

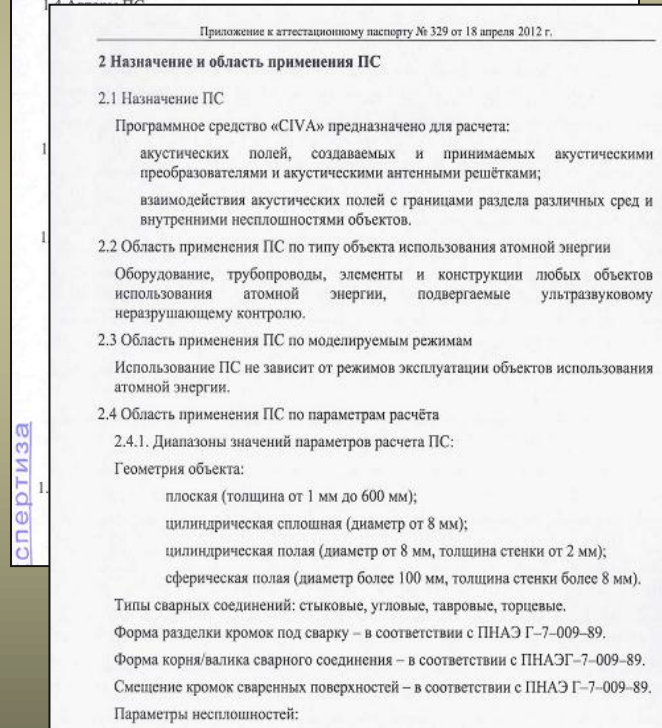
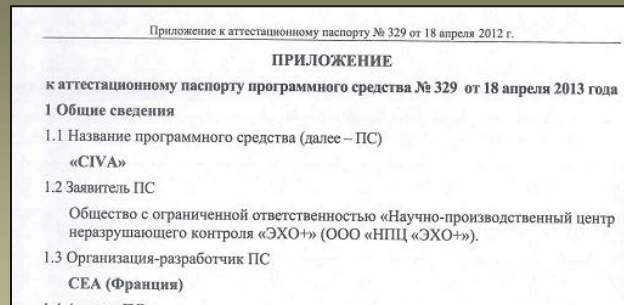


# **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧ УЗК С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «СІVA»**

**Бадалян В.Г.  
Москва, НПЦ «ЭХО+»**



# Программное средство «CIVA» (CEA)



спертиза



# НАЗНАЧЕНИЕ CIVA

- **моделирование акустических полей, создаваемых акустическими преобразователями и акустическими антенными решётками;**
- **моделирование взаимодействия акустических волн с несплошностями, локализованными в твёрдых телах ограниченных размеров (акустические методы отражения, прохождения и комбинированные);**
- **компьютерный анализ в широкой области изменения параметров контроля и возможных положений, форм, размеров и ориентаций дефектов.**



# Основные области применения программы

## **Разработка методик контроля:**

- моделирование различных схем неразрушающего контроля;**
- оптимизация параметров методики контроля:**
  - выбор оптимальных схем контроля,**
  - выбор параметров акустических преобразователей различного типа**

