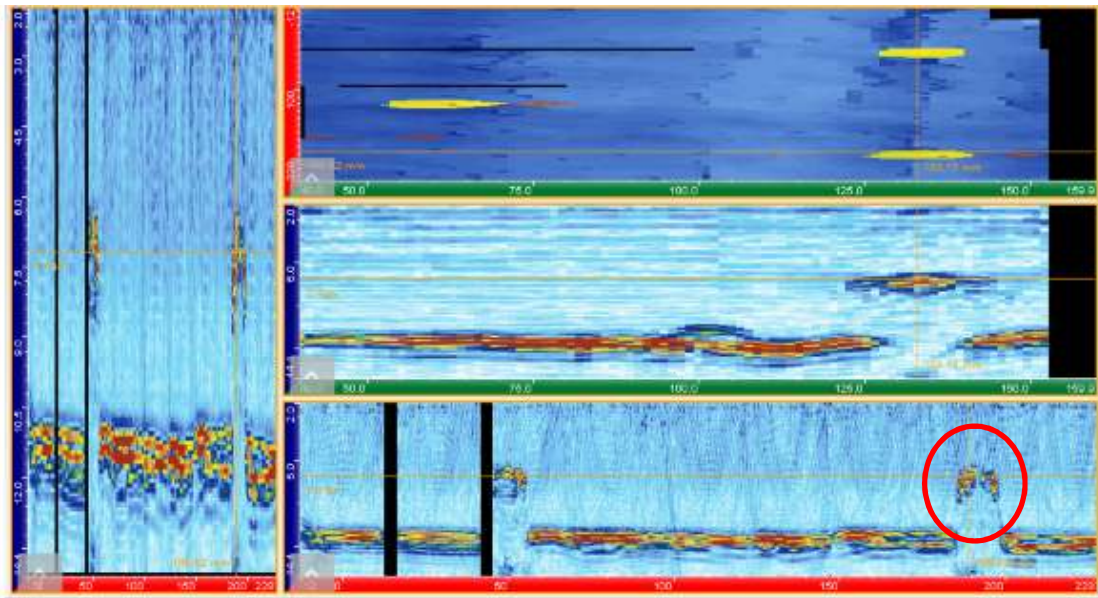
Дефект № 5



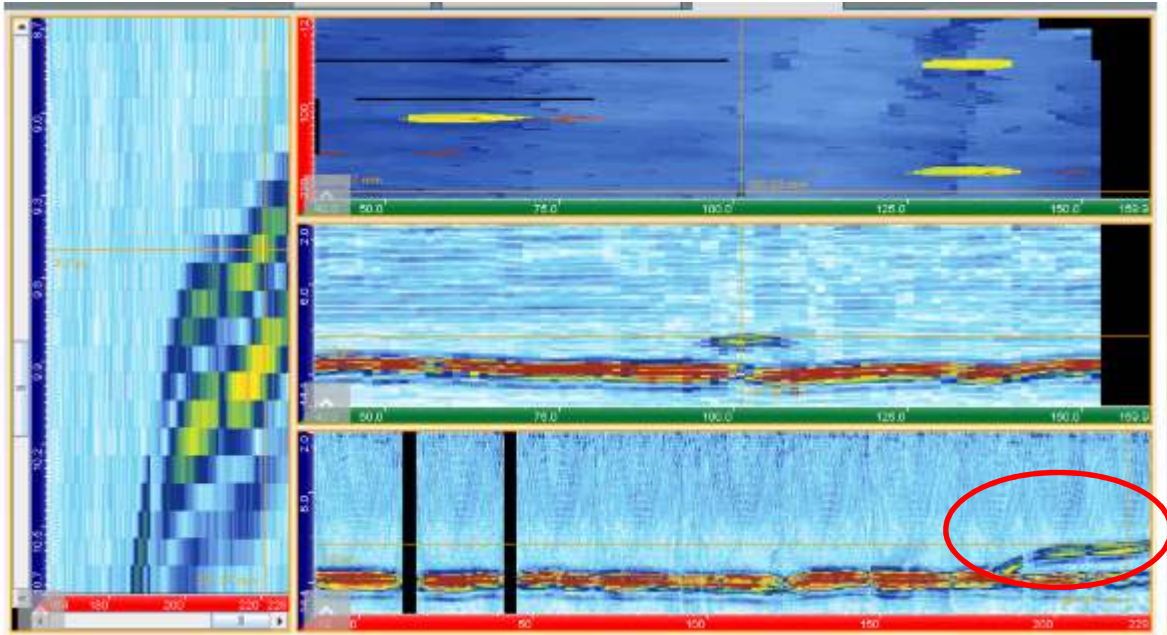
Дефект № 6



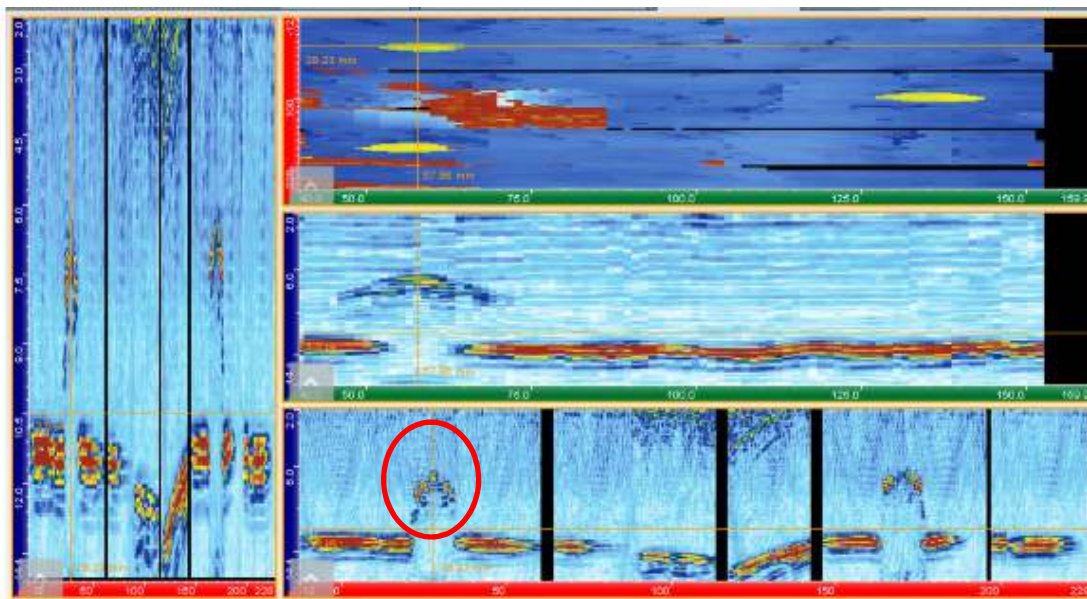
Дефект № 7



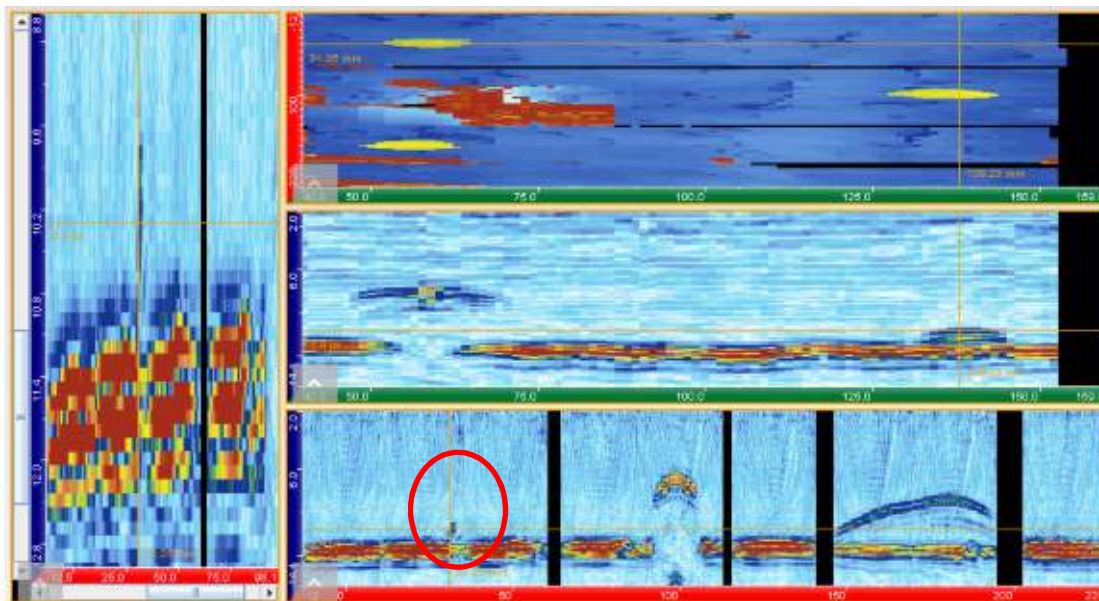
Дефект № 8



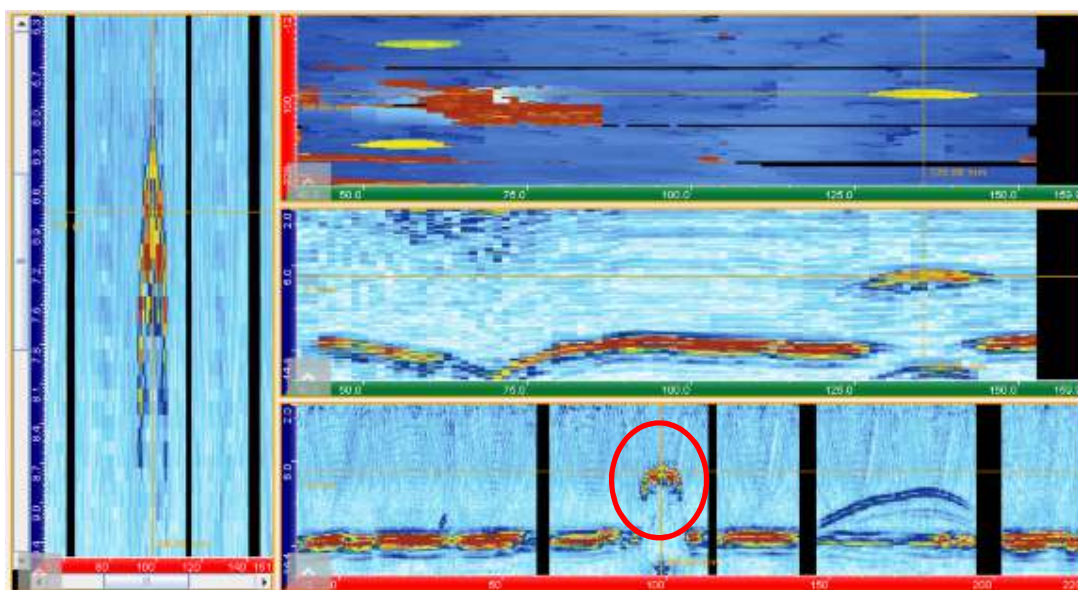
Дефект № 9



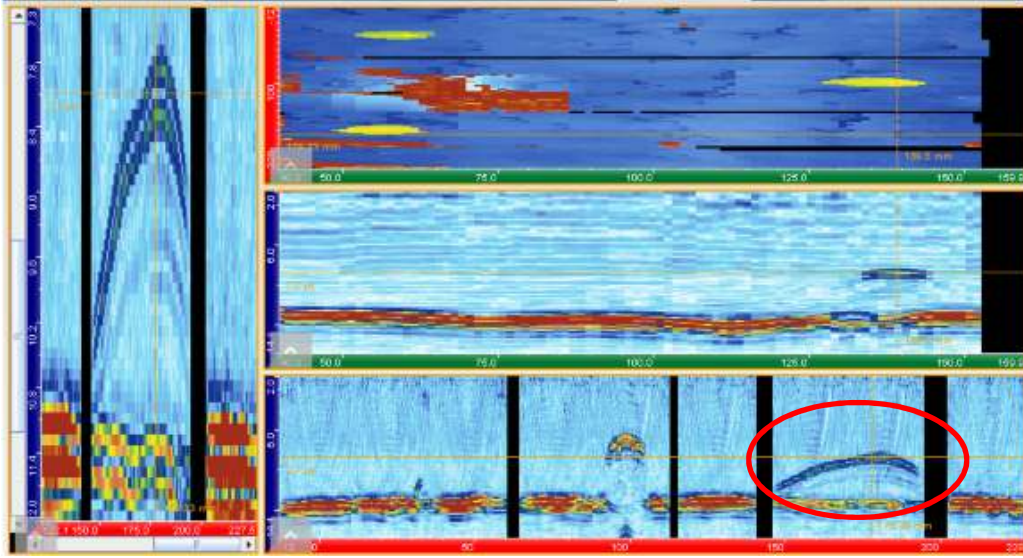
Дефект № 10



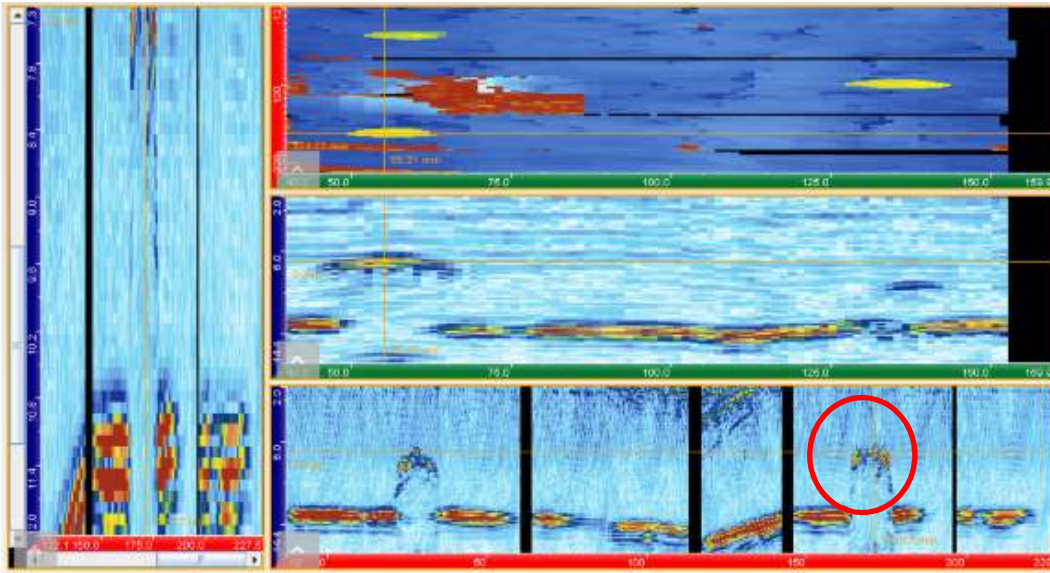
Дефект № 11



