



# Дефектометрия с применением фазированных решеток на промышленно опасных объектах

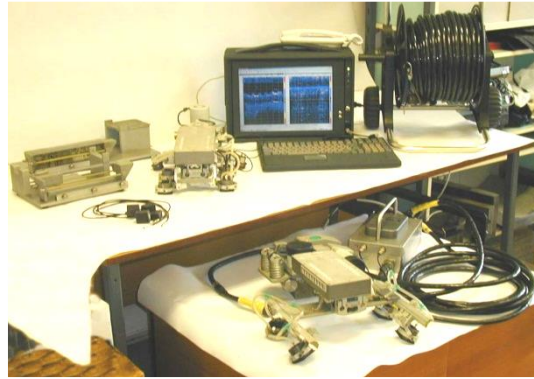
Заместитель коммерческого директора ООО «НПЦ «ЭХО+», к.т.н.

Базулин А.Е.

# СОЗДАНЫ НЕСКОЛЬКО ПОКОЛЕНИЙ СИСТЕМ АВГУР



АВГУР 4.2 :: 1996  
SAFT



АВГУР 5.2 :: 2002  
SAFT



АВГУР Т :: 2008  
3D-SAFT, TOFD, контроль ОМ



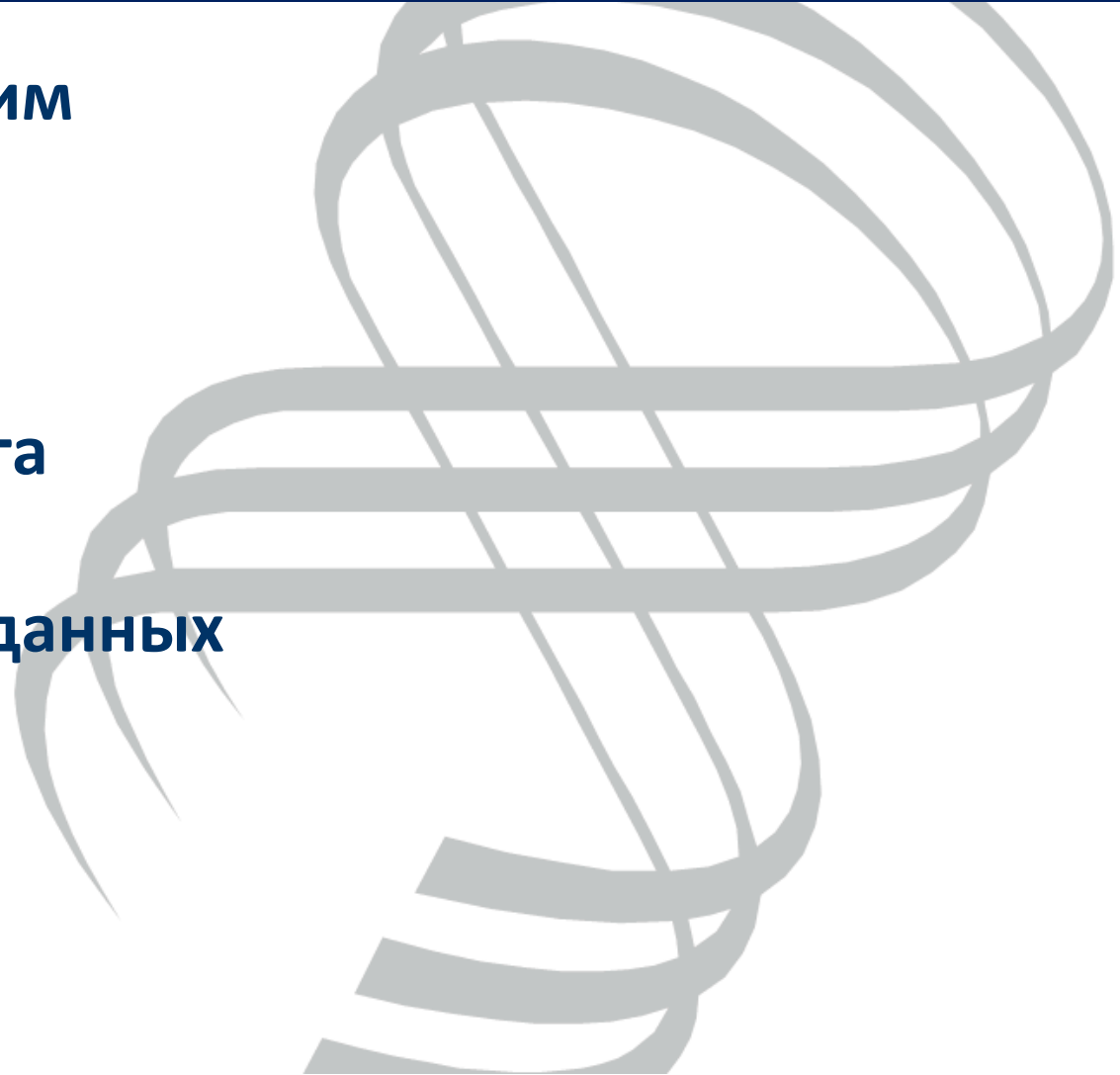
АВГУР-АРТ:: 2012  
ФАР, ЦФА



АВГУР-ТФ:: 2017  
ФАР, ЦФА, TOFD

# ПРЕИМУЩЕСТВА ФАЗИРОВАННЫХ РЕШЕТОК

1. Визуализация с записью и последующим анализом
2. Обеспечение высокого разрешения и многокурсного озвучивания
3. Возможность измерения и мониторинга
4. Скорость проведения контроля
5. Возможность автоматизации анализа данных



# ПРИМЕРЫ УСПЕШНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ДЕФЕКТОМЕТРИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФР

- 1. АУЗК на АЭС**
- 2. АУЗК магистральных газопроводов**
- 3. Аттестация сварки и контроль сварных швов роторов**
- 4. Образмеривание дефектов на глубине 150 мм в сварном шве НІР**
- 5. Выявление включений в стенке сосуда**





# КОНТРОЛЬ ТРУБОПРОВОДОВ И ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

Разработаны более 10 методик контроля сварных соединений с применением технологий фазированных решеток (ФАР, ЦФА)