## **Оценка соответствия разработанной методики требованиям технического задания.**

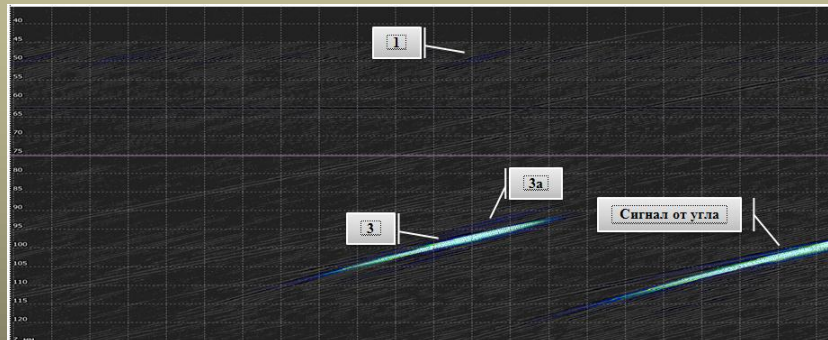
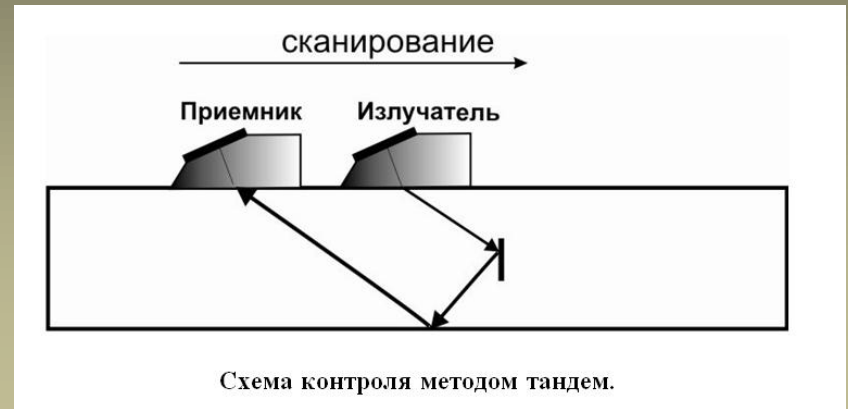
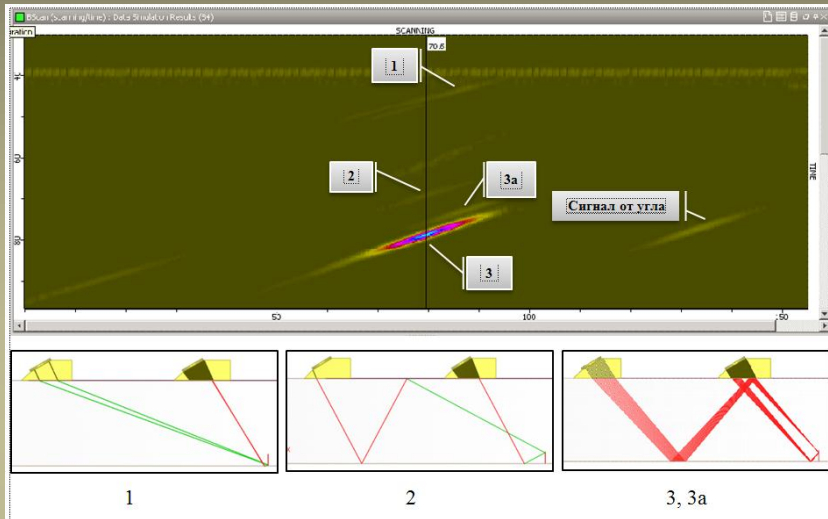
- оценка возможности обнаружения наиболее трудно выявляемых дефектов;**
- предсказание амплитуды эхосигналов от предполагаемых дефектов и определения уровней чувствительности;**
- интерполяция поведения методики при пробеле между экспериментальными данными;**
- физическое понимание причин появления эхосигналов (из-за эффектов преобразования мод, геометрических отражений ...);**
- построение POD – кривой зависимости вероятности обнаружения дефектов от их размера (длины, высоты).**



# Вычислительные алгоритмы, реализованные в CIV4

- Для расчёта акустических полей преобразователей и антенных решёток используется теория лучевых трубок, которая описывает распространение звука в скалярном приближении
- Для расчёта взаимодействия акустических полей с дефектами применяются:
  - Теория дифракции Кирхгофа  
*[дифракция на плоском полуэллиптическом и прямоугольном дефектах, на отверстиях бокового сверления, плоскодонном и полусферическим отверстиях],*
  - Геометрическая теория дифракции  
*[для описания процесса дифракции на краях трещин],*
  - Модифицированное Борновское приближение  
*[дифракция на твердых включениях в упругой матрице],*
  - Метод разделения переменных  
*[более точное описания процесса дифракции на отв. бокового сверления].*

# Моделирование методик УЗК (анализ схем контроля)



Амплитуда эхосигналов для схемы тандем с базой 80 мм.