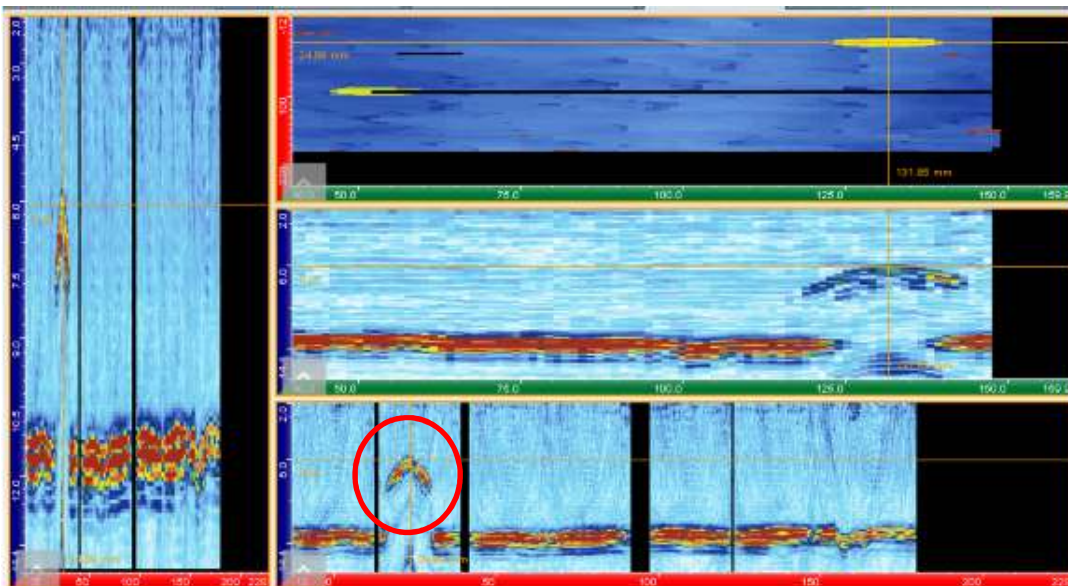
Дефект № 12



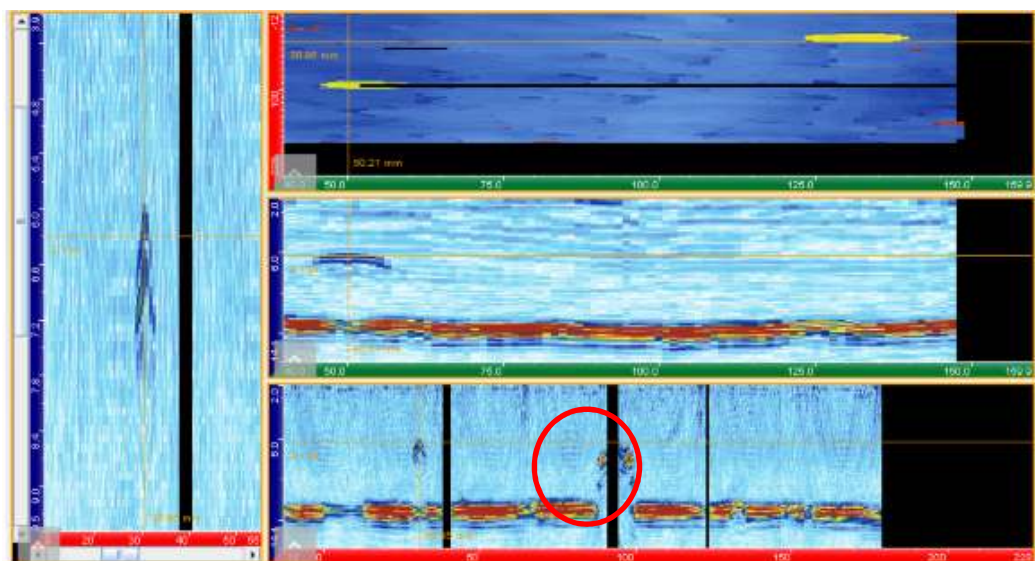
Дефект № 13



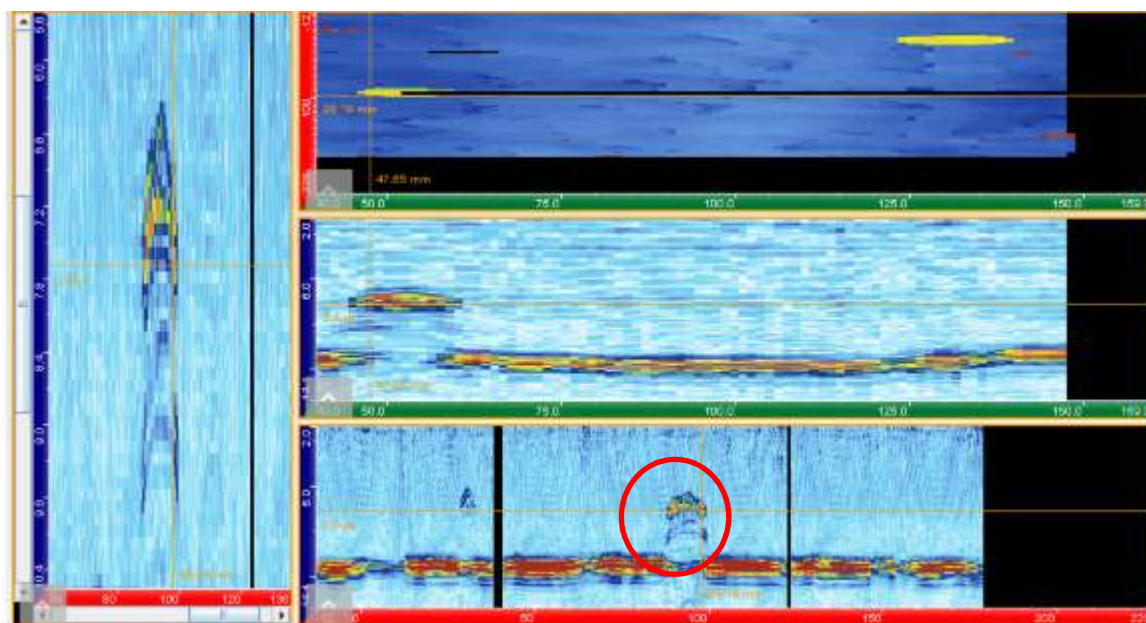
Дефект № 14



Дефект № 15



Дефект № 16



Дефект № 17

## 5 Контроль участка трубопровода 114x8 на скважине

Контроль проводился при температуре воздуха минус 17 °С, при наличии палатки с поддувом теплого воздуха. Поскольку температура трубы