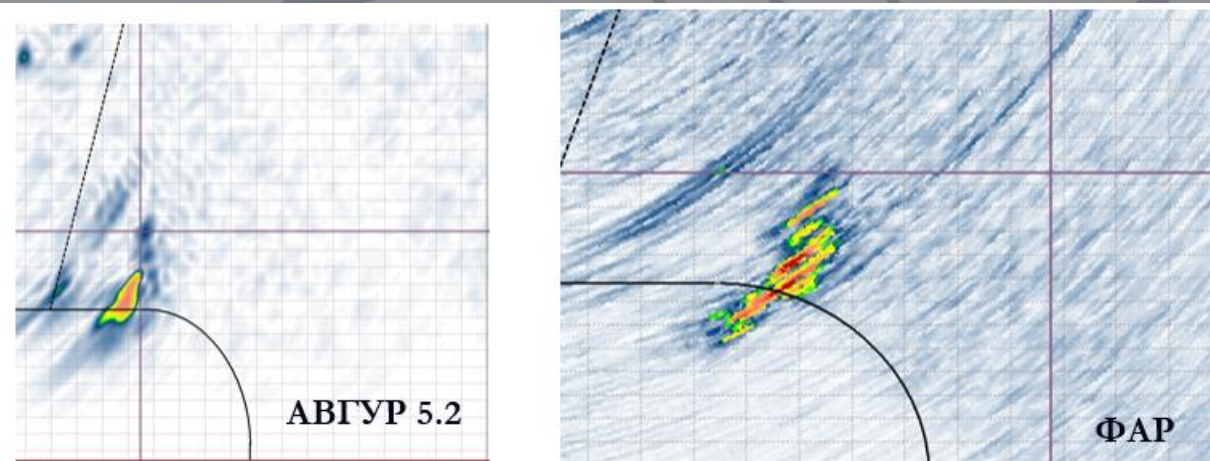
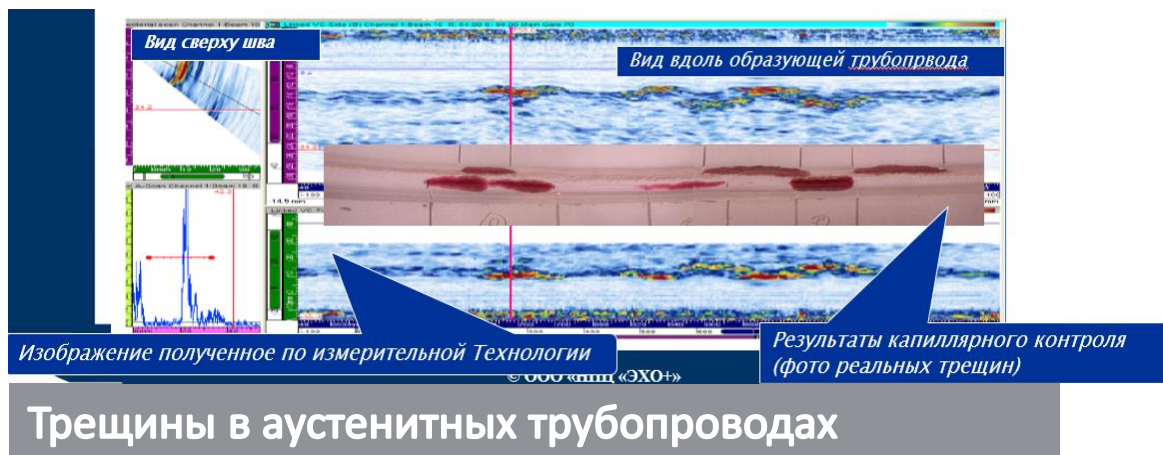
Толщины: от 5 до 90 мм

Диаметры: от 89 до 5 000 мм

Материалы: перлитные, аустенитные, разнородные

## ЭФФЕКТ

- Обеспечение замены РГК на АУЗК для широкого диапазона типоразмеров
- Введение размерных критериев эксплуатационных дефектов
- Переход к технологии полной автоматизации

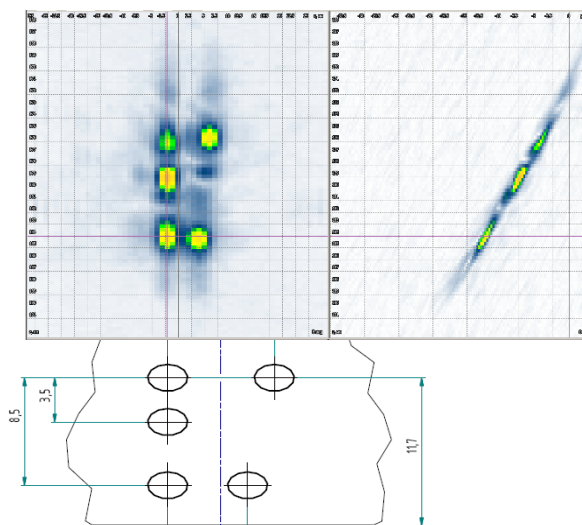
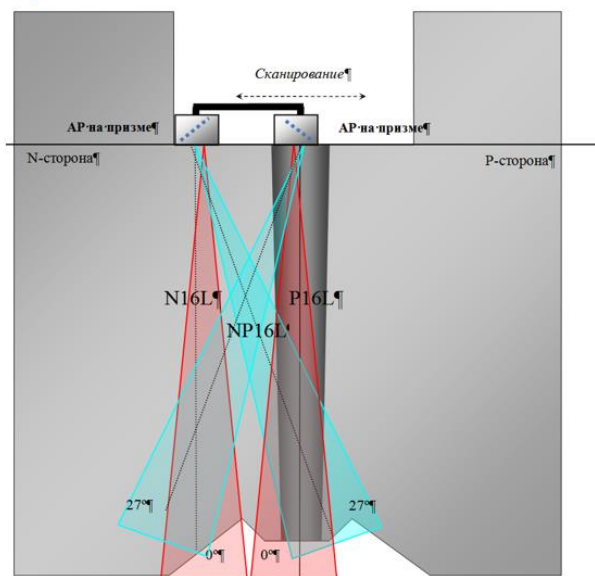


Трещина в сварном соединении толщиной 70 мм

# РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ АТТЕСТАЦИИ СВАРКИ РОТОРОВ

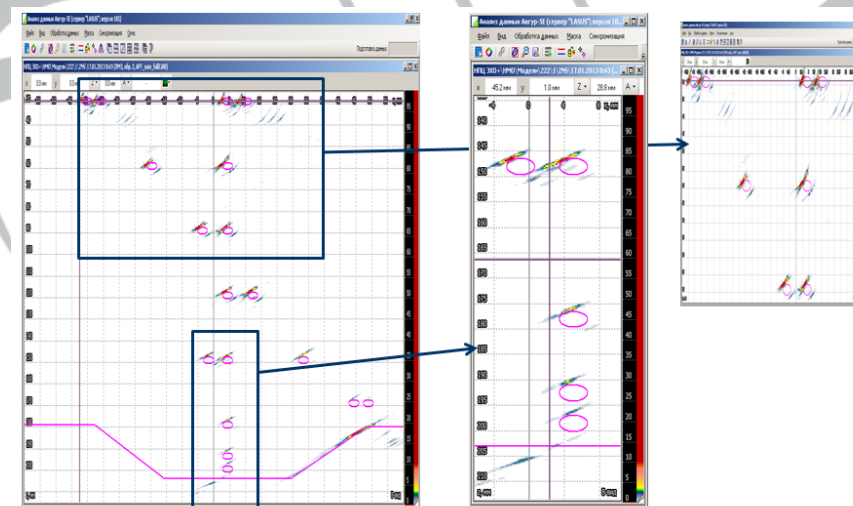
Задача контроля сварного шва ротора в условиях ограниченного доступа  
Требование к разрешающей способности 2 мм на глубине 200 мм

Применялись продольные волны и обработка ЦФА-ХУ



## ЭФФЕКТ

- Выполнено требование к разрешающей способности 2 мм вне зависимости от глубины
- Своевременно выявлены дефекты в контрольных сварных соединениях и обеспечен мониторинг за отсутствием дефектов в изготавливаемых изделиях

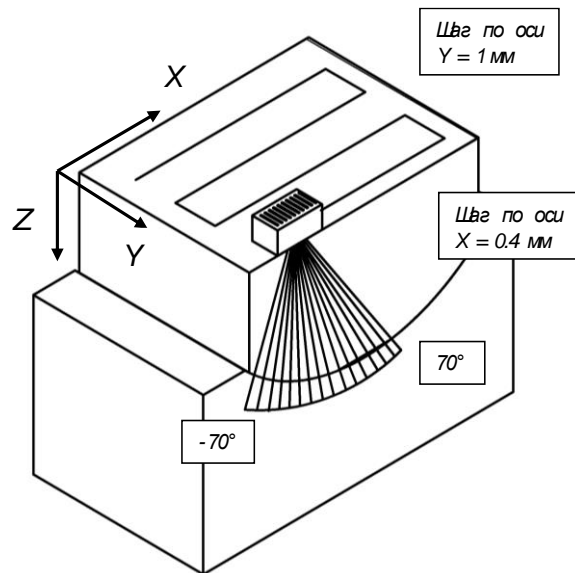


# ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ ШВОВ ДИВЕРТОРА ВАКУУМНОЙ КАМЕРЫ ИТЭР

**Задача: выявление и образмеривание дефектов в НРП сварном соединении, толщиной 150 мм.**

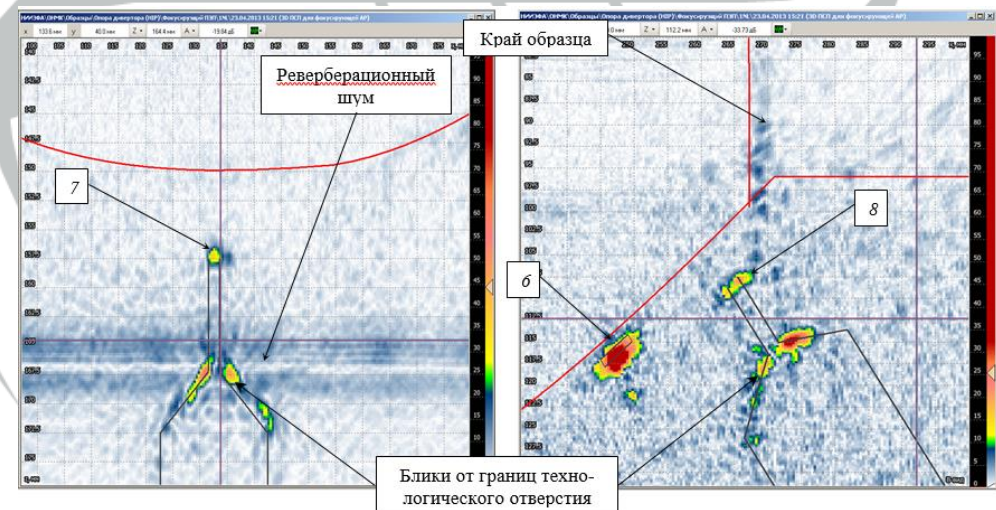
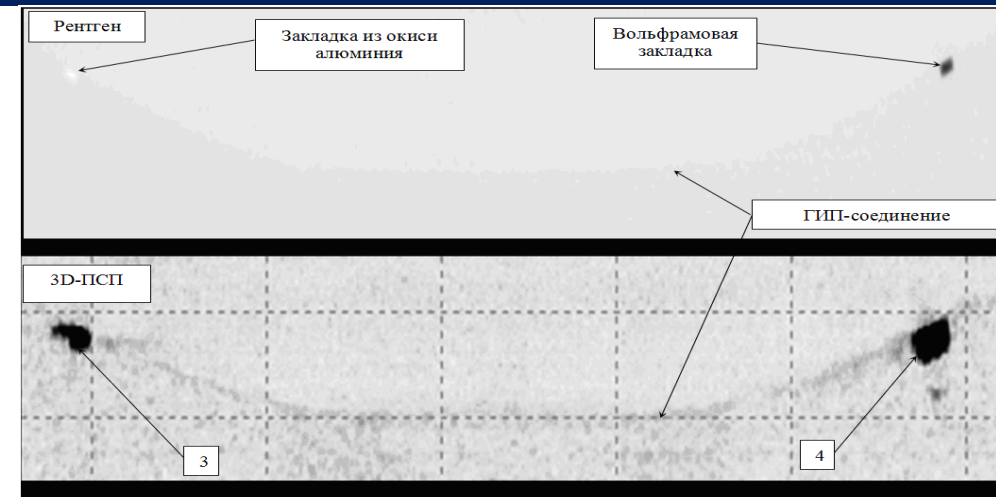
**Выявление ПДО  $\varnothing 1$  мм, точность измерения  $\pm 1$  мм**

**Применялось двухкоординатное сканирование фазированными решетками и обработка 3D-SAFT**



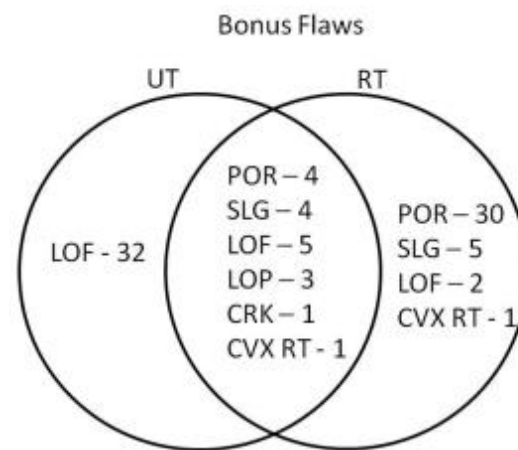
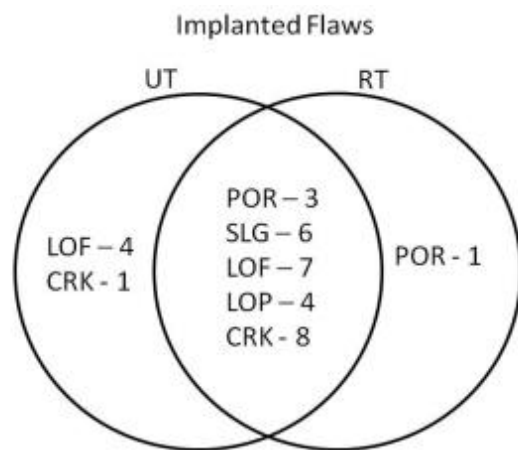
## ЭФФЕКТ