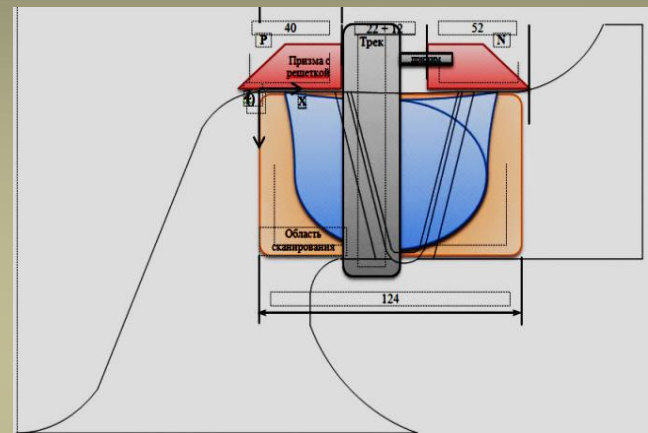
Схема распространения акустических пучков	Амплитуда эхосигналов, дБ	
	Расчёт	Эксперимент
1	-33,5	-30,6
2	-36,6	—
3а	-28,8	-29,6
3	0	0



# Моделирование методик УЗК (выбор параметров акустических преобразователей)

## Геометрические размеры АР, использованных при моделировании.

№ АР	Частота, МГц	Расстояние между элементами, мм	Длина призмы, мм	Число возможных положений на объекте	Возможные положения на объекте Р-сторона, мм	Возможные положения на объекте N-сторона, мм
1	5	0,8	52	2	40	72
2	5	0,6	42	4	40	70, 75, 80



## Фронтальная разрешающая способность для АР с 32 и 16 элементами

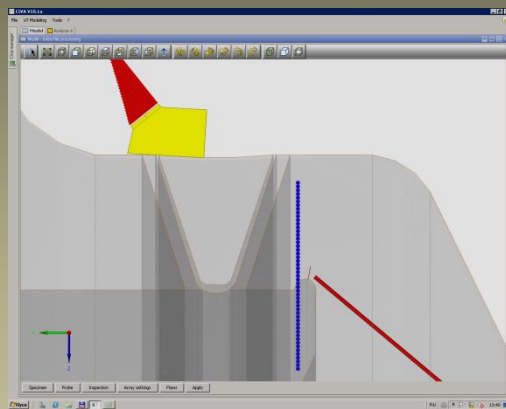
№ АР	32 элемента Разрешение, мм	16 элементов			
		Разрешение, мм (1-е положение)	Разрешение, мм (2-е положение)	Разрешение, мм (3-е положение)	Разрешение, мм (4-е положение)
1	3,7	7,0	6,6	6,8	-
2	4,7	9,2	8,5	7,8	7,9

$$A_{\text{ВЫХ}}^{32} \geq A_{\text{ВЫХ}}^{16} + 6 \text{ ДБ}$$

## Использование 16-элементных решёток:

- усложняет задачу выявления несплошностей на фоне сигналов от коррозионного износа галтели;
- увеличивает погрешность измерения высоты несплошностей;
- дают дополнительные возможности для выбора положения призмы с АР.