существенно выше 0 °С в качестве контактной среды применялся аквагель.

Проведен контроль участка трубы длиной 650 мм.

Результаты сплошной ультразвуковой толщинометрии трубопровода 114x8 обвязки скважины на ГП-2 БГКМ			
Дефектоскоп ГЕККОН № 356, сканирующее устройство ХАМЕЛЕОН, фазированная решетка 5 МГц, 32 элемента			
Начало и направление отсчета показано на фотографии ниже			
Толщина трубы находится в пределах 7.5 – 8.5 мм за исключением локальных участков коррозионных язв с остаточной толщиной не менее 7 мм. Указанные индикации находятся в основном в области 230-280 мм по окружности трубы.			
№	Координата вдоль трубы, мм	Координата по окружности трубы, мм	Остаточная толщина, мм
1.	43	255	7.4
2.	187:199	300:306	7.1
3.	151	225	7.1
4.	215	240	7.1
5.	233	255	7.2
6.	340	262	7.5
7.	350	234:240	7.5
8.	366	254:260	7.1
9.	390	274:284	7.1
10.	420	272	7.5
11.	455	230:240	7.2
12.	465	230	7.1
13.	477	250	7.1
14.	555:560	230	7.0
15.	585	260	7.3



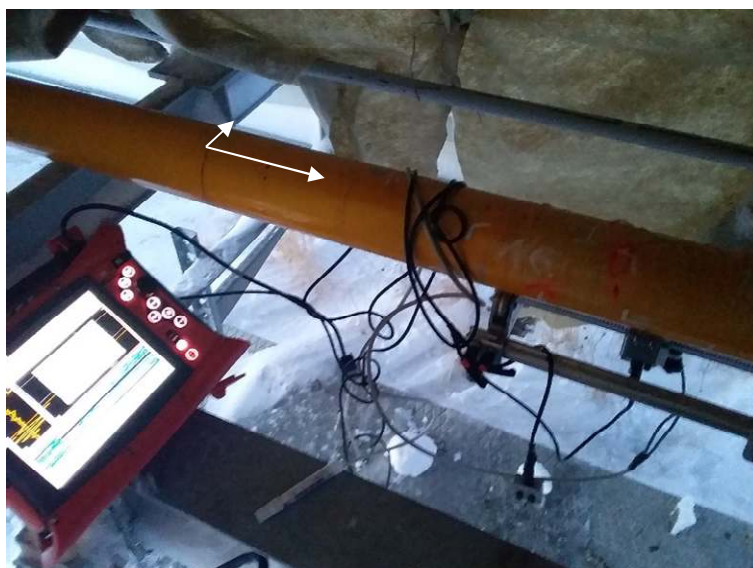


Рисунок 8 – Место проведения контроля, обозначение начала и направления отсчета



Рисунок 9 – Дефектограмма участка трубы

## 6 Выводы

Оборудование для сплошной толщинометрии с применением цифровой фокусировки антенны позволяет выявлять локальные утонения в виде питтинговых язв глубиной 0.5 – 1 мм, линейным размером до 2 мм.

Оборудование работоспособно при температуре воздуха минус 17 °С, при учете положительной температуры трубы. В случае необходимости может применяться контактная среда, для пониженных температур (спирто-водяная смесь, масло, специальные гели).

Контроль по заводском покрытию возможен. Недопустимыми для проведения контроля являются неудаленные брызги металла на наружной поверхности трубопровода.

При контроле образца с искусственно внесенными моделями дефектов выявлены все 17 моделей дефектов (отверстия диаметром 12 и 4 мм, продольные пазы).

Средства контроля позволяют как проводить контроль с как с записью данных по энкодеру на прямых участках трубопроводов и на растянутой части отводов, так и проводить скрининг при ручном сканировании прямых участков, отвооколошовной зоны, участков возле фланцев

Для применения оборудования необходимо разработать технологические карты контроля и провести подготовку персонала навыкам настройки оборудования и расшифровки полученных данных ультразвуковой толщинометрии.

## Приложение 1. Технические характеристики дефектоскопа ГЕККОН

Общие	
Д x Ш x В: 410 мм x 284 мм x 126 мм Диапазон рабочих температур: от -10°C до 45°C Диапазон температуры хранения: -10 до 60°C с батареями 3.5 ч работы, горячая замена	10.4" резистивный экран - разрешение 1024x768 пик. Все: 6,5 кг (без батарей) ; 0,480 г /батарея IP66 Ударопрочность в соответствии с MIL-STD-810G
Фазированная решётка	
Линейное сканирование (Е-скан), секторное сканирование (S-скан) Множественный сектор для матричных решёток (DMA) Максимальное число активных каналов: 64	До 2 048 законов задержек До 8 групп контроля CIVA калькулятор для фазированной решётки
Цифровая фокусировка антенны (TFM)	
Максимальное число точек восстановления: 65K Максимальная скорость обновления: 30 кадров в сек	Путь луча: прямой, одно отражение, полный Доступные моды волн: L, S и трансформации при отражении
Излучатель	
64 канала фазированной решётки: Отрицательный прямоугольный импульс, ширина: 30 нс до 1 250 нс Напряжение: 12 В до 100 В с шагом 1 В Макс. ЧПИ: 10 кГц	4 канала для традиционных преобразователя: Отрицательный прямоугольный импульс, ширина: 30 нс до 1 250 нс Напряжение: 12 В до 200 В с шагом 1 В Макс. ЧПИ: 10 кГц
Приемник	
64 канала фазированной решётки: Входное сопротивление: 50 Ω Диапазон частот: 0.4 до 20 МГц Макс. входного сигнала: 1.2 Vpp ВРЧ и калибровка по углу Усиление: до 120 дБ с шагом 0.1дБ Помехи между двумя каналами < 50 дБ	4 канала традиционного УЗ: Входное сопротивление: 50 Ω Диапазон частот: 0.4 до 20 МГц Макс. входного сигнала: 1.4 В ВРЧ - АРД калибровка Усиление: до 120дБ с шагом 0.1дБ
Аналогово-цифровое преобразование	
Оцифровка и суммирование в реальном времени по 64 каналам КИХ-фильтры Усреднение в реальном времени до 32 реализаций Выпрямленный сигнал, ВЧ, огибающая	Разрешение данных: 16 бит Макс. частота дискретизации: 100 МГц Оцифровка глубиной до 16 384 точек Диапазон А-скана или задержки макс. 65 536 точек
Сбор данных	
Стробы на этапе настройки Максимальное количество стробов: 16 Запись данных по А-скану/пикам	Макс. поток данных 50 Мб/с на 128 Гб SSD Хранение файлов данных: до 10 Гб Срабатывание триггера по событию, энкодеру
Анализ	
Бесплатный Viewer (на персональном компьютере) или программа АВГУР-Анализ А-скан, В-скан, С-скан, D-скан, эходинамический скан Средства анализа и создания отчётов	800% диапазон амплитуд Настраиваемый отчёт по результатам контроля Совместимость с CIVA
Интерфейсы ввода/вывода	
1 разъём IPEX для ФР (может быть увеличен до 2 разветвителем) 3-осевой энкодер Вывод 3 USB 2.0 Командные кнопки	4 разъёма LEMO для традиционного V3 1 внешний триггер Передача файлов через Ethernet 16 аналоговых входов

Дефектоскоп внесен в реестр типов средств измерений под номером FR.C.27.003.A № 66918