- Разработано специальное программное обеспечение и методика контроля
- Выполнены требования к высокой точности измерения

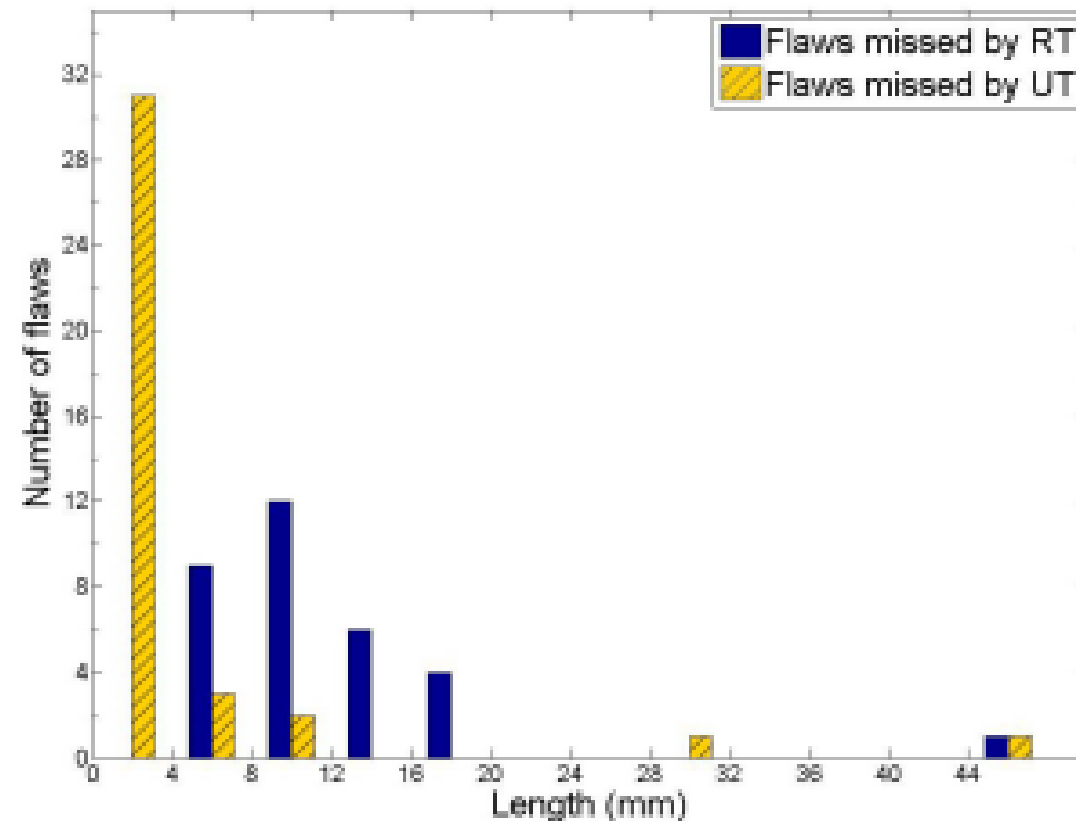




# Mitsui Babcock report, HSE, 2005



Bonus flaws missed by UT or RT





# ПРОВЕДЕНИЕ АУЗК МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ



УПРАВЛЯЮЩИЙ  
КОМПЬЮТЕР

ДЕФЕКТОСКОП  
64x64 канала или  
64x128 каналов

ФАЗИРОВАН  
НЫЕ  
РЕШЕТКИ

## ЭФФЕКТ

- Высокая скорость контроля
- Измерение высоты дефектов
- Выявление трещин

1. **Метод фазированной антенной решетки**  
( секторное, линейное сканирование )  
ФАР (РА)

Каналы слежения за акустическим контактом

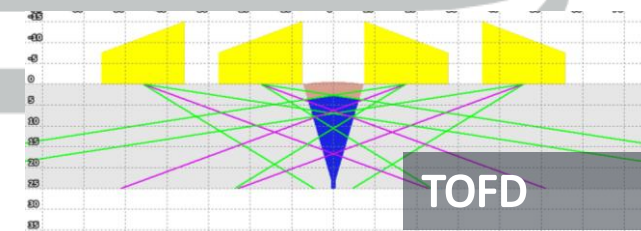
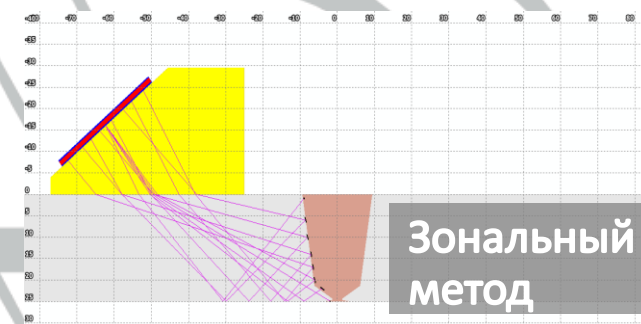
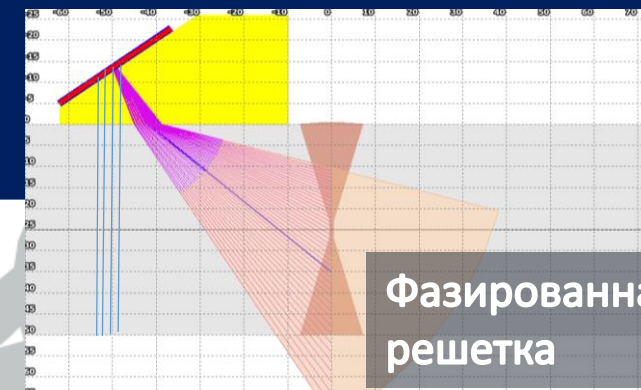
2. **Метод зональной фокусировки АР**

3. **Дифракционно-временной метод**  
 $\Delta$ ВМ (TOFD)

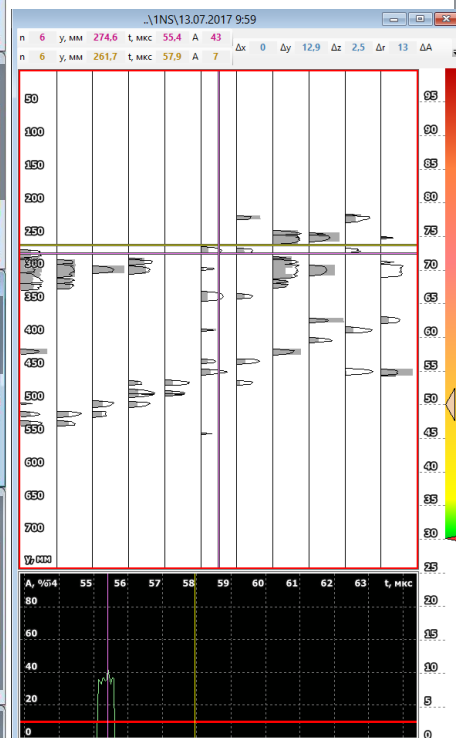
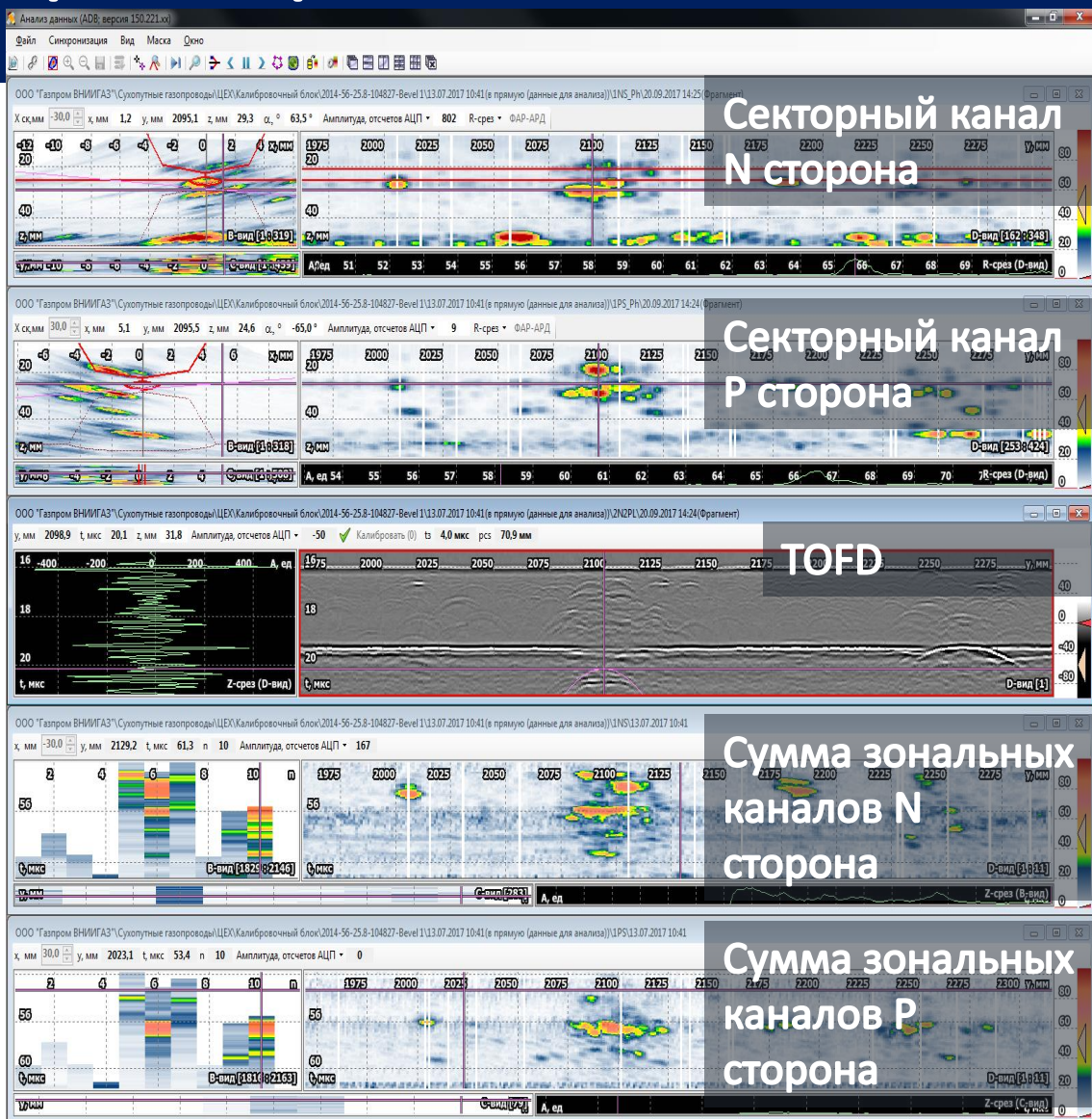
4. **Метод цифровой фокусировки АР**  
ЦФА (TFM)

Применение MultySAFT

5. **Модуль АВИК**



# Примеры сканов



- Представление результатов контроля в трех проекциях (развертках): B(S)-; C-; D- типа и на A-развертки, Strip chart;
- Инструменты для обнаружения дефектов по амплитудному признаку (отсечка сигналов ниже порога...)
- Расширенный набор инструментов для определения характеристик дефектов, включая калибровку TOFD маркеров
- База данных (все параметры и результаты контроля, характеристики обнаруженных дефектов)
- Автоматизированное формирование отчета по результатам контроля.



# ВЫЯВЛЕНИЕ СКОПЛЕНИЙ ДЕФЕКТОВ В СТЕНКЕ СОСУДА

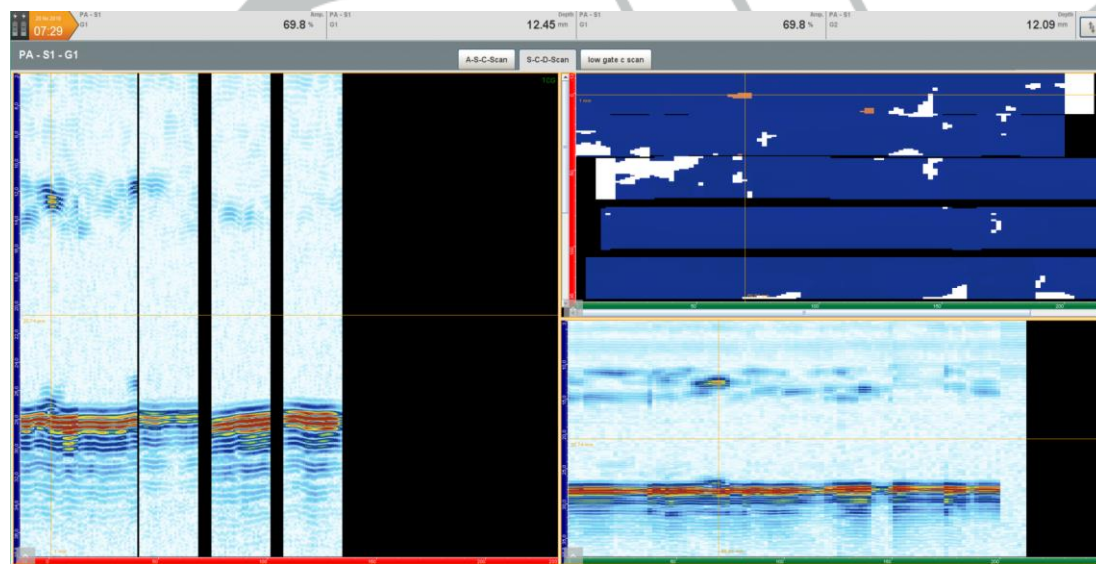
**Задача: оценить степень дефектности стенки резервуаров для сжиженных углеводородов. По данным ручного контроля было оценено, что имеются недопустимые скопления**

**Контроль проводился с дефектоскопом ГЕККОН и ФР в режимах линейного сканирования и ЦФА**

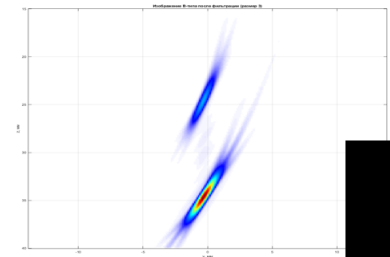


## ЭФФЕКТ

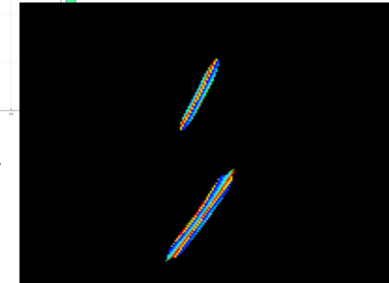
- Проведен сплошной контроль с применением ФР на 20 резервуарах на участках 200x200 мм с построением карты дефектов
- Показано, что имеющиеся включения являются допустимыми по ГОСТ 22727



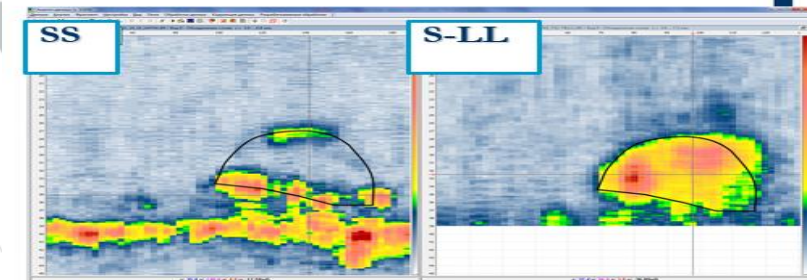
- Унификация подходов в настройке чувствительности и методиках определения размера и типа дефектов (учет фазы, многосхемность)
- Массовое внедрение технологий
- Разработка специализированных методик (для угловых швов, швов с узкой разделкой и иными особенностями конфигурации)
- Надежное обеспечение выявления поперечных дефектов и измерение их размеров при наличии валиков усиления сварного шва
- Дальнейшая автоматизация анализа данных, накопление баз для обучения алгоритмов
- Продвинутое алгоритмы обработки



Амплитудное представление блика.

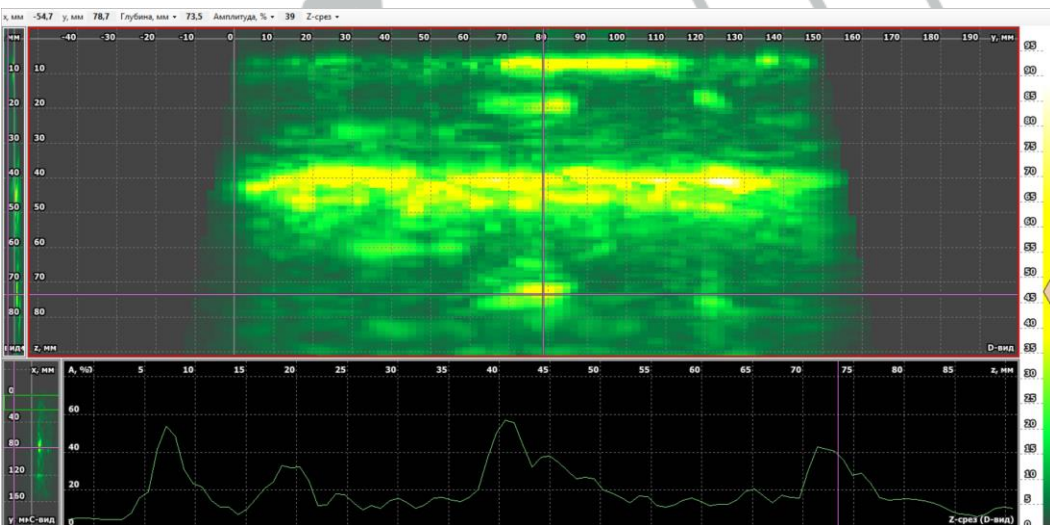
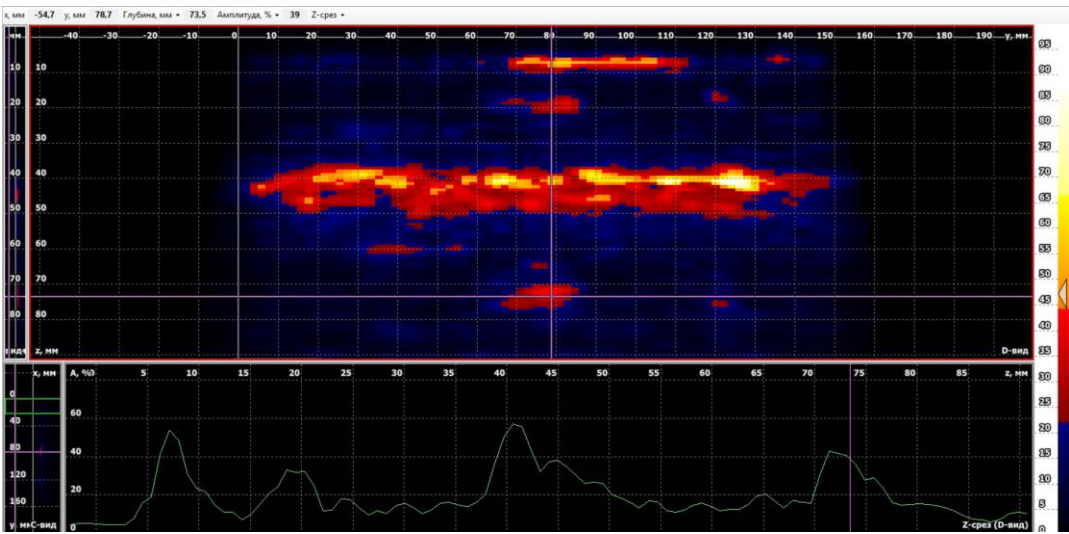
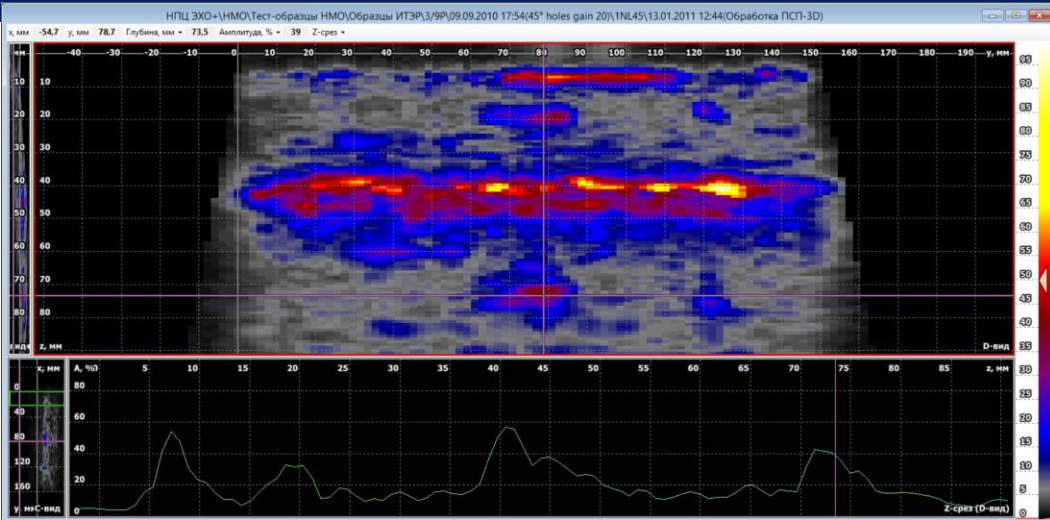
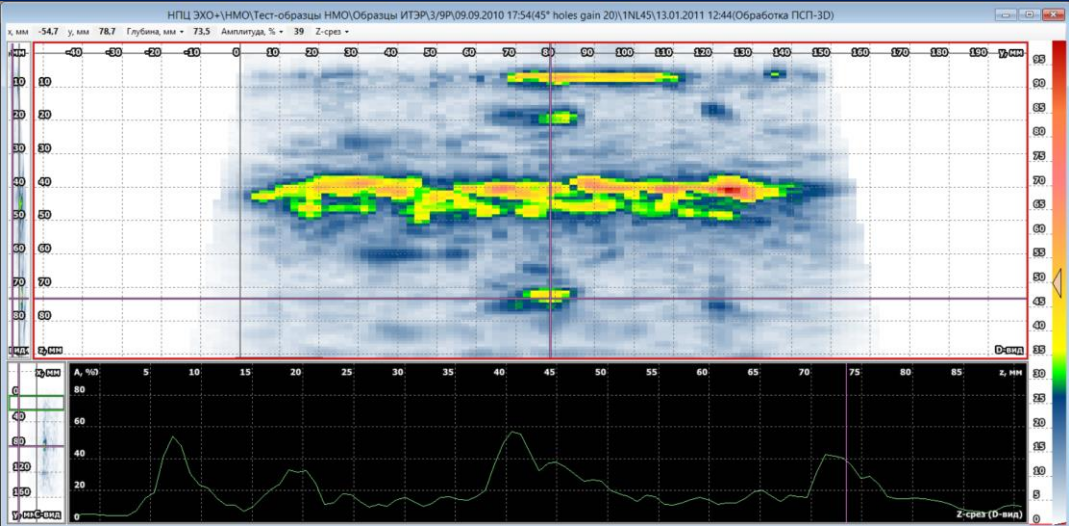


Фазовое представление блика – оценить фазу очень сложно.



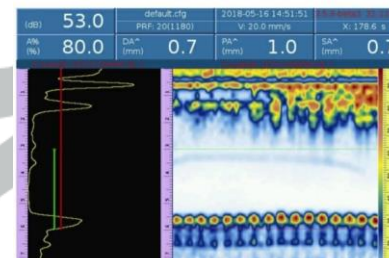
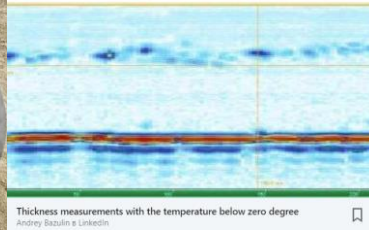
Визуализация поднаплавочной усталостной трещины по схеме с трансформацией типа волны и отражением от дна под наплавкой.





# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

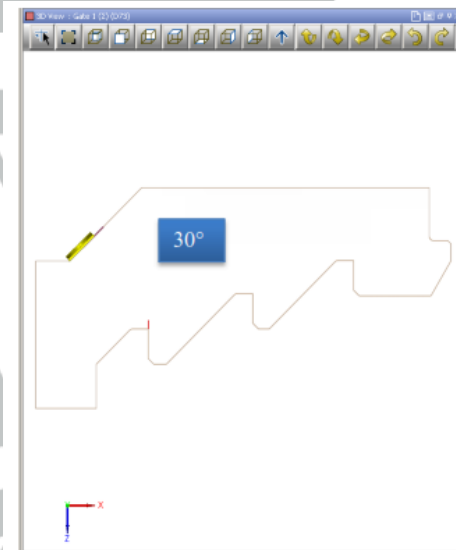
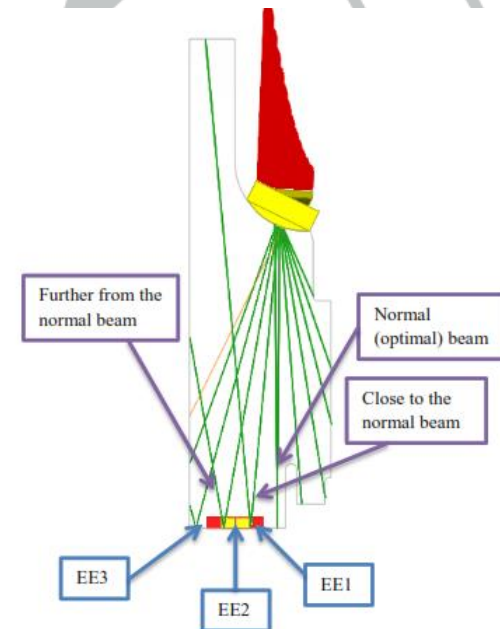
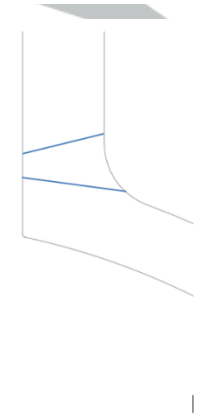
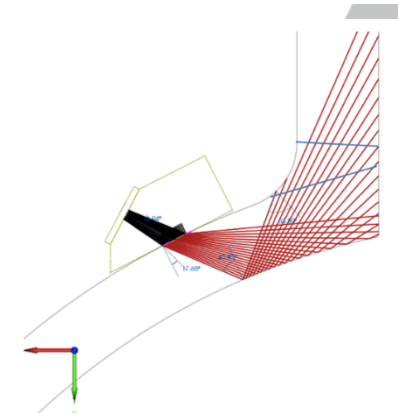
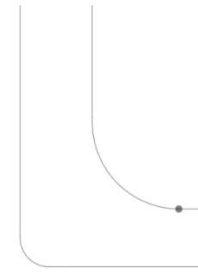
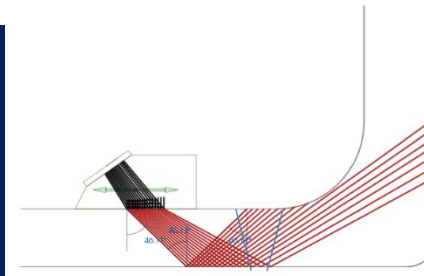
- Унификация подходов в настройке чувствительности и методиках определения размера и типа дефектов (учет фазы, многосхемность)
- **Массовое внедрение технологий**
- Разработка специализированных методик (для угловых швов, швов с узкой разделкой и иными особенностями конфигурации)
- Надежное обеспечение выявления поперечных дефектов и измерение их размеров при наличии валиков усиления сварного шва
- Дальнейшая автоматизация анализа данных, накопление баз для обучения алгоритмов
- Продвинутое алгоритмы обработки





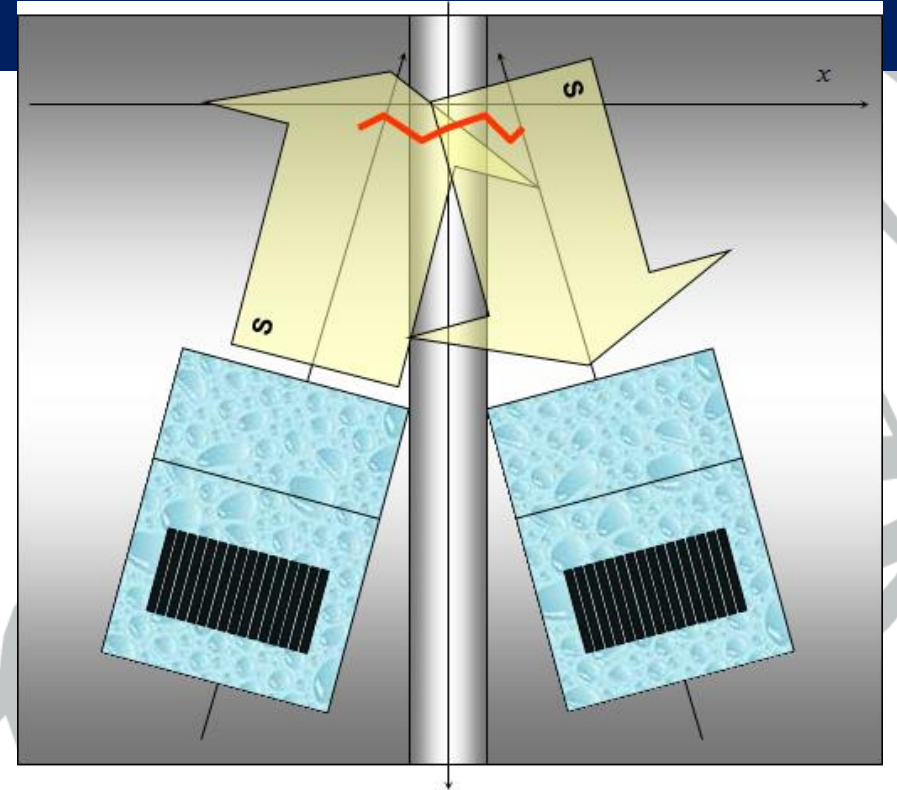
# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

- Унификация подходов в настройке чувствительности и методиках определения размера и типа дефектов (учет фазы, многосхемность)
- Массовое внедрение технологий
- **Разработка специализированных методик (для угловых швов, швов с узкой разделкой и иными особенностями конфигурации)**
- Надежное обеспечение выявления поперечных дефектов и измерение их размеров при наличии валиков усиления сварного шва
- Дальнейшая автоматизация анализа данных, накопление баз для обучения алгоритмов
- Продвинутое алгоритмы обработки



# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

- Унификация подходов в настройке чувствительности и методиках определения размера и типа дефектов (учет фазы, многосхемность)
- Массовое внедрение технологий
- Разработка специализированных методик (для угловых швов, швов с узкой разделкой и иными особенностями конфигурации)
- **Надежное обеспечение выявления поперечных дефектов и измерение их размеров при наличии валиков усиления сварного шва**
- Дальнейшая автоматизация анализа данных, накопление баз для обучения алгоритмов
- Продвинутое алгоритмы обработки



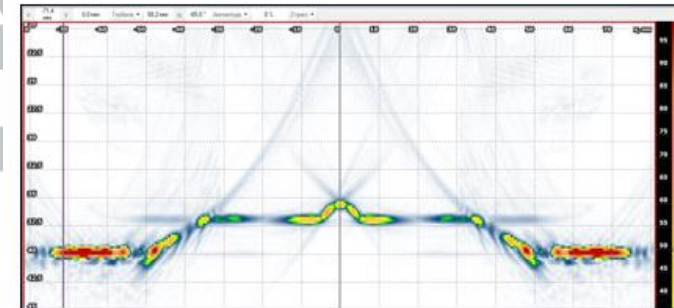
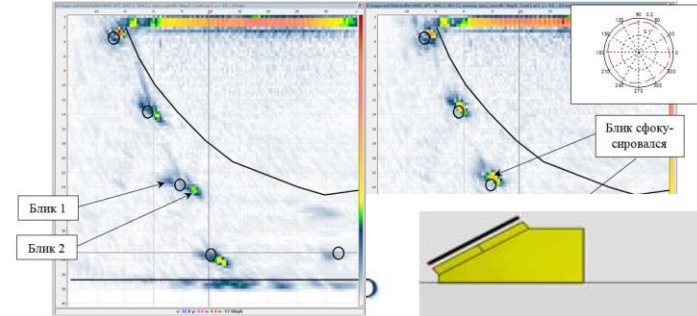
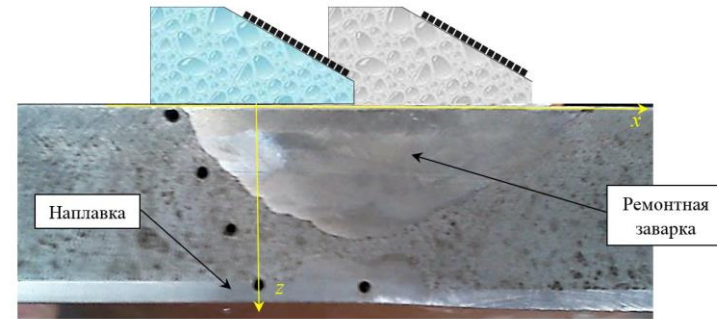
Размещение АР на призме с поворотом на позволит получать изображения поперечных трещин в единой системе координат.





# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

- Унификация подходов в настройке чувствительности и методиках определения размера и типа дефектов (учет фазы, многосхемность)
- Массовое внедрение технологий
- Разработка специализированных методик (для угловых швов, швов с узкой разделкой и иными особенностями конфигурации)
- Надежное обеспечение выявления поперечных дефектов и измерение их размеров при наличии валиков усиления сварного шва
- Дальнейшая автоматизация анализа данных, накопление баз для обучения алгоритмов
- **Продвинутые алгоритмы обработки**



Спасибо за внимание!



Технологии и опыт на защите ваших объектов

ООО «НПЦ «ЭХО+»  
[www.echoplus.ru](http://www.echoplus.ru)  
[echo@echoplus.ru](mailto:echo@echoplus.ru)