# Моделирование методик УЗК (выявляемость дефектов на фоне коррозионных язв)

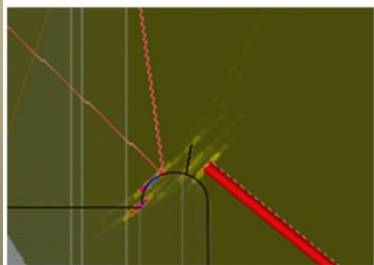


Отражающая способность язвы и трещины, растущей из язвы

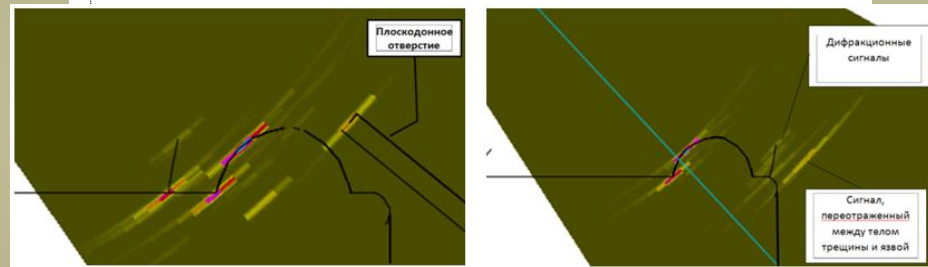
	Амплитуда эхосигналов, дБ	Высота язвы, мм		
		0	2	6
2	$A_{\text{язвы}}$	-	12,8	11
	$A_{\text{трещ}}$	-1,1	9,6	-1,8
5	$A_{\text{язвы}}$	-	12,8	11
	$A_{\text{трещ}}$	-2,2	9,2	-8,4
7	$A_{\text{язвы}}$	-	12,8	11,4
	$A_{\text{трещ}}$	-1,5	10,2	-3



Изображения S-типа от трещины высотой 5, растущей из вершины «коррозионной язвы»: слева – без язв, справа – язва 2 мм, внизу – язва 6 мм.



Амплитуда эхосигнала от язв больше (на 4 дБ – для язвы высотой 2 мм и более чем на 12 дБ – для язвы высотой 6 мм)



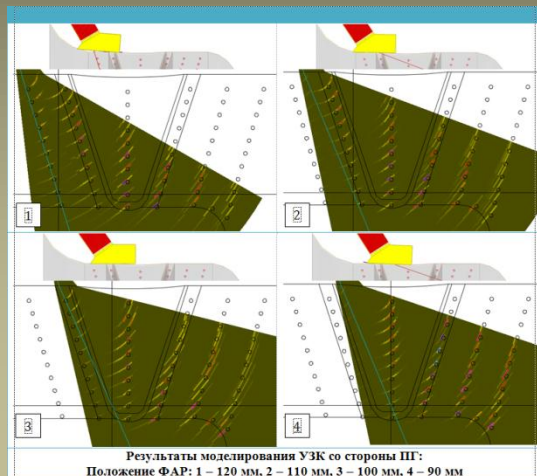
- амплитуда дифракционных сигналов от верхнего конца трещины не зависит от высоты трещины и на 13 дБ меньше амплитуды максимума эхосигнала от плоскодонного отверстия, соответствующему уровню фиксации неоднородности;
- амплитуда сигналов от нижнего конца трещины, расположенной на вершине модели язвы диаметром 2 мм выше, чем в других случаях за счёт затенения донной поверхностью корня трещины;
- амплитуда эхосигналов от моделей язв слабо зависит от их размеров.





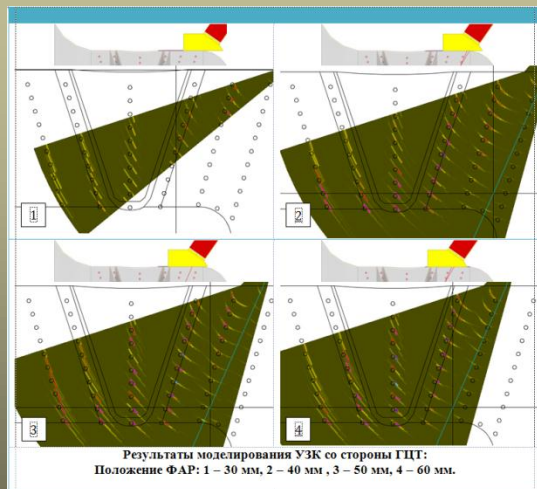
# Моделирование методик УЗК (оценка амплитуд эхосигналов по всей области контроля )

Числитель в табл.



Положение по Y/Z	Ряд №						
	1	2	3	4	5	6	7
1	-/-	7/-	13 / 16	-/8	-/-	-/-	-/-
2	-/-	9/-	17 / 14	-/7	-/-	-/-	-/-
3	-/-	7 / 13	16 / 14	8 / 6	-/-	-/-	-/-
4	- / 11	5 / 11	14 / 16	16 / 2	8 / -	- / -	- / -
5	- / 14	<b>-6 / 19</b>	16 / 15	<b>12 / -6</b>	13 / -	8 / -	- / -
6	- / 12	<b>-5 / 13</b>	15 / 14	<b>13 / -5</b>	15 / -	7 / -	- / -
7	- / 7	<b>-5 / 10</b>	16 / 13	<b>21 / -6</b>	10 / -	8 / -	- / -
8	- / 18	<b>-5 / 14</b>	14 / 13	<b>21 / -7</b>	13 / -	10 / -	- / -
9	- / 10	<b>-6 / 14</b>	12 / 9	<b>21 / -7</b>	17 / -	12 / -	- / -
10	- / 19	<b>-7 / 16</b>	6 / 3	<b>18 / -7</b>	13 / -	14 / -	- / -
11	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -	14 / -	9 / -

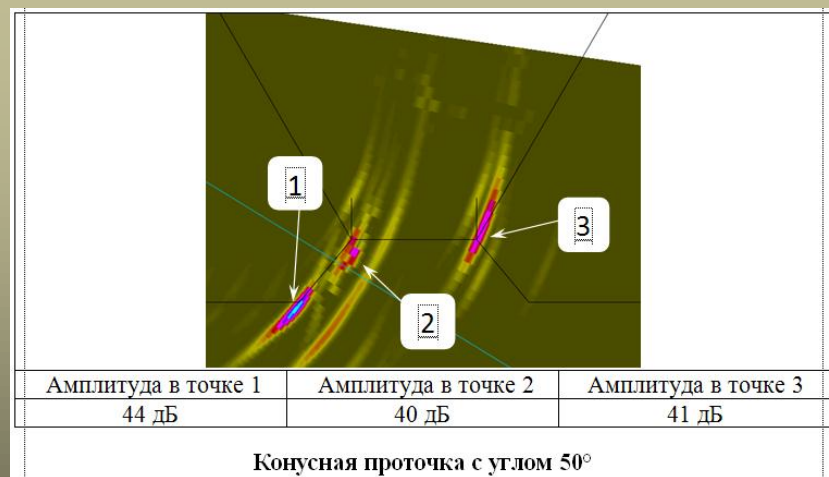
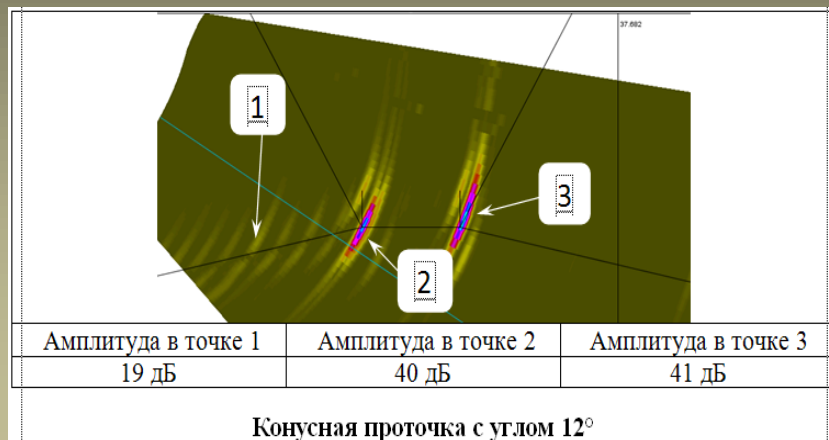
Знаменатель в табл.



- для выбранной схемы контроля обнаружение всех дефектов в наплавленном металле и в зоне галтели возможно только при двустороннем контроле СС;
- эффективный контроль области галтели возможен только со стороны, противоположной галтели переходу;
- дефекты из рядов №2 и №4, локализованные на глубинах 5 – 10 мм при контроле только с одной стороны имеют достаточную амплитуду, чтобы уверенно выявляться;
- в области галтели обнаружение дефектов возможно только при положении ФАР со стороны, противоположной галтели



# Моделирование методик УЗК (влияние конусной проточки сварного шва)



- **отражающая способность конусной проточки с углом 12° на 20 - 21 дБ меньше отражающей способности эталонного отражателя (паз 2 мм x10 мм);**
- **отражающая способность конусной проточки с углом 50° на 3-4 дБ больше отражающей способности эталонного отражателя;**
- **при увеличении угла проточки отражающая способность конструктивного отражателя возрастает**



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !**