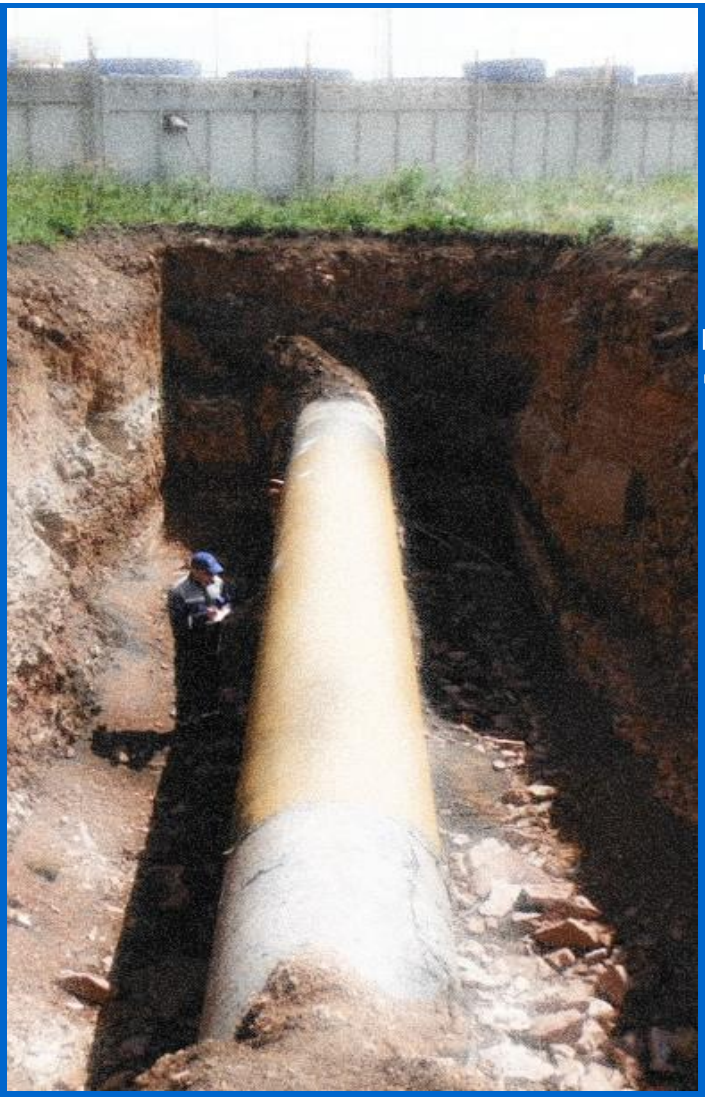
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ САМАРА»

Служба управления техническим состоянием и целостностью газотранспортной системы
(СУТСЦ ГТС)



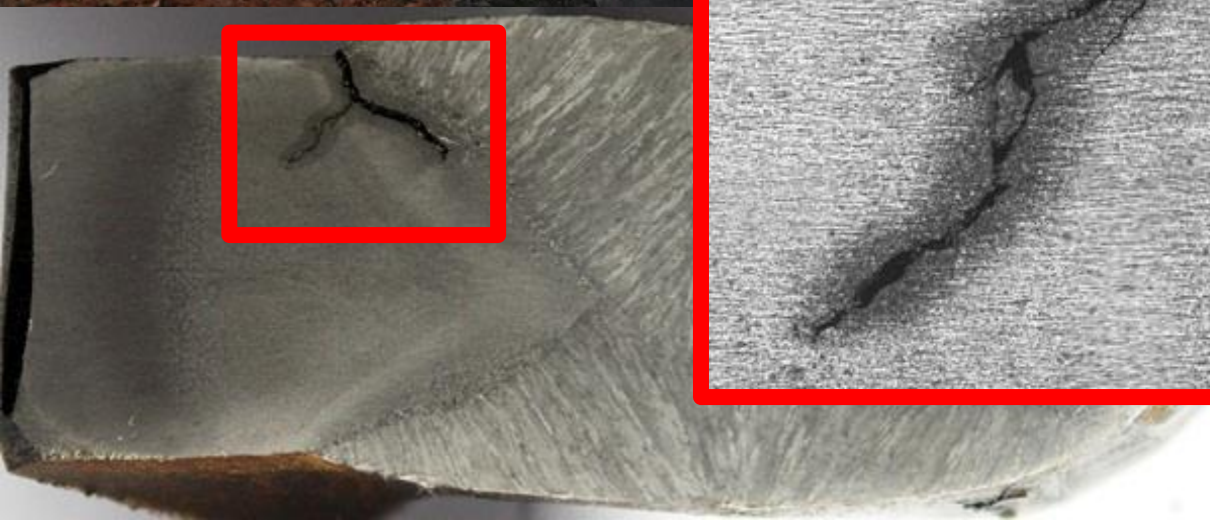
ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ МОНИТОРИНГА ДЕФЕКТОВ КРН НА ТРУБОПРОВОДАХ ОБЩЕСТВА «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ САМАРА»

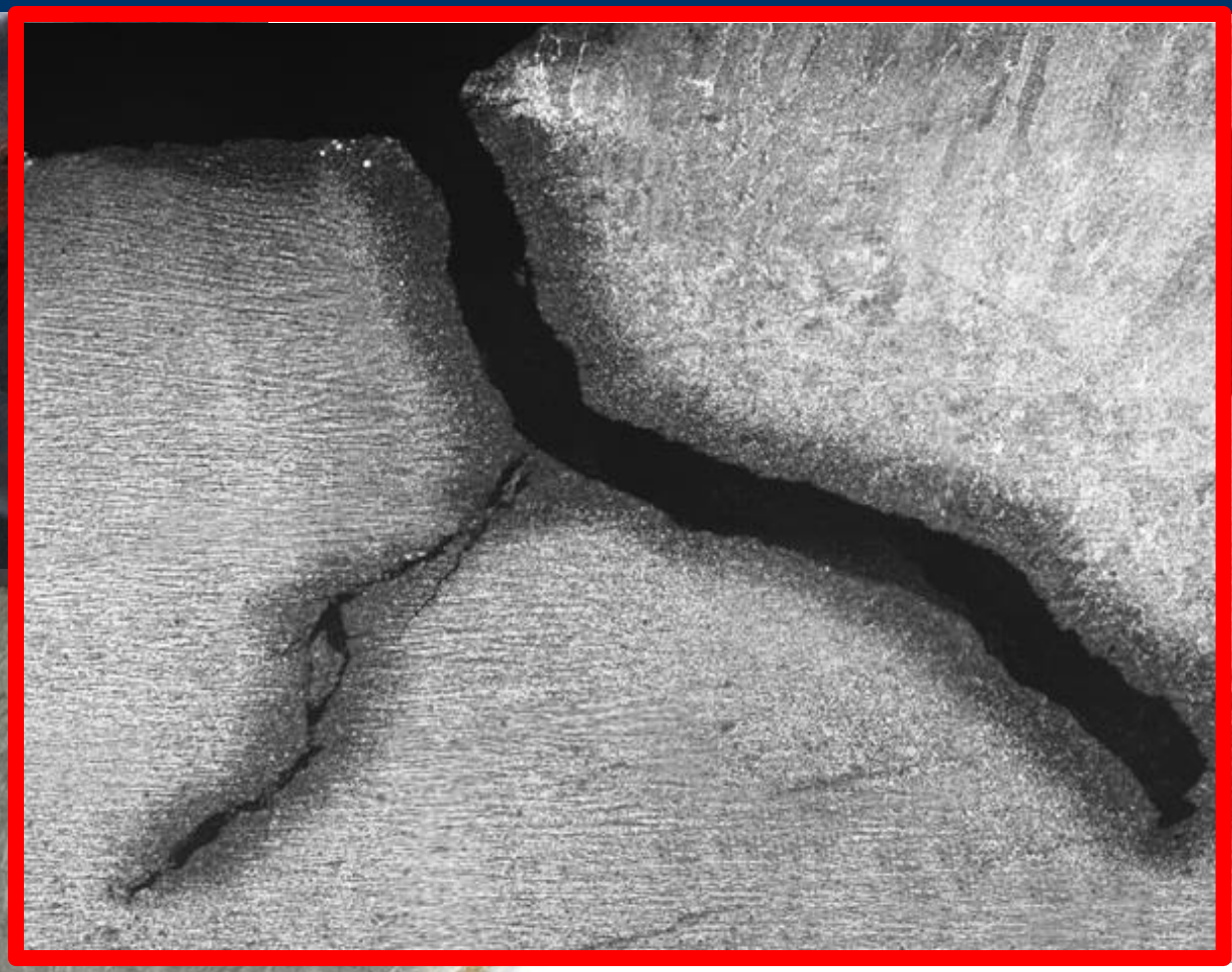
Докладчики:
Афанасьев Алексей Викторович, Савин Дмитрий Валерьевич
инженеры службы управления техническим состоянием и целостностью газотранспортной системы ООО «Газпром трансгаз Самара»

IV Международный научно-практический семинар «Повышение надежности магистральных газопроводов, подверженных коррозионному растрескиванию под напряжением» 6-8 июня 2018 г.

АВАРИЯ НА МГ ДУ 1400 10.2015

последствия и причины аварии

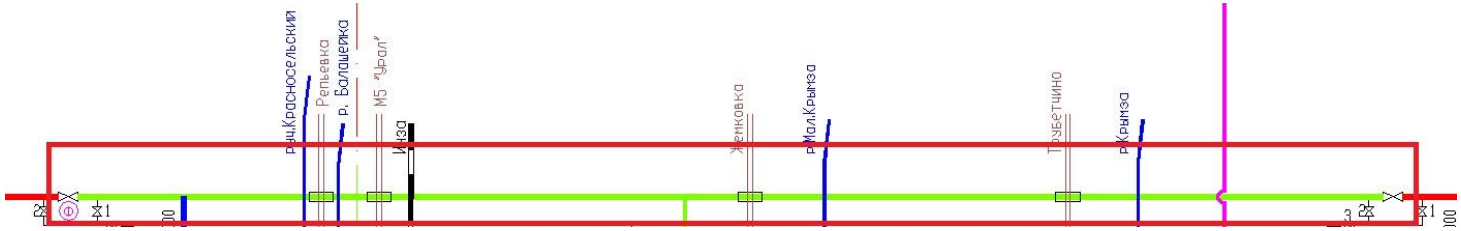


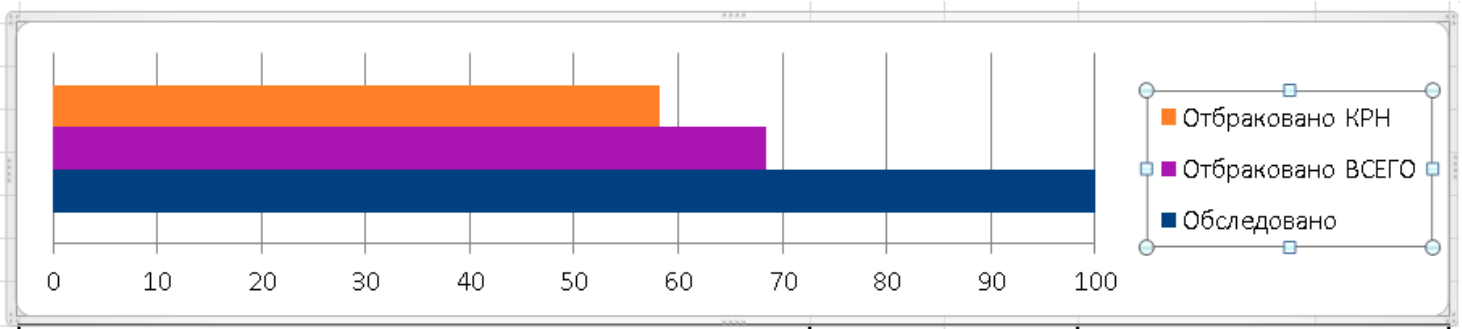


КОЛИЧЕСТВО МЕЛКИХ ДЕФЕКТОВ КРН

на участке капитального ремонта в Газпром трансгаз Самара

Капитальный ремонт участка магистрального газопровода

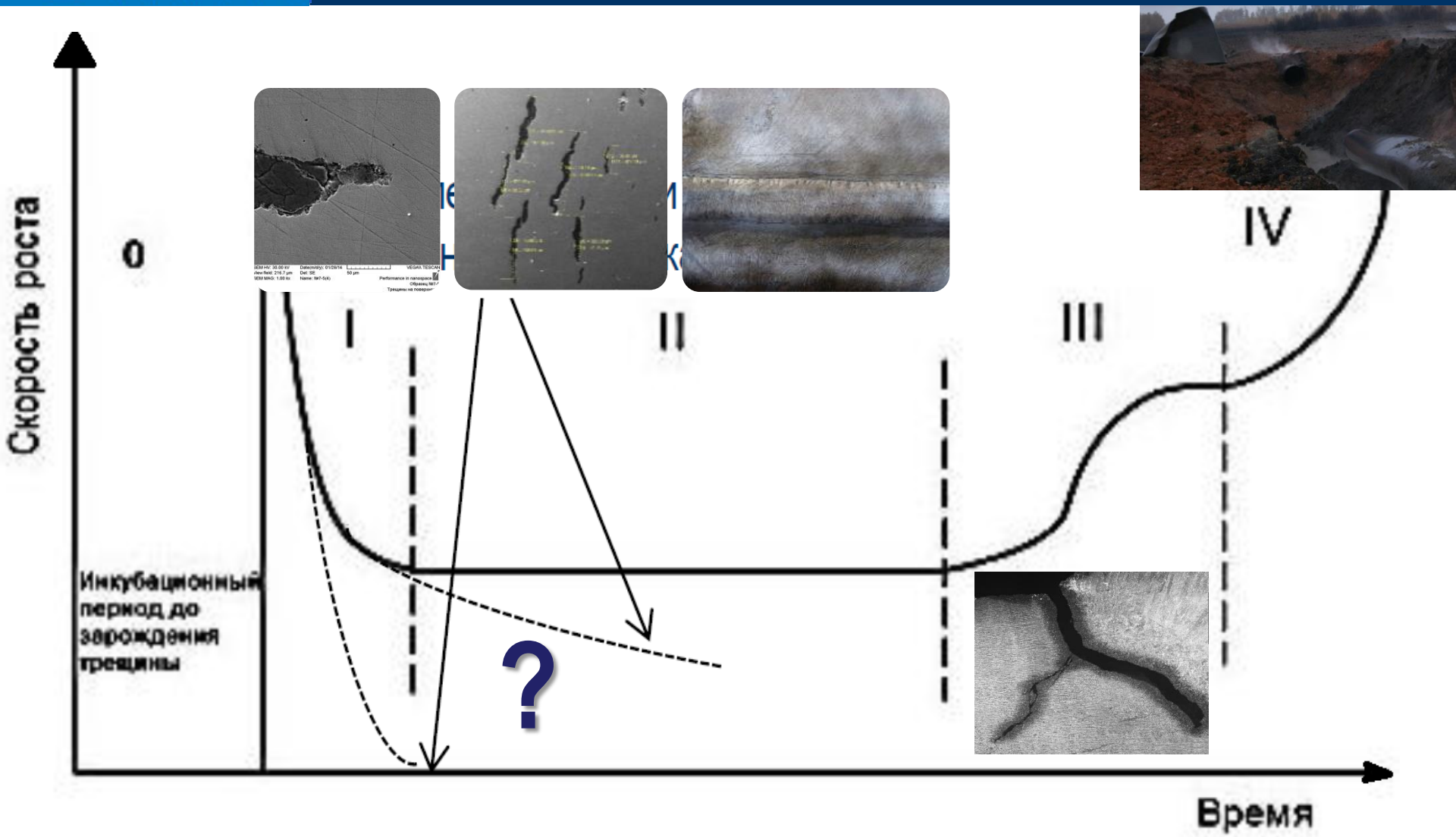




			Отбраковано КРН	
	метров	труб	труб	метров
Количество обследованных труб, м/шт.	19635,63	1764		
Количество отбракованных труб, м/шт.	13549,99	1206	1028	11636,05
Количество отбракованных катушек, м/шт.	9,56	5		
Итого под под вырезку, м	11755,18			
Отбраковка обследованных труб по всем дефектам, %	59,87	68,37		
Кол-во труб с выявленым КРН в общей массе, %			58,28	59,26
Кол-во труб с выявленым КРН в бракованых трубах, %			85,24	85,87

КИНЕТИКА И ФАКТОРЫ КРН

возможно ли остановить или замедлить процесс разрушения

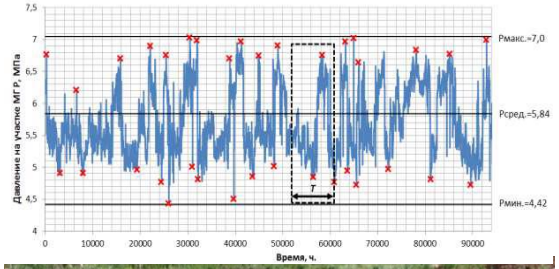


КАК РЕАЛИЗОВАТЬ ПОДХОД?

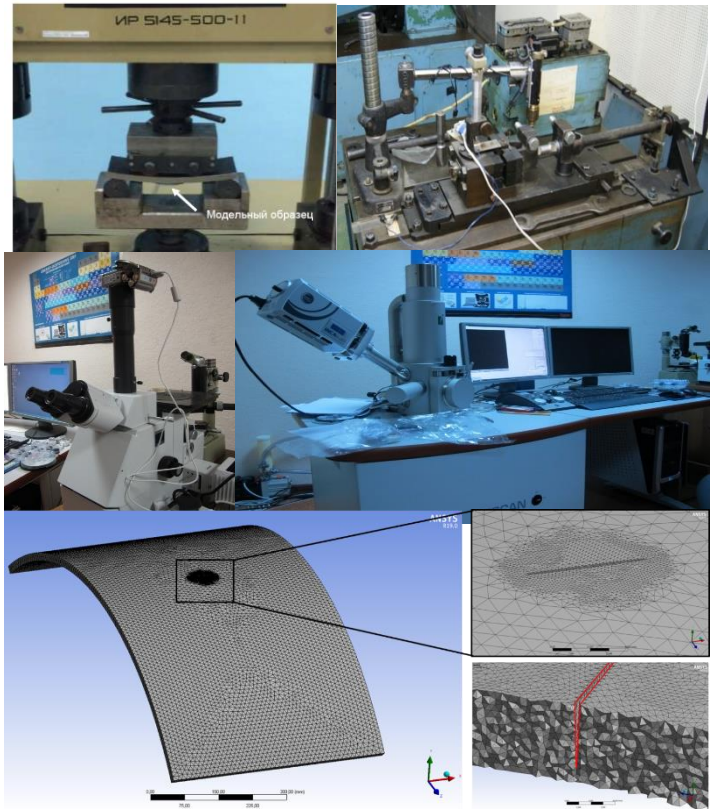
нужно иметь представление о процессах, проходящих в трубах

ОЦЕНКА СРЕДСТ ДИАГНОСТИ ПО ПРИ НК

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ТРУБОПРОВОДОВ

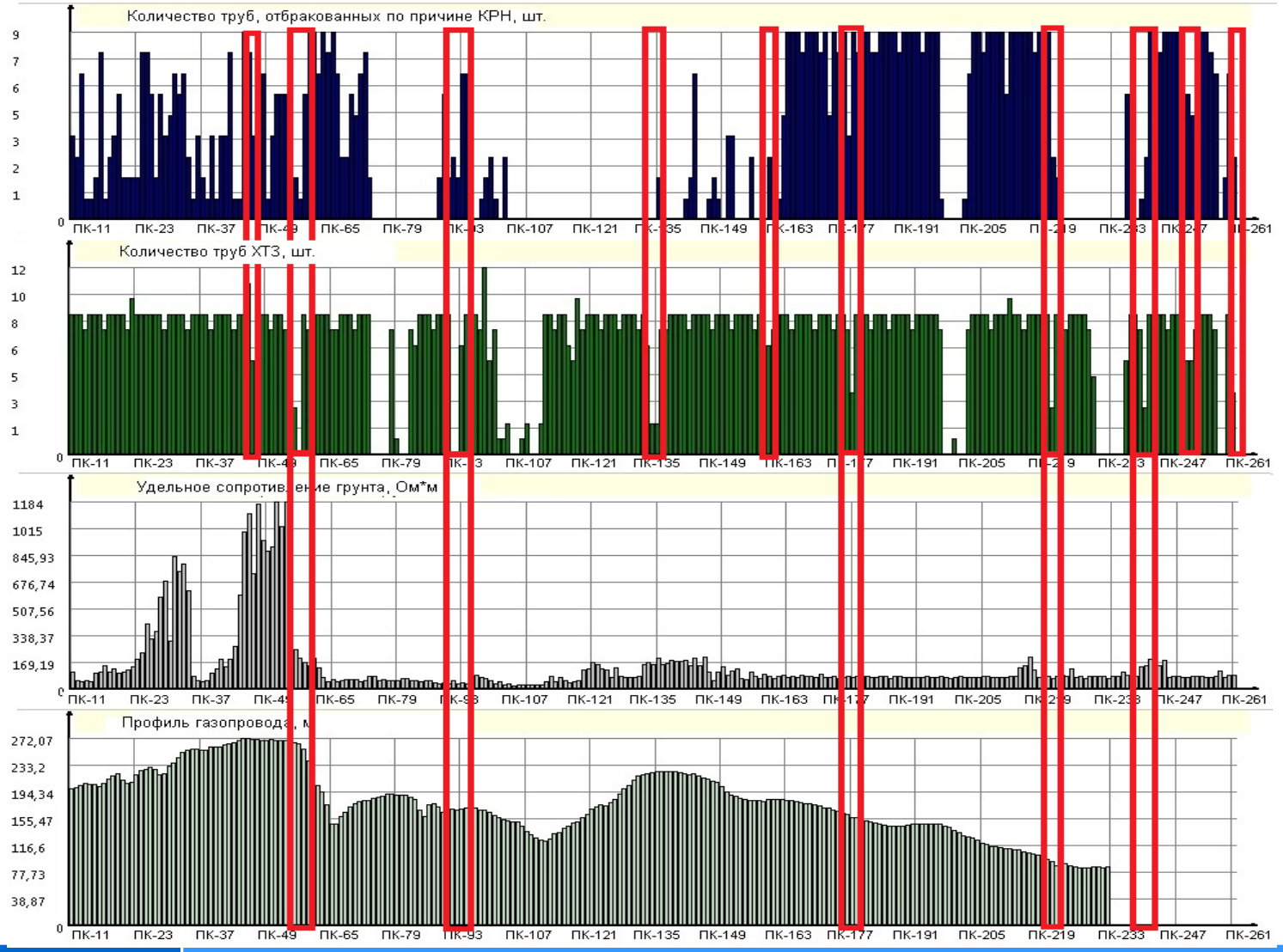


ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ КРН



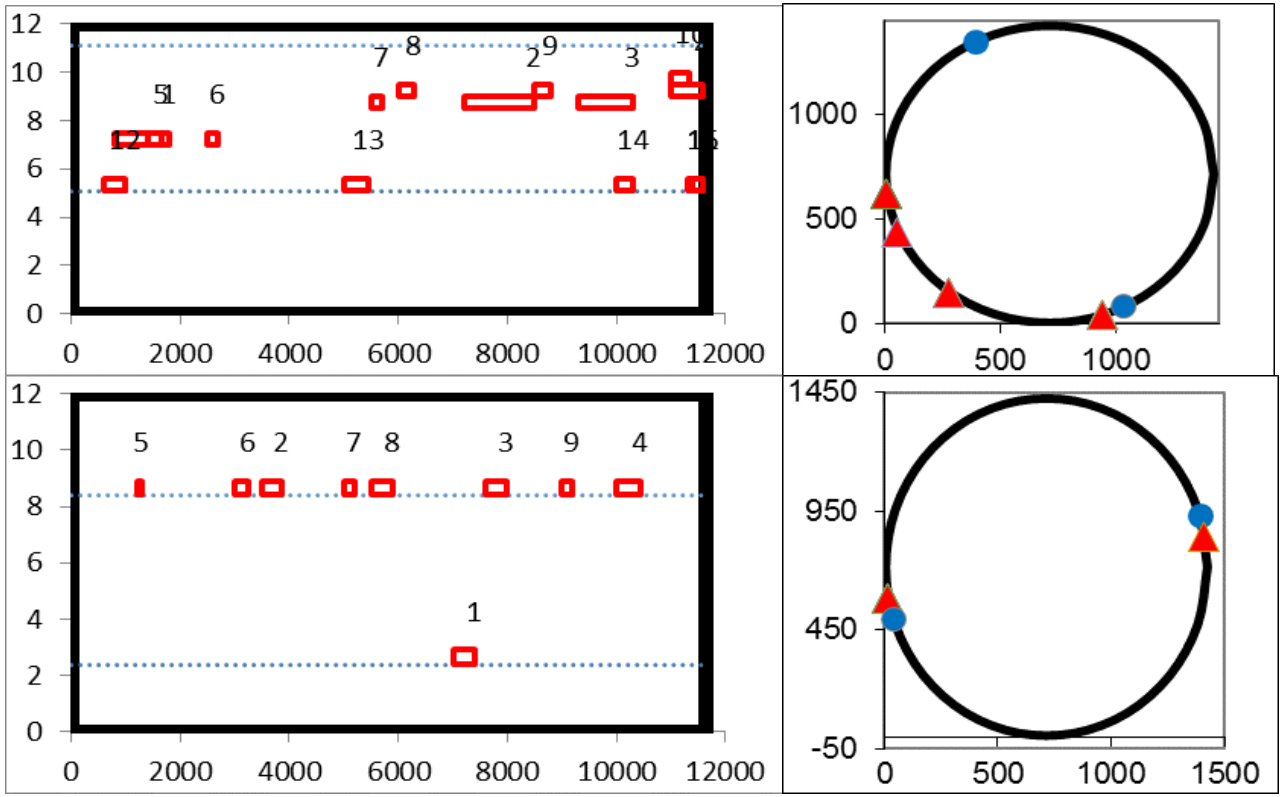
ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА КРН

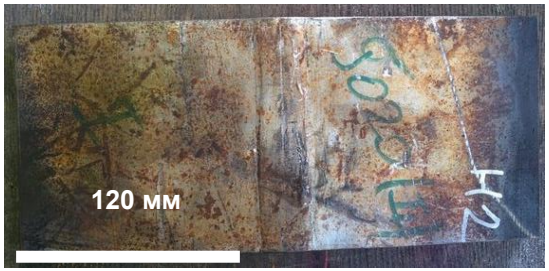
Статистическое обобщение по результатам капремонта



ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА КРН

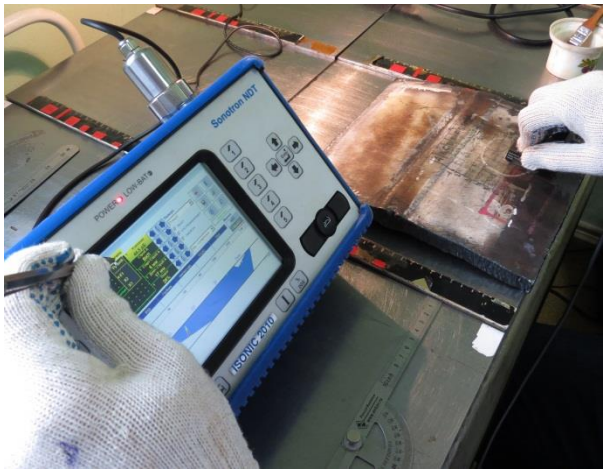
Отбор образцов для проведения испытаний и исследований

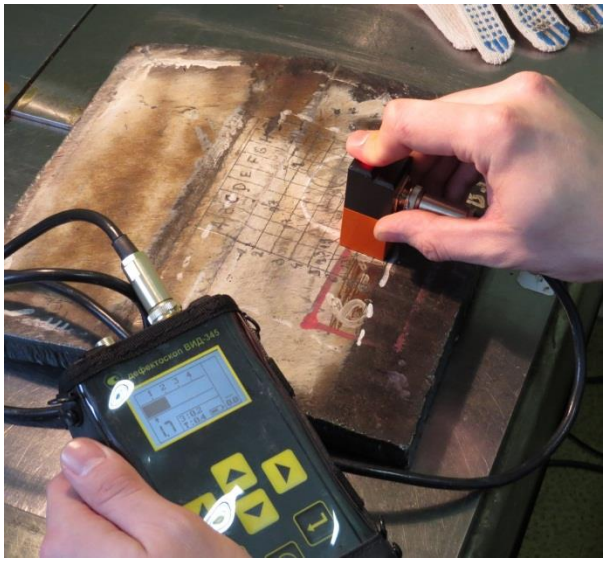




СРЕДСТВА ОЦЕНКИ ТРЕЩИН

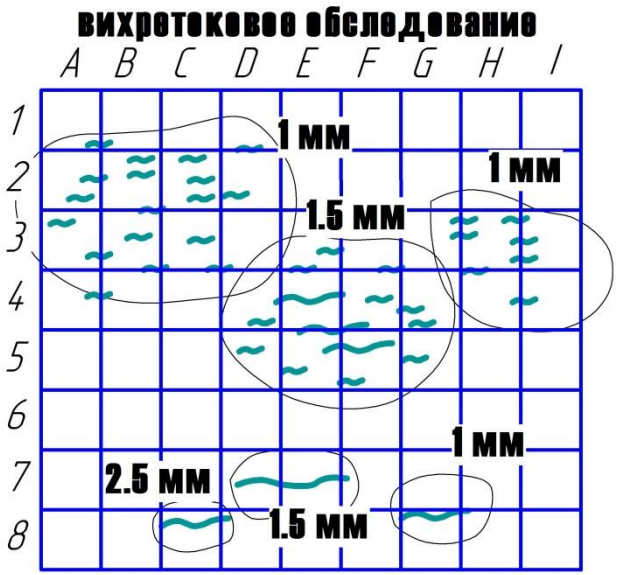
Сравнение методов неразрушающего контроля





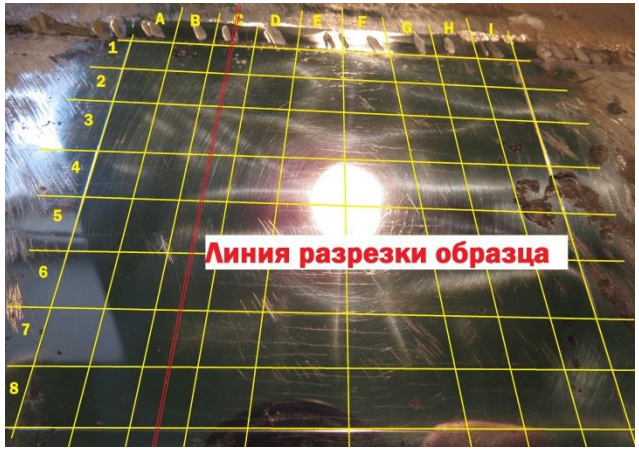
Проблема адекватности оценки глубины трещины малого раскрытия различными методами НК , является одной из наиболее актуальных при диагностике трубопроводов.

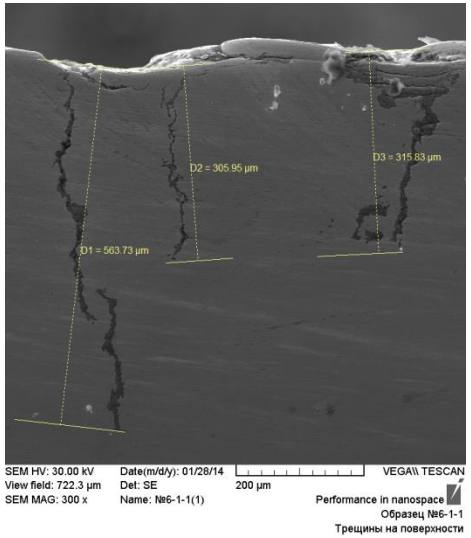
Контрольные образцы содержали колонию трещин, локализованную около продольного заводского сварного соединения.

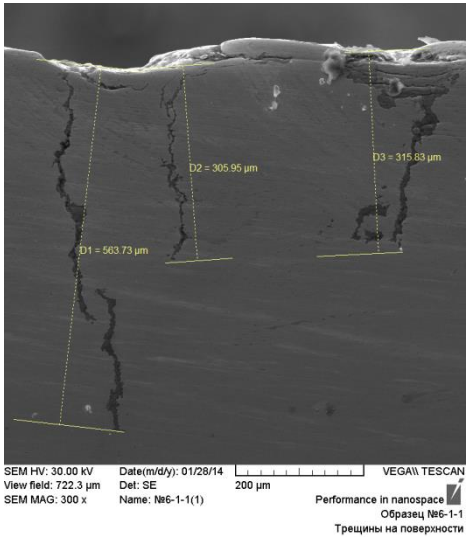


МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

«Объективный контроль» средств НК



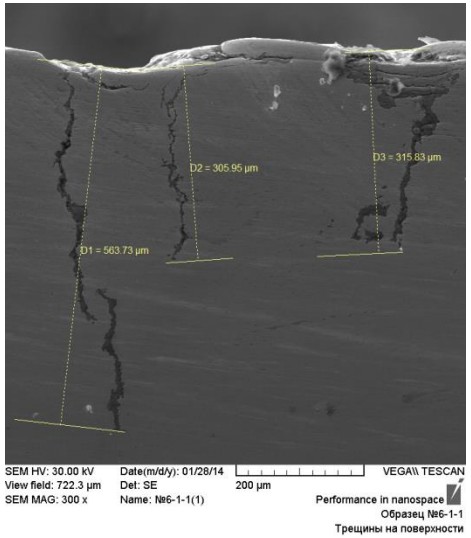


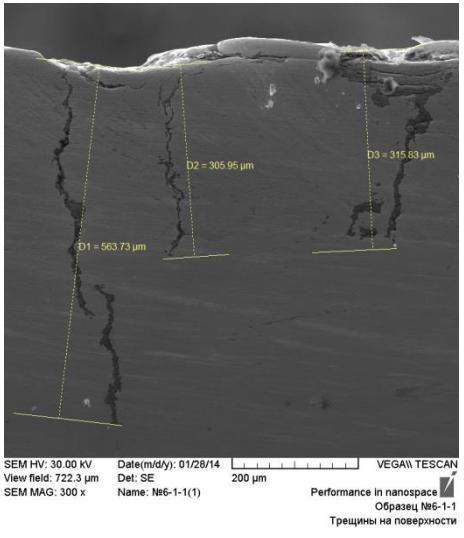


Образец был разрезан по середине сектора С, поперек трещин.

Торцы были подготовлены для металлографического и фрактографического анализа.

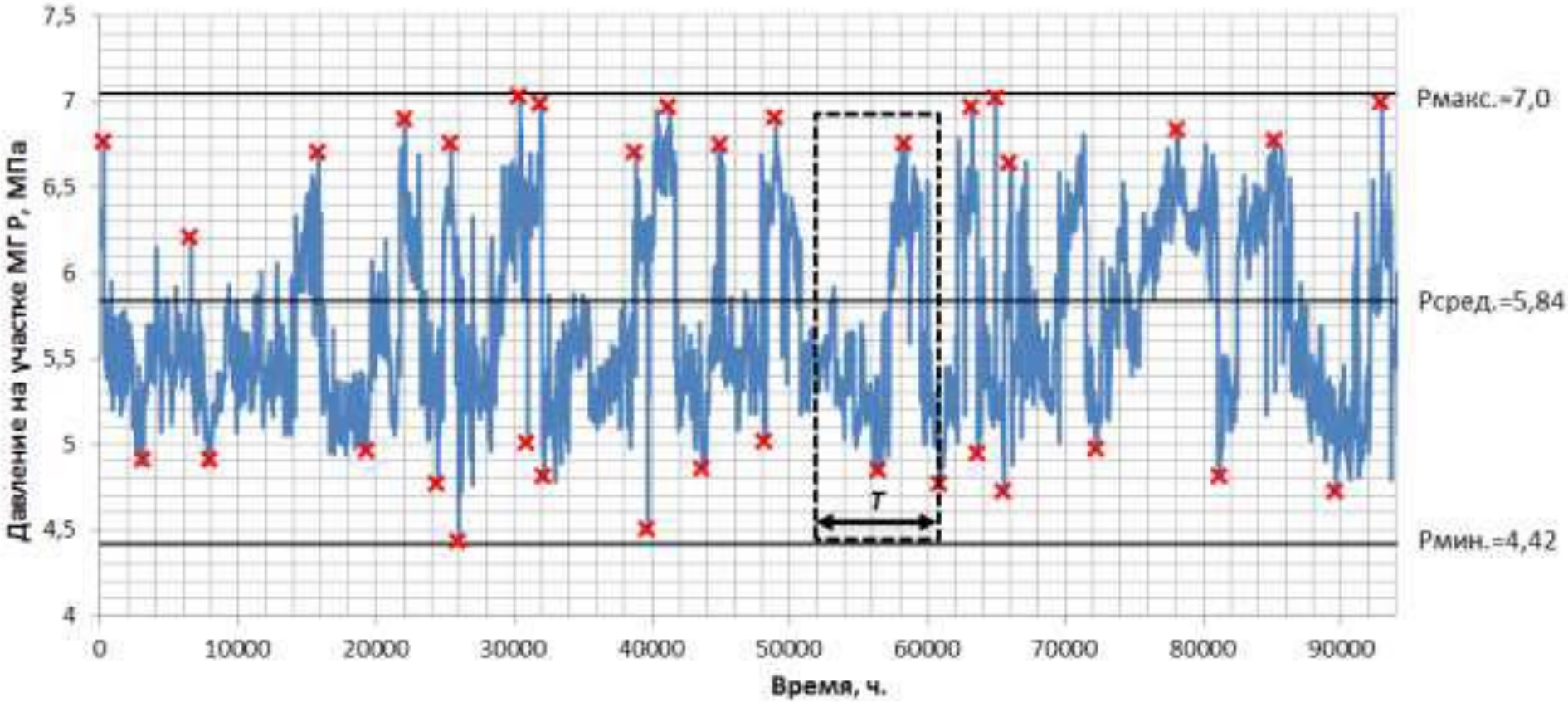
1,5 (НК) = 2,5 (Реальность); [мм]
2,5 (НК) = 3,2 (Реальность). [мм]





ОЦЕНКА РЕЖИМА РАБОТЫ МГ

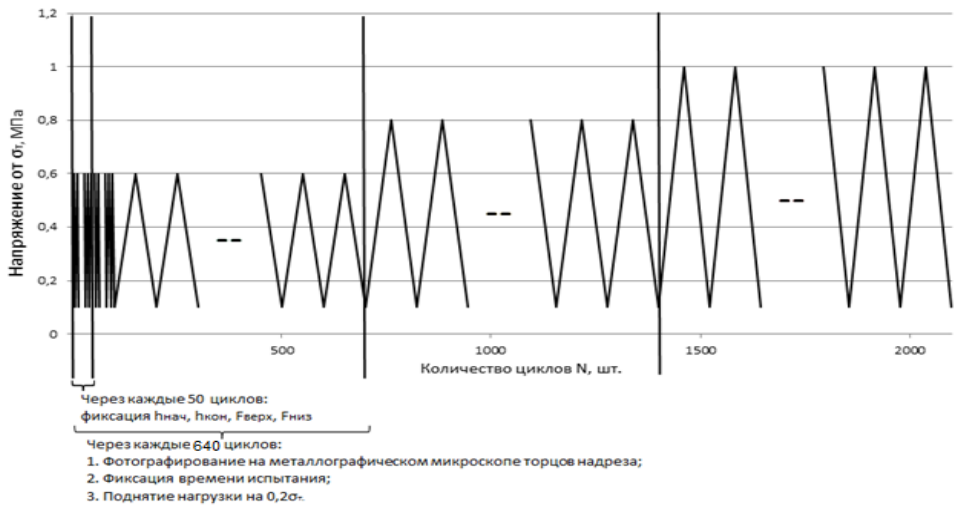
По данным диспетчерской информации за 11 лет

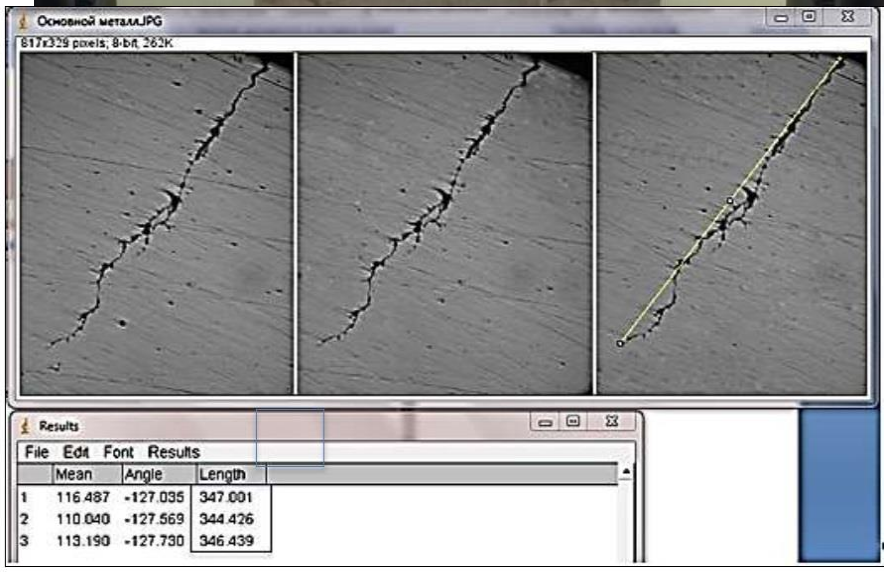


Полный спектр колебаний давления на рассматриваемом участке МГ за период равный 11 годам эксплуатации.

ЦИКЛИЧ. ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦОВ

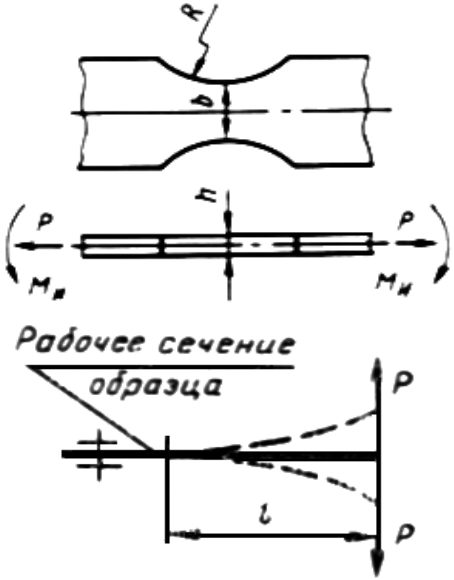
Нагрузки в пересчете на 20 лет эксплуатации

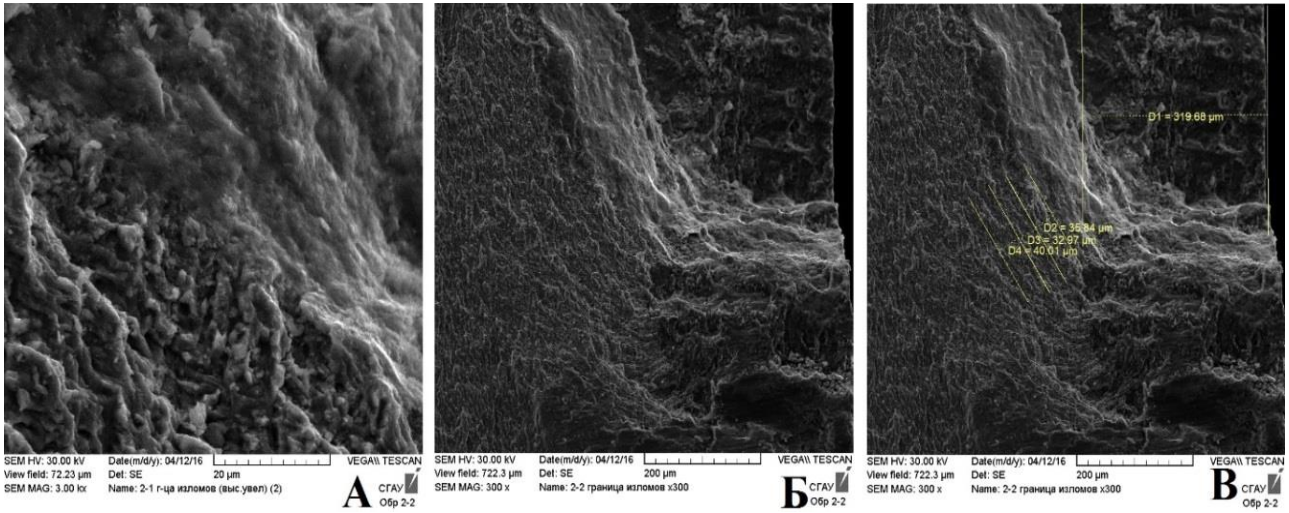




УСТАЛОСТ. ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦОВ

методика и результаты испытаний

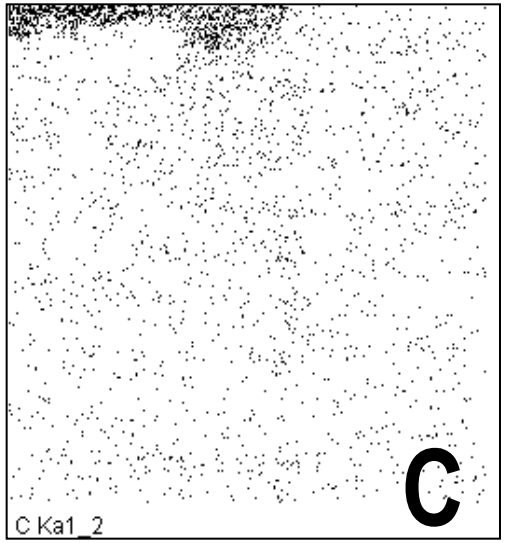


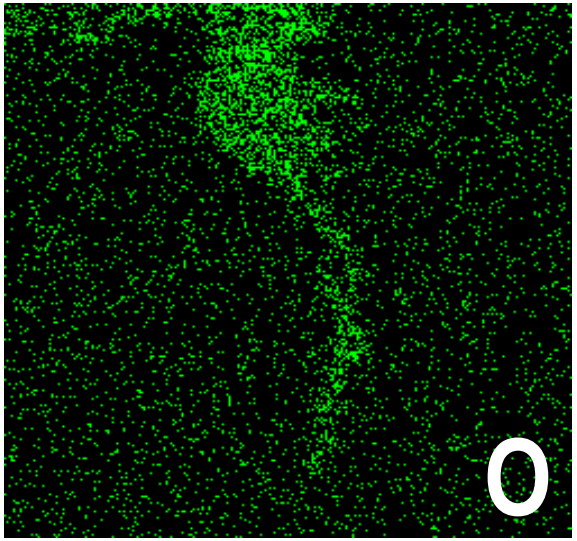


Усталостные циклические испытания с большой базой при поперечном изгибе в одной плоскости проводились на универсальной испытательной машине УМП-01 с частотой f = 17,6 Гц с усилием в 47 МПа.

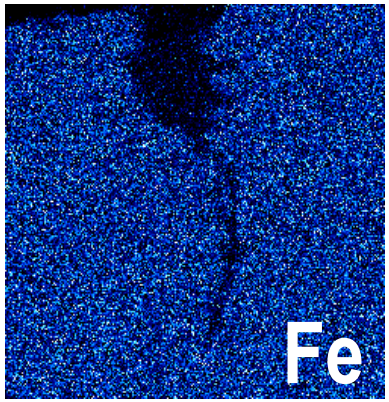
ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА КРН

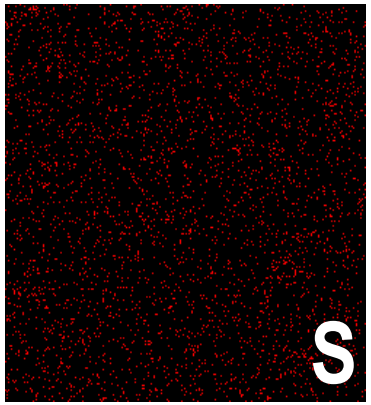
Металлографическая часть работы

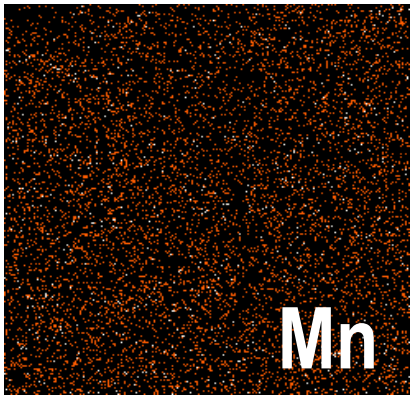




Карты в спектрах (с лева на право): Углерода; Кислорода; Железа; Серы и Марганца .

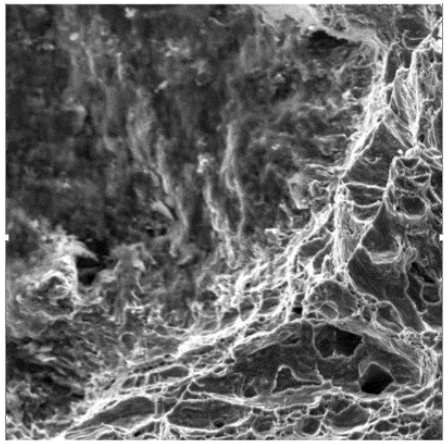




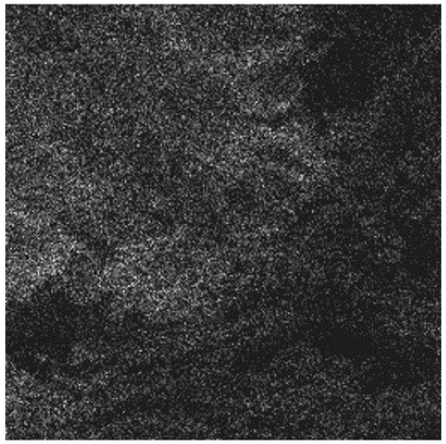


ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА КРН

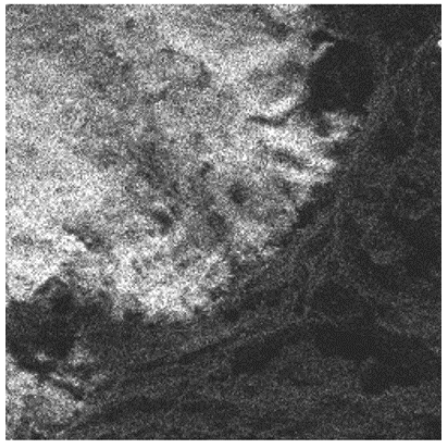
Металлографическая часть работы



Electronic image

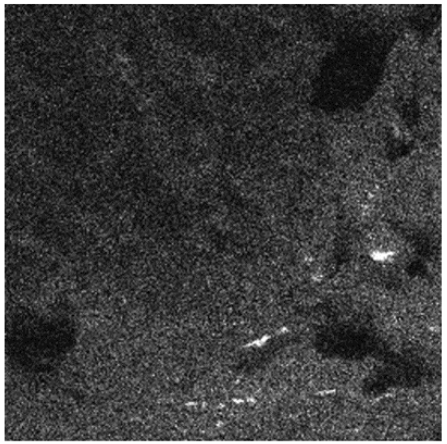


C Ka1_2

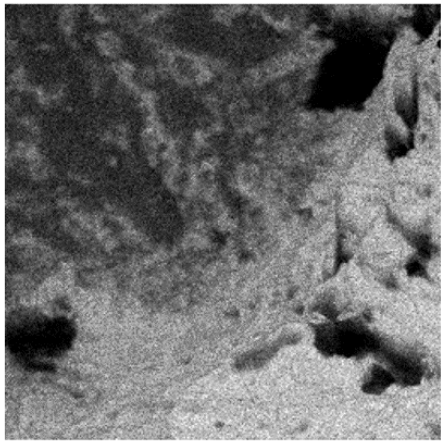


O Ka1

Карты в спектрах (с лева на право):
Углерода; Кислорода; Марганца
Железа.



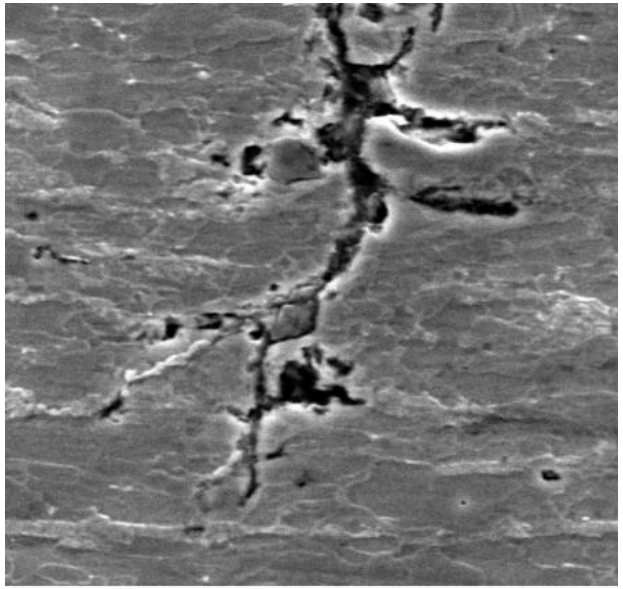
Mn Ka1



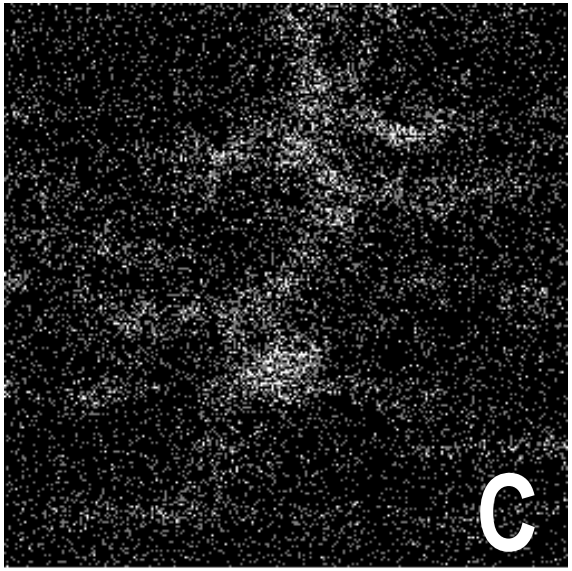
Fe Ka1

ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА КРН

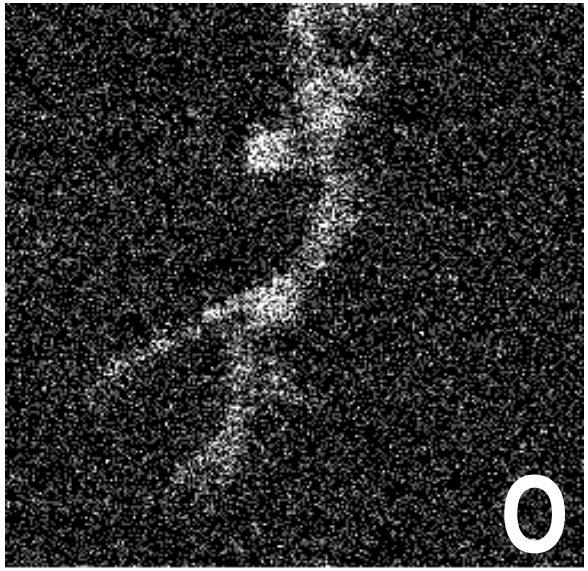
Металлографическая часть работы



Электронное изображение 1

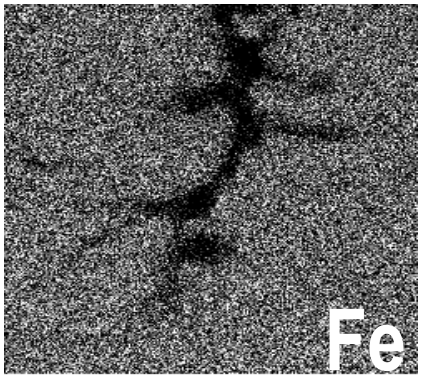


C Ka1_2



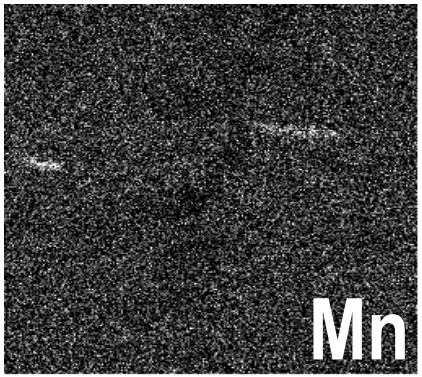
O Ka1

Карты в спектрах (с лева на право): Углерода; Кислорода; Железа; Серы и Марганца .



Fe Ka1

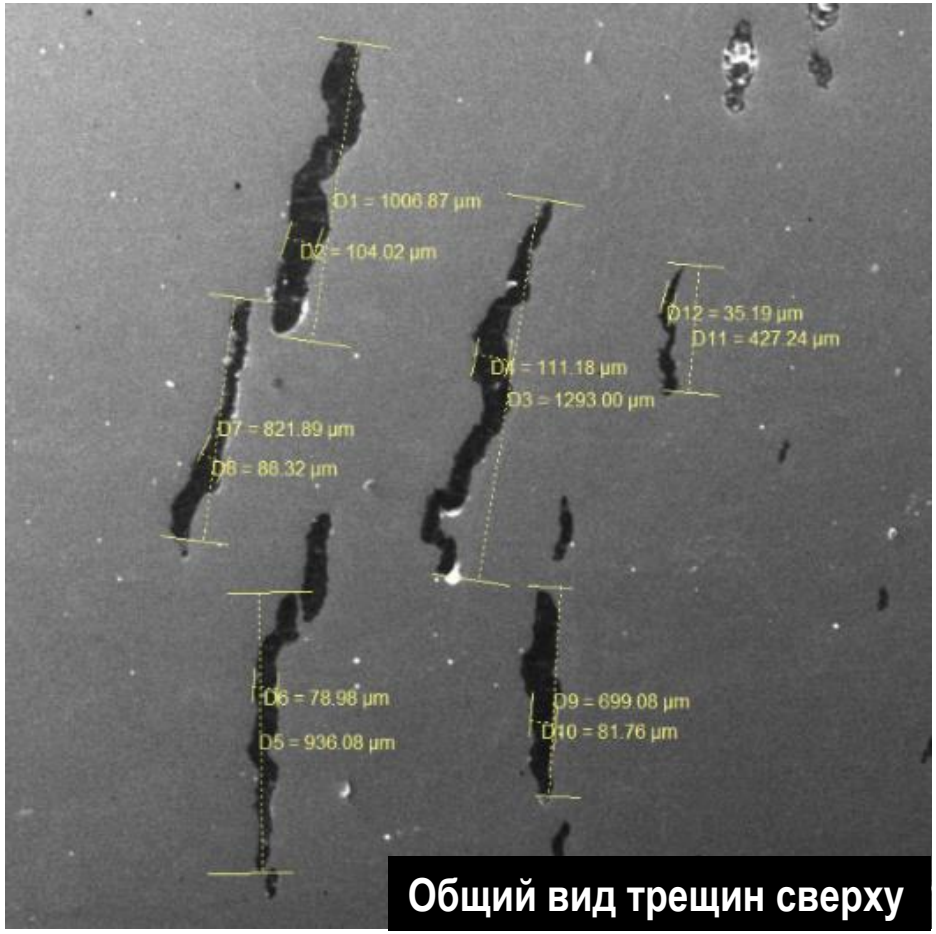
S Ka1



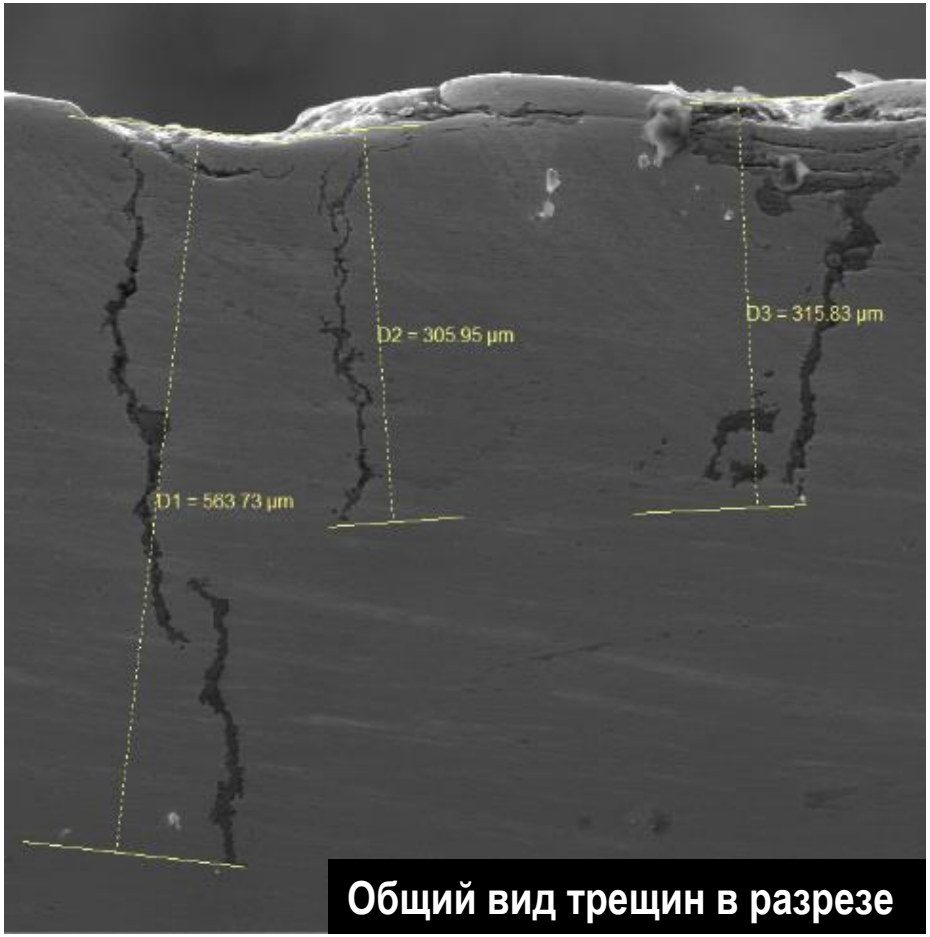
Mn Ka1

ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА КРН

Металлографическая часть работы



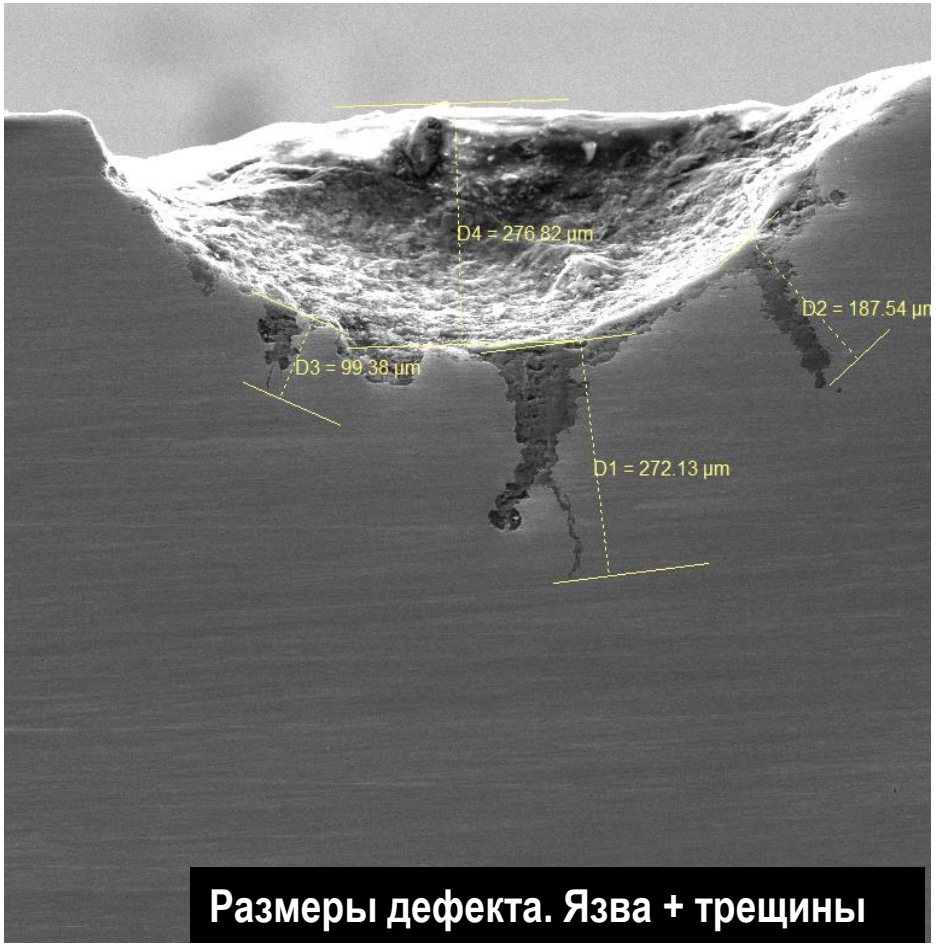
Общий вид трещин сверху



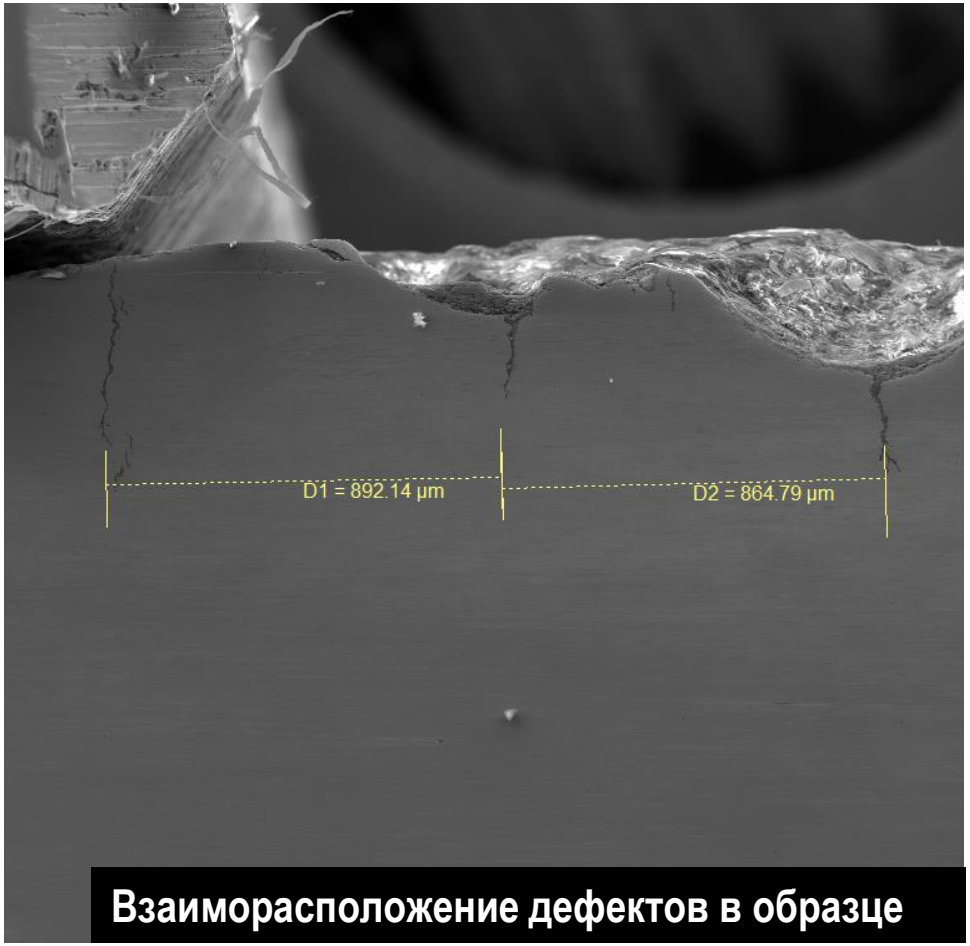
Общий вид трещин в разрезе

ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА КРН

Металлографическая часть работы



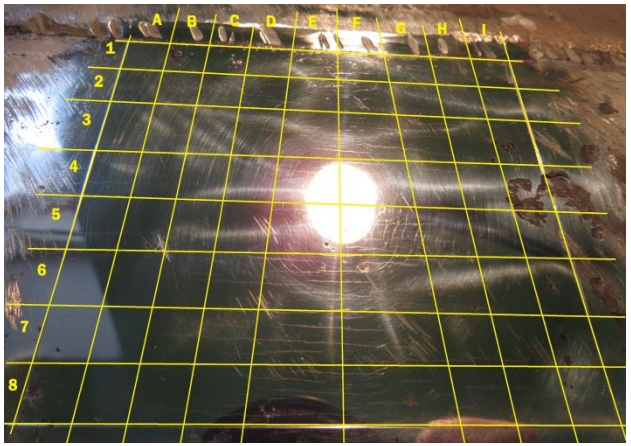
Размеры дефекта. Язва + трещины

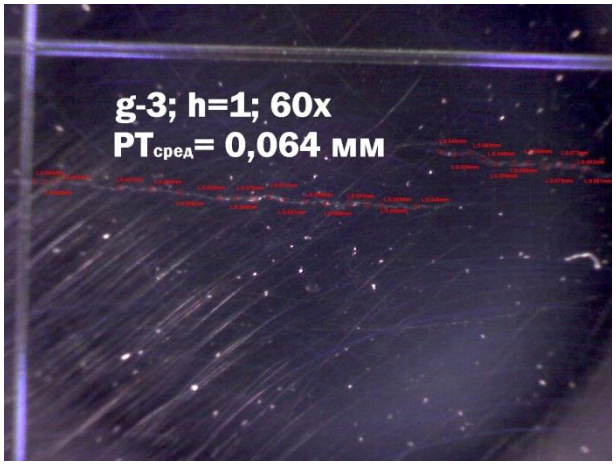


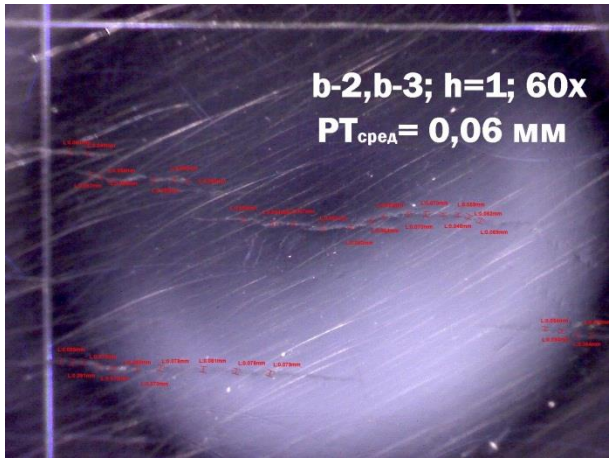
Взаиморасположение дефектов в образце

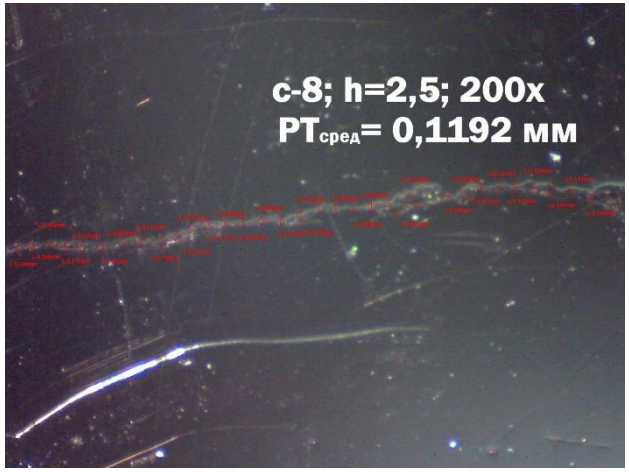
СОЗДАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КРН

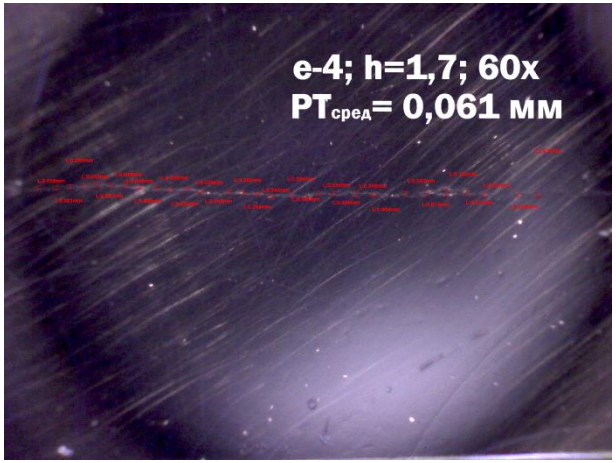
результаты обобщения внешних параметров трещины

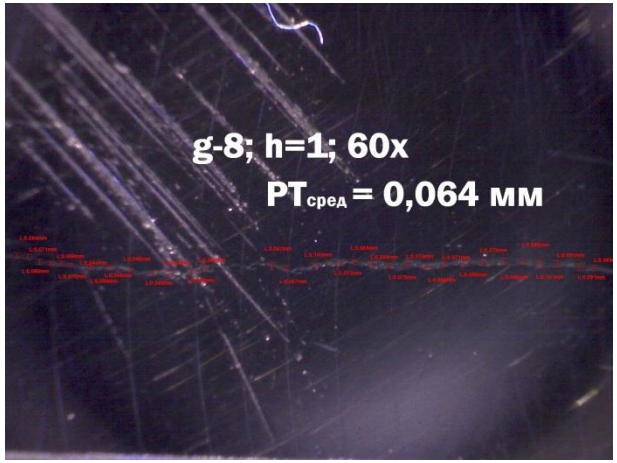












При глубине 2-2,5 мм (по данным металлографии), ширина раскрытия 0,06 мм;
При глубине 3,2-3,5 мм (по данным металлографии), ширина раскрытия 0,12 мм.

СОЗДАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КРН

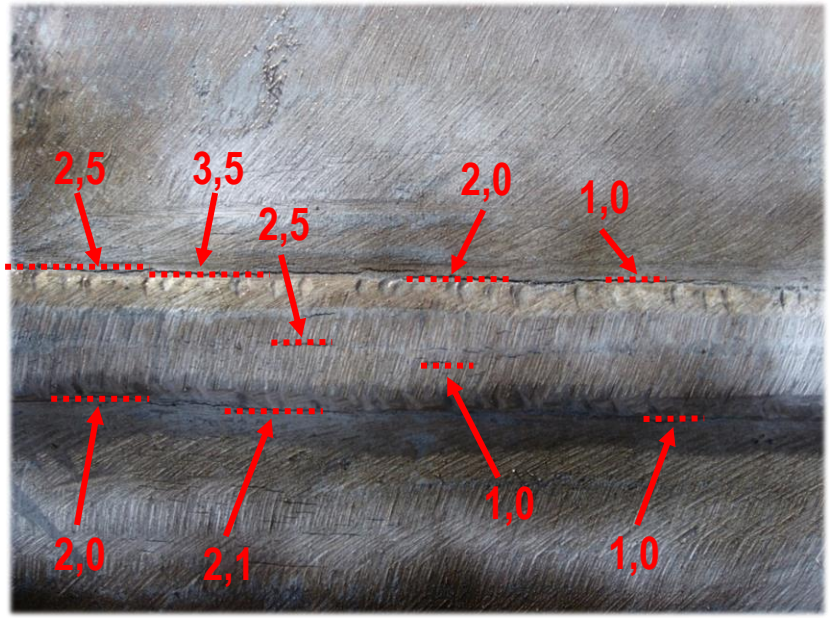
результаты обобщения внешних параметров трещины

Метод определения глубины трещины в зависимости от ее геометрических параметров

Диагностированная ширина раскрытия трещины - *b*

$$K = {}^{b}/_{h} = 0,06$$

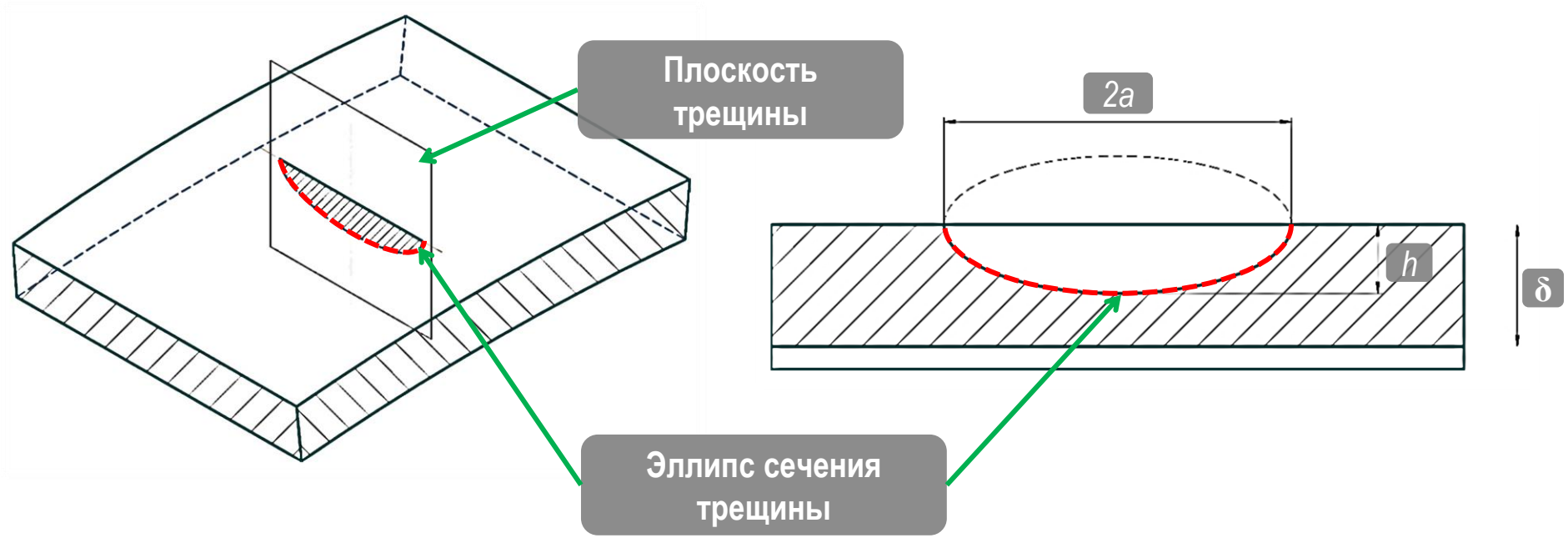
Расчетная глубина трещины - *h*



$$P = 0$$

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕЩИН КРН

симметричная полуэллиптическая трещина



Параметры характеризующие трещину:

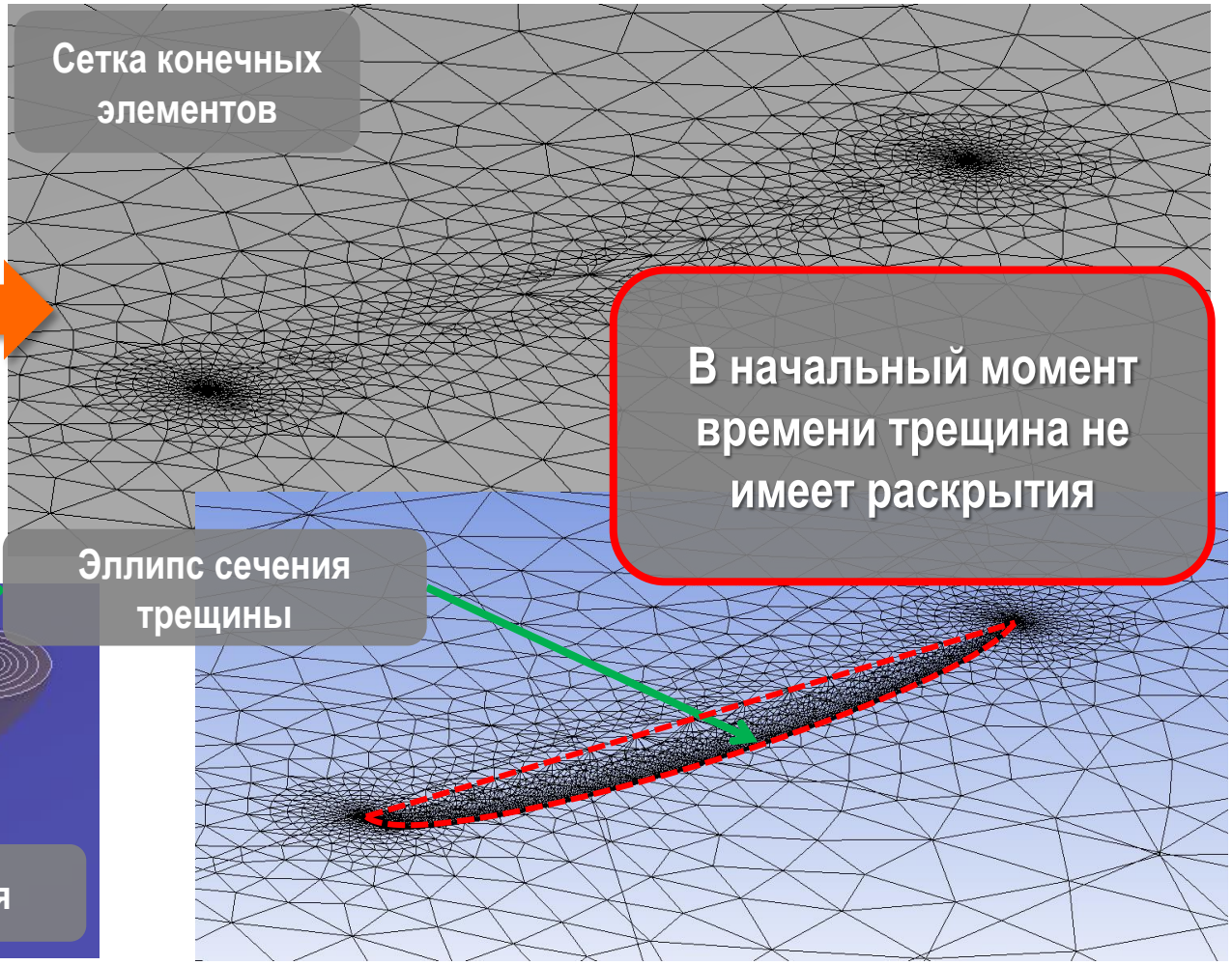
Длина дефекта – *2a*
Глубина дефекта – *h*

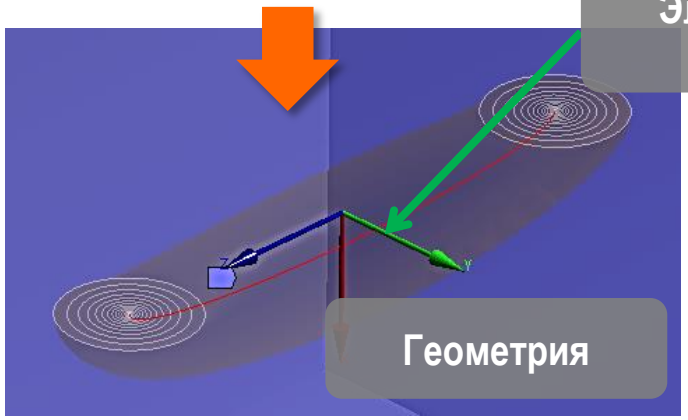
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕЩИН КРН

Модуль Semi-Elliptical Crack в ПП Ansys Mechanical

Details of "Semi-Elliptical Crack"

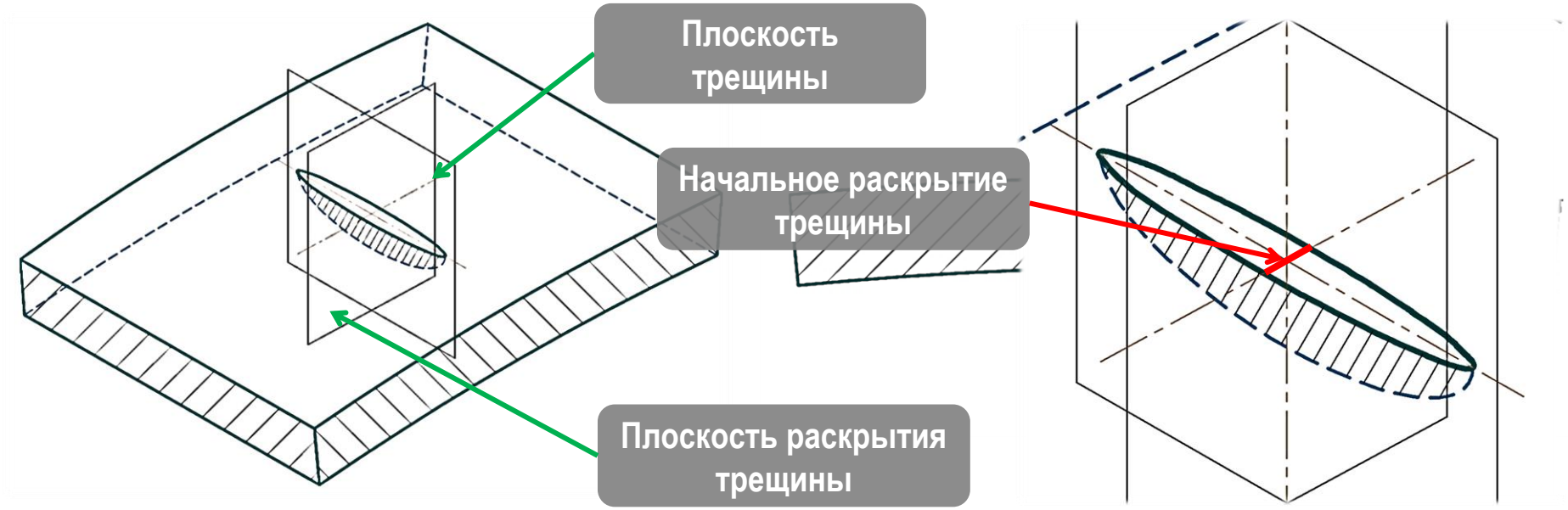
Scope	
Source	Analytical Crack
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
Definition	
Coordinate System	Coordinate System
Align with Face Normal	Yes
Project to Nearest Surface	Yes
Crack Shape	Semi-Elliptical
--Major Radius	1.5 m
--Minor Radius	1. m
Mesh Method	Hex Dominant
Largest Contour Radius	0.3 m
Crack Front Divisions	12
Fracture Affected Zone	Manual
Fracture Affected Zone Height	0.7 m
Circumferential Divisions	16
Mesh Contours	3
Solution Contours	Match Mesh Contours
Suppressed	No
Buffer Zone Scale Factors	
Named Selections Creation	





МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕЩИН КРН

Симметричная полуэллиптическая трещина с начальным раскрытием

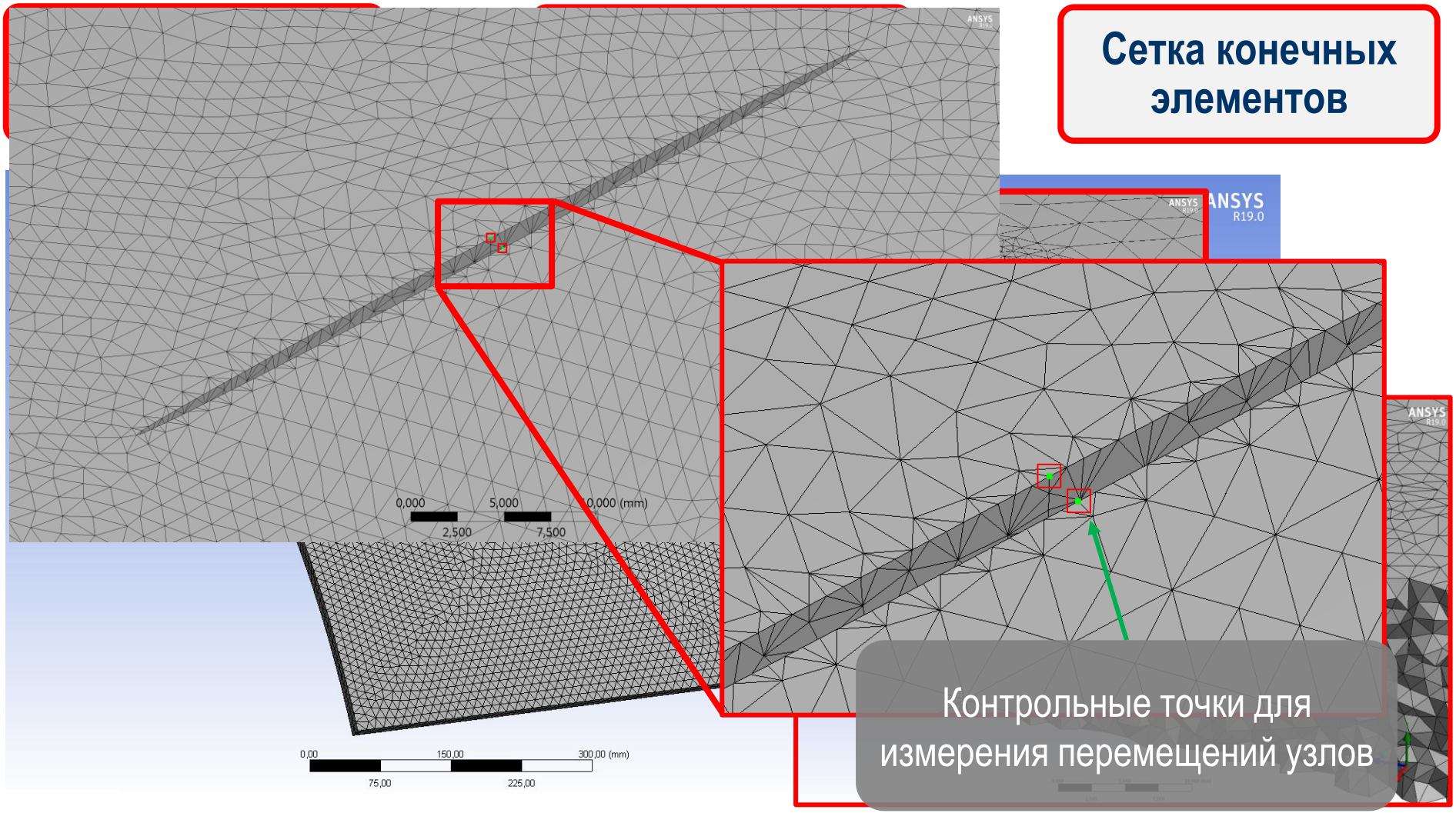


Параметры характеризующие трещину:

Длина дефекта – *2a*
Глубина дефекта – *h*
Начальная ширина раскрытия трещины – b_0

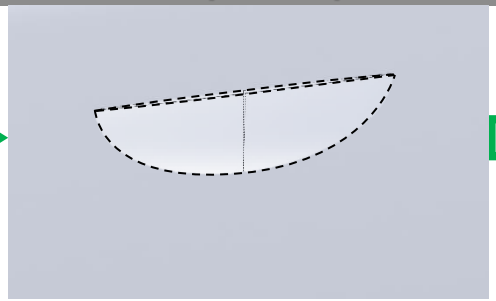
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕЩИН КРН

с использованием конечно-элементной модели в ПП Ansys

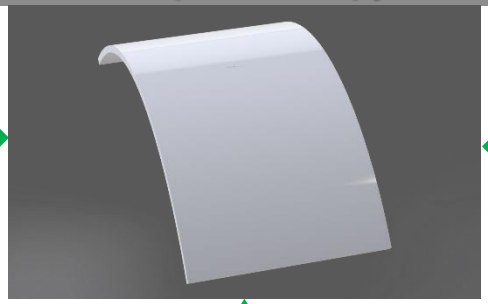


ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Геометрия дефекта



Геометрия тела трубы



Нагрузки

Модель – симметричная полуэллиптическая трещина с начальным раскрытием

Сегмент газопровода *(1420x17,5 мм)*

Внутреннее давление

7,4 МПа

5,4 МПа

4,4 МПа

3,9 МПа

Начальная ширина раскрытия: *0,1 .. 1,0 мм с шагом 0,05 мм*

К =0,06

Глубина: *1,7 .. 16,7 мм*

Длина: 5 .. *75 мм*

МАТРИЦА ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

P = 7,4 МПа	Начальная ширина трещины, b_0																		
	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
	Глубина трещины (K=0,06)																		
Код эксперимента - 1	1,67	2,50	3,33	4,17	5,00	5,83	6,67	7,50	8,33	9,17	10,00	10,83	11,67	12,50	13,33	14,17	15,00	15,83	16,67

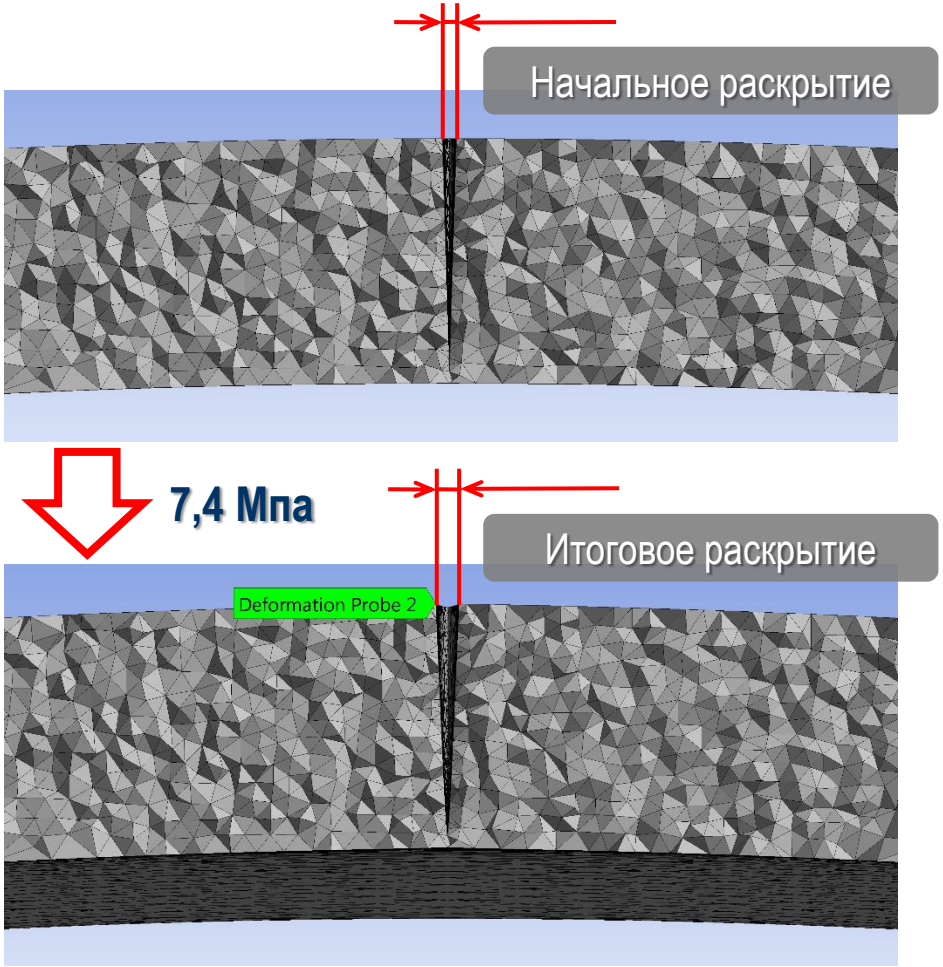
P = 5,4 МПа	Начальная ширина трещины, b_0																		
	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
	Глубина трещины (K=0,06)																		
Код эксперимента - 2	1,67	2,50	3,33	4,17	5,00	5,83	6,67	7,50	8,33	9,17	10,00	10,83	11,67	12,50	13,33	14,17	15,00	15,83	16,67

P = 4,4 МПа	Начальная ширина трещины, b_0																		
	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
	Глубина трещины (K=0,06)																		
Код эксперимента - 3	1,67	2,50	3,33	4,17	5,00	5,83	6,67	7,50	8,33	9,17	10,00	10,83	11,67	12,50	13,33	14,17	15,00	15,83	16,67

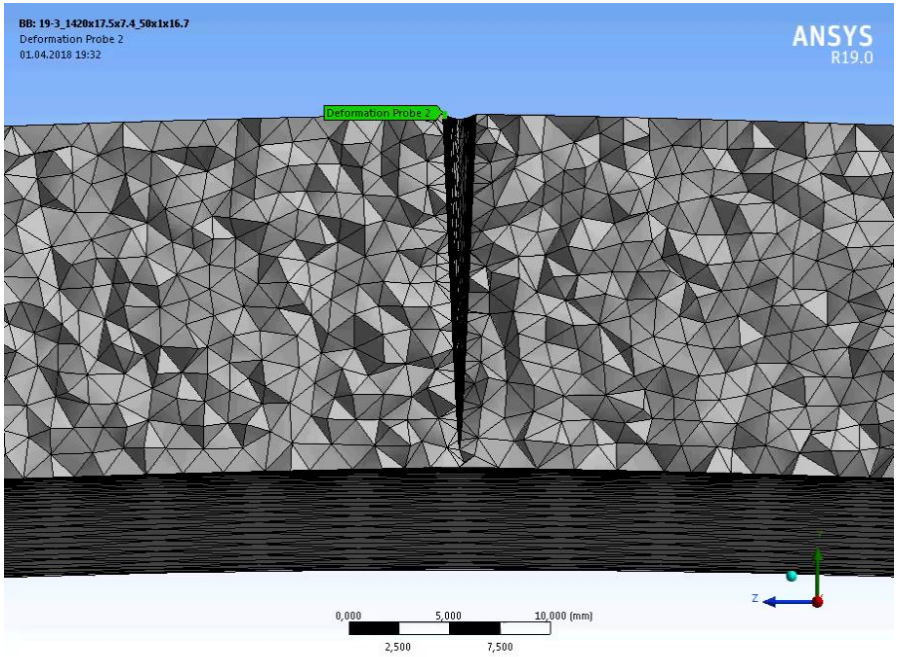
P = 3,9 МПа	Начальная ширина трещины, b_0																		
	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
	Глубина трещины (K=0,06)																		
Код эксперимента - 4	1,67	2,50	3,33	4,17	5,00	5,83	6,67	7,50	8,33	9,17	10,00	10,83	11,67	12,50	13,33	14,17	15,00	15,83	16,67

		Код эксперимента																		
Код эксперимента	Длина трещины	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	5	4-1-1	4-1-2	4-1-3	4-1-4	4-1-5	4-1-6	4-1-7	4-1-8	4-1-9	4-1-10	4-1-11	4-1-12	4-1-13	4-1-14	4-1-15	4-1-16	4-1-17	4-1-18	4-1-19
2	10	4-2-1	4-2-2	4-2-3	4-2-4	4-2-5	4-2-6	4-2-7	4-2-8	4-2-9	4-2-10	4-2-11	4-2-12	4-2-13	4-2-14	4-2-15	4-2-16	4-2-17	4-2-18	4-2-19
3	15	4-3-1	4-3-2	4-3-3	4-3-4	4-3-5	4-3-6	4-3-7	4-3-8	4-3-9	4-3-10	4-3-11	4-3-12	4-3-13	4-3-14	4-3-15	4-3-16	4-3-17	4-3-18	4-3-19
4	20	4-4-1	4-4-2	4-4-3	4-4-4	4-4-5	4-4-6	4-4-7	4-4-8	4-4-9	4-4-10	4-4-11	4-4-12	4-4-13	4-4-14	4-4-15	4-4-16	4-4-17	4-4-18	4-4-19
5	25	4-5-1	4-5-2	4-5-3	4-5-4	4-5-5	4-5-6	4-5-7	4-5-8	4-5-9	4-5-10	4-5-11	4-5-12	4-5-13	4-5-14	4-5-15	4-5-16	4-5-17	4-5-18	4-5-19
6	30	4-6-1	4-6-2	4-6-3	4-6-4	4-6-5	4-6-6	4-6-7	4-6-8	4-6-9	4-6-10	4-6-11	4-6-12	4-6-13	4-6-14	4-6-15	4-6-16	4-6-17	4-6-18	4-6-19
7	35	4-7-1	4-7-2	4-7-3	4-7-4	4-7-5	4-7-6	4-7-7	4-7-8	4-7-9	4-7-10	4-7-11	4-7-12	4-7-13	4-7-14	4-7-15	4-7-16	4-7-17	4-7-18	4-7-19
8	40	4-8-1	4-8-2	4-8-3	4-8-4	4-8-5	4-8-6	4-8-7	4-8-8	4-8-9	4-8-10	4-8-11	4-8-12	4-8-13	4-8-14	4-8-15	4-8-16	4-8-17	4-8-18	4-8-19
9	45	4-9-1	4-9-2	4-9-3	4-9-4	4-9-5	4-9-6	4-9-7	4-9-8	4-9-9	4-9-10	4-9-11	4-9-12	4-9-13	4-9-14	4-9-15	4-9-16	4-9-17	4-9-18	4-9-19
10	50	4-10-1	4-10-2	4-10-3	4-10-4	4-10-5	4-10-6	4-10-7	4-10-8	4-10-9	4-10-10	4-10-11	4-10-12	4-10-13	4-10-14	4-10-15	4-10-16	4-10-17	4-10-18	4-10-19
11	55	4-11-1	4-11-2	4-11-3	4-11-4	4-11-5	4-11-6	4-11-7	4-11-8	4-11-9	4-11-10	4-11-11	4-11-12	4-11-13	4-11-14	4-11-15	4-11-16	4-11-17	4-11-18	4-11-19
12	60	4-12-1	4-12-2	4-12-3	4-12-4	4-12-5	4-12-6	4-12-7	4-12-8	4-12-9	4-12-10	4-12-11	4-12-12	4-12-13	4-12-14	4-12-15	4-12-16	4-12-17	4-12-18	4-12-19
13	65	4-13-1	4-13-2	4-13-3	4-13-4	4-13-5	4-13-6	4-13-7	4-13-8	4-13-9	4-13-10	4-13-11	4-13-12	4-13-13	4-13-14	4-13-15	4-13-16	4-13-17	4-13-18	4-13-19
14	70	4-14-1	4-14-2	4-14-3	4-14-4	4-14-5	4-14-6	4-14-7	4-14-8	4-14-9	4-14-10	4-14-11	4-14-12	4-14-13	4-14-14	4-14-15	4-14-16	4-14-17	4-14-18	4-14-19
15	75	4-15-1	4-15-2	4-15-3	4-15-4	4-15-5	4-15-6	4-15-7	4-15-8	4-15-9	4-15-10	4-15-11	4-15-12	4-15-13	4-15-14	4-15-15	4-15-16	4-15-17	4-15-18	4-15-19

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

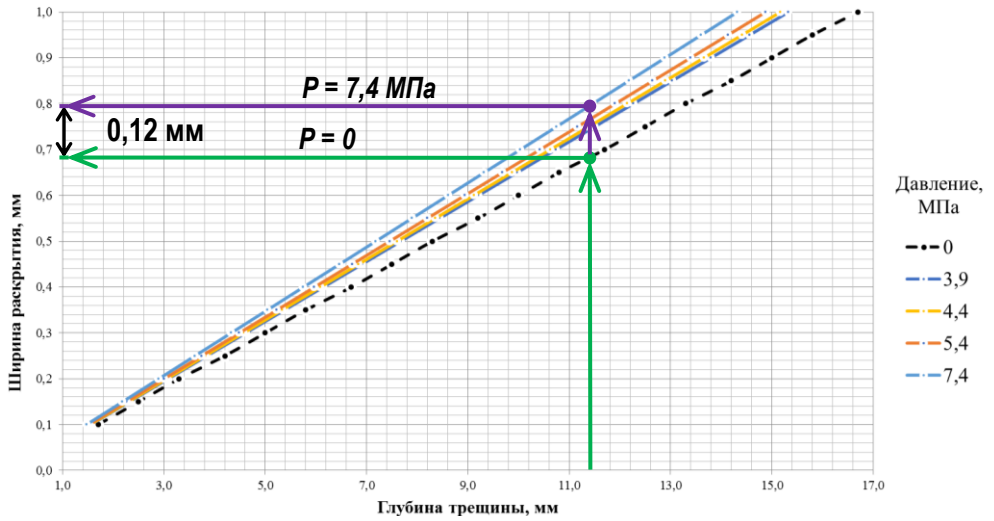


Раскрытие трещины от внутреннего давления
(анимация зациклена)

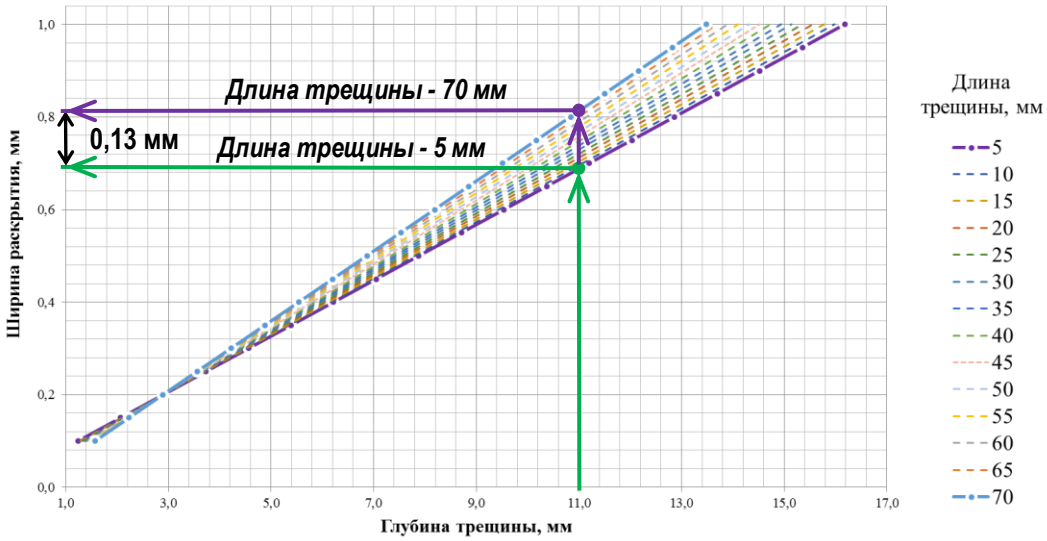


Масштаб визуализации – x4

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ



Зависимость ширины раскрытия трещины от ее глубины
(длина трещины - 50 мм)



Зависимость ширины раскрытия трещины от ее длины
(давление - 7,4 МПа)

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Зависимость глубины трещины от ее длины и ширины текущего раскрытия

Массив данных

Ширина раскрытия	Длина	Глубина
…	…	…

l - длина трещины, мм;

b - ширина текущего раскрытия трещины, мм;

A, B, C, D, l_0, b_0 - параметры регрессионной модели.

Регрессионный анализ

$$h = f(b,l) = \mathbf{A} + \mathbf{B}(l - l_0) + \mathbf{C}(b - b_0) + \mathbf{D} + \mathbf{D}(l - l_0)(b - b_0)$$

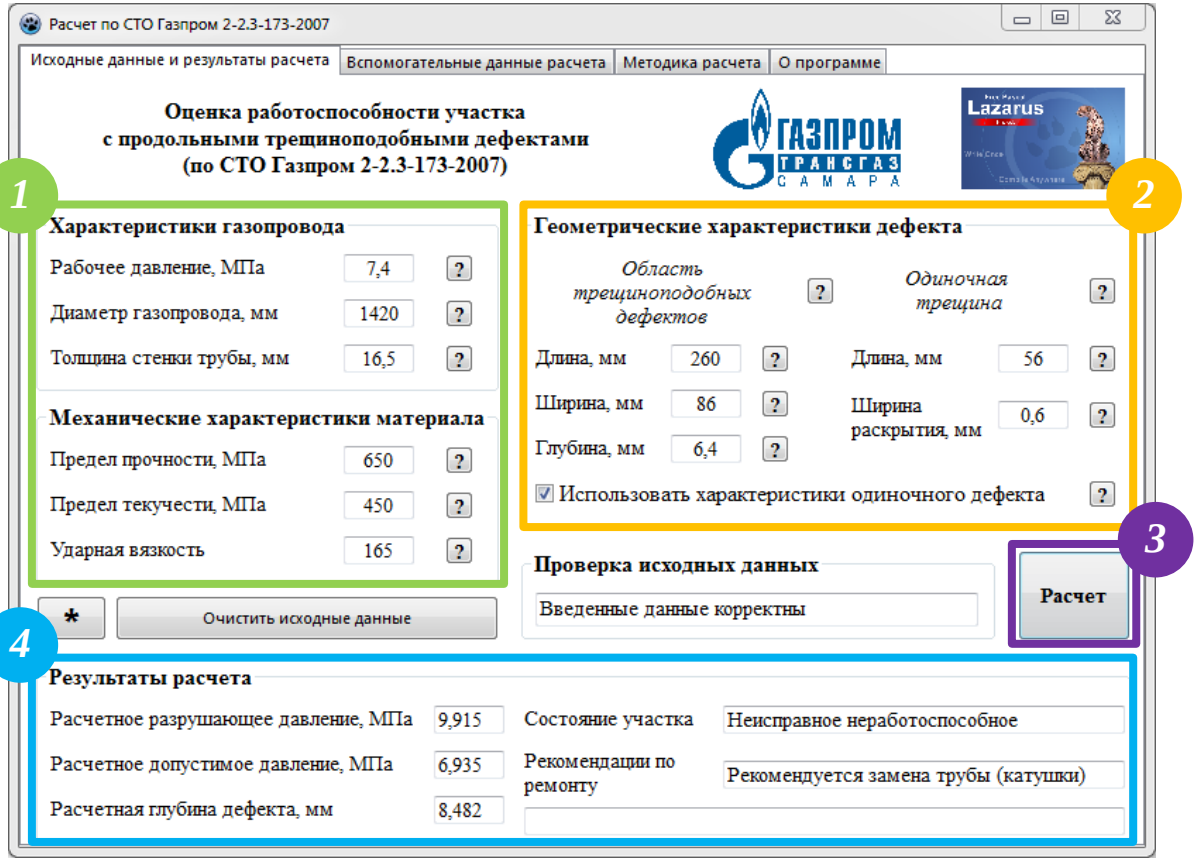
Внутреннее давление, Мпа	Параметры регрессионной модели					
	A	B	C	D	l_0	b_0
7,5	11,0516	-0,0288	14,6924	-0,0519	41,96	0,75
5,4	11,0385	-0,0216	15,1656	-0,0408	41,96	0,73
4,4	11,0336	-0,0178	15,4166	-0,0345	41,96	0,72
3,9	11,0316	-0,0159	15,5466	-0,0311	41,96	0,71

Целевая функция (сумма квадратов уклонений)

Численная оптимизация

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ РАСЧЕТА

Прототип программного продукта для автоматизированного расчета глубины трещины КРН

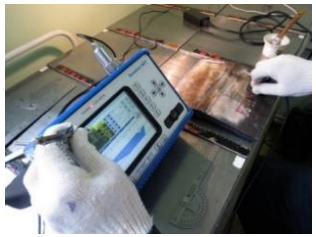


1. Область задания параметров газопровода и механических характеристик материала
2. Область задания параметров области трещиноподобных дефектов и параметров одиночной трещины
3. Кнопка запуска процедуры расчета
4. Область вывода результатов расчётов

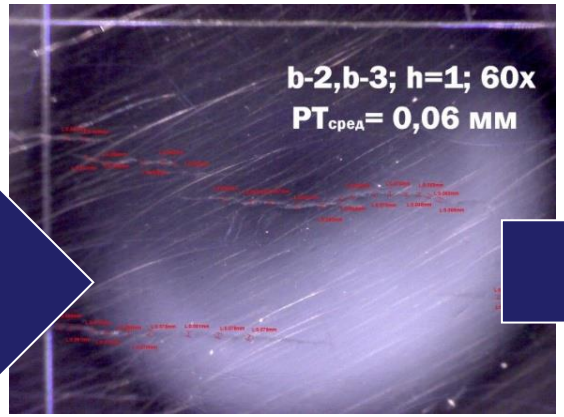
СОЗДАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КРН

схема оценки и мониторинга дефектов

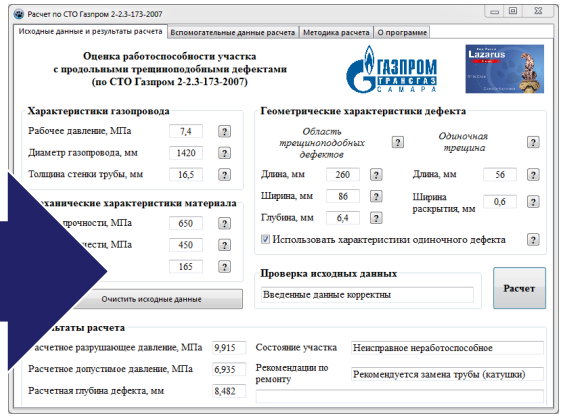
ВТД



Оценка параметров



Расчет согласно параметрам



Диагностика в шурфах

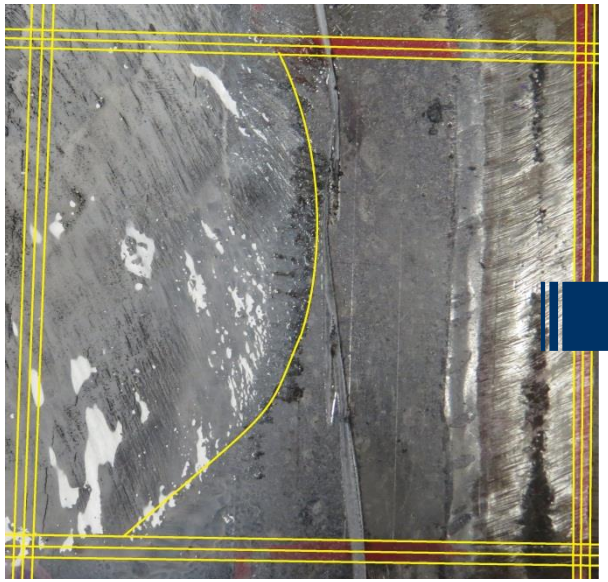
СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

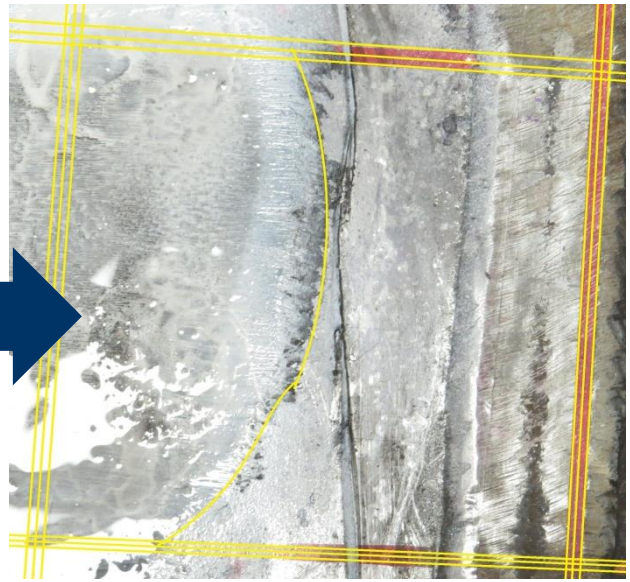
Инженерно-технический центр
ООО «Газпром трансгаз Самара»
Инженеры СУТС ГТС

Афанасьев Алексей Викторович
Av.Afanasev@samaratransgaz.gazprom.ru
тел. газ (756) 63 – 2 - 26
Савин Дмитрий Валерьевич
D.Savin@samaratransgaz.gazprom.ru
тел. газ (756) 63 – 2 - 42

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ СЛАЙД #1

Оценка выявлемости трещин при ремонте #1

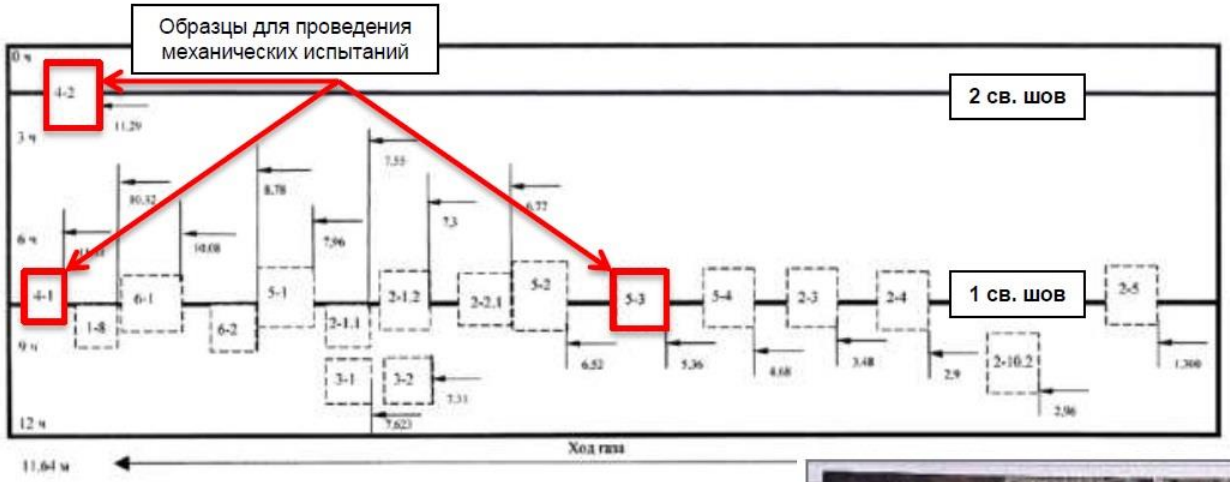




Была проведена шлифовка трещин КРН на выявленную глубину. При этом проводился неразрушающий контроль дефектов, до полного исчезновения индикаторных следов дефекта.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ СЛАЙД #2

Отбор образцов для исследований и испытаний #2



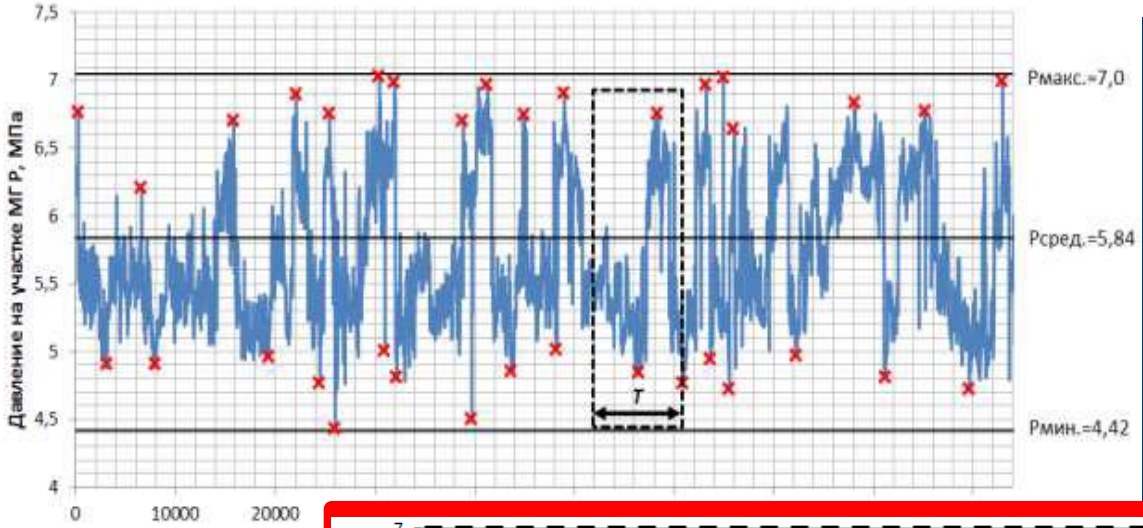
Производился отбор для комплекса лабораторных исследований стали на соответствие ТУ 14-3-741-78

Указанные испытания включали стандартные механических испытания и исследования химического состава стали

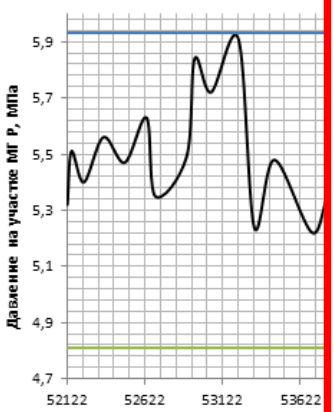
Вид испытания	Количество образцов
Растяжение	3 образца из СШ1
	3 образца из СШ2
	3 образца из ОМ
Удар	3 образца KCV +20 °С из СШ1 (ЦШ) 3 образца KCV 0 °С из СШ1 (ЦШ) 3 образца KCV +20 °С из СШ1 (ЗТВ) 3 образца KCV 0 °С из СШ1 (ЗТВ) 3 образца KCV +20 °С из СШ2 (ЦШ) 3 образца KCV 0 °С из СШ2 (ЦШ) 3 образца KCV +20 °С из СШ2 (ЗТВ) 3 образца KCV 0 °С из СШ2 (ЗТВ) 3 образца KCV +20 °С из ОМ 3 образца KCV 0 °С из ОМ
Твердость	1 образец из СШ1
	1 образец из СШ2
	1 образец из ОМ
Металлографические исследования структуры	1 образец из СШ1
	1 образец из СШ2
	1 образец из ОМ
Химический анализ	1 образец из ОМ

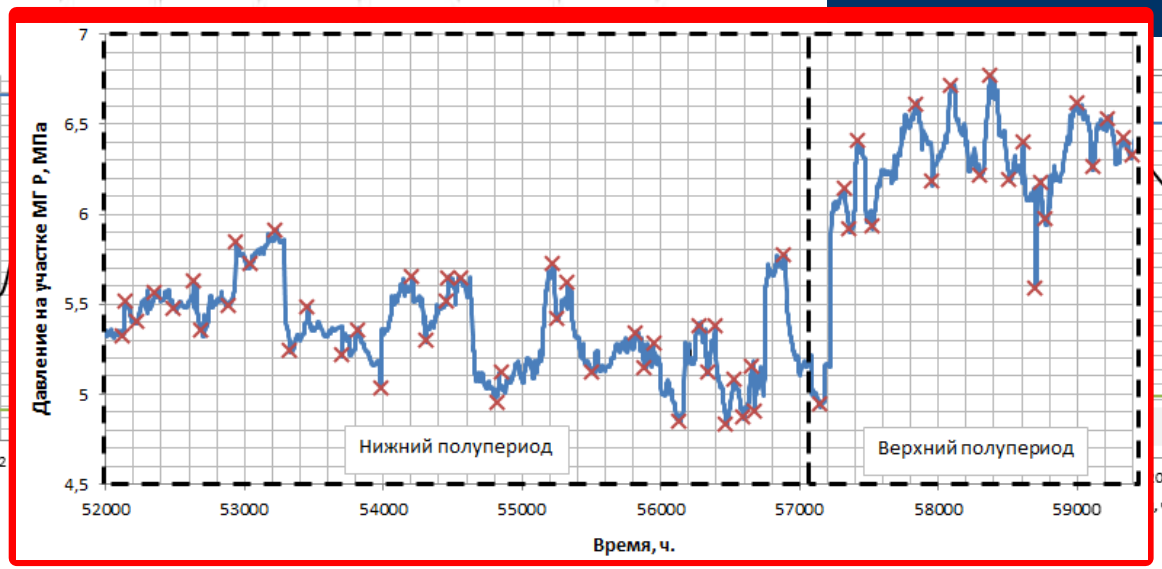
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ СЛАЙД #3

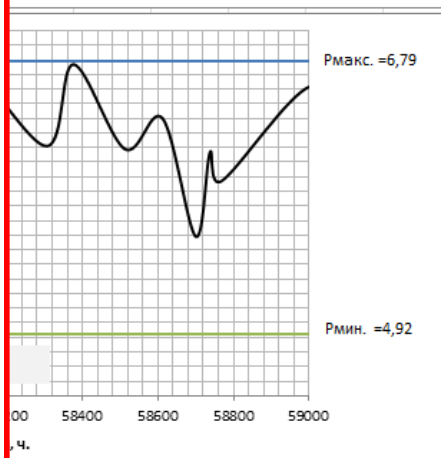
Оценка режима работы газопровода



Для исследования характера колебаний давления внутри циклов с наибольшим периодом колебания в полном спектре колебаний давления на участке МГ был выделен интервал протяжённостью Т , внутри которого анализировались верхний и нижний полупериоды







ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ СЛАЙД #4

Оценка режима работы газопровода

Нижний полупериод	
Длительность полупериода, ч.:	5000
Количество циклов перепадов в полупериоде, шт.:	21
Средний период одного цикла, ч.:	120
Средняя частота колебаний, Гц:	$2{,}2 \cdot 10^{-6}$
Коэффициент асимметрии R*	0,70
Верхний полупериод	
Длительность полупериода, ч.:	3760
Количество циклов перепадов в полупериоде, шт.:	9
Средний период одного цикла, ч.:	123
Средняя частота колебаний, Гц:	$\cdot 2{,}4 \times 10^{-6}$
Коэффициент асимметрии R*	0,81

Интервал изменения нагрузки для выбранного режима лежит в пределах от 1,1 МПа до максимально разрешенного на участке МГ рабочего давления P = 7,4 МПа, что соответствует σ с коэффициентом асимметрии цикла R=0,15.

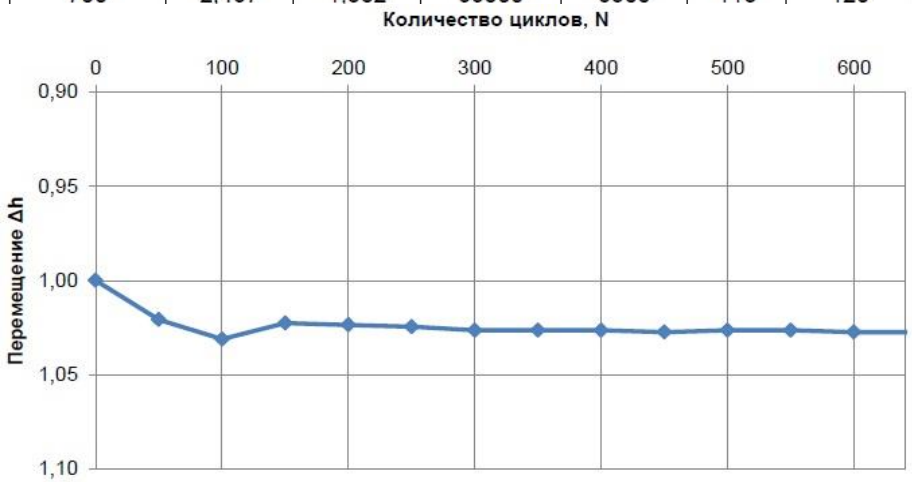
Общее количество циклов нагружения для выбранного режима рассчитано как произведение общего количества всех типов циклов, испытываемых МГ за год на планируемый интервал эксплуатации равный 20 годам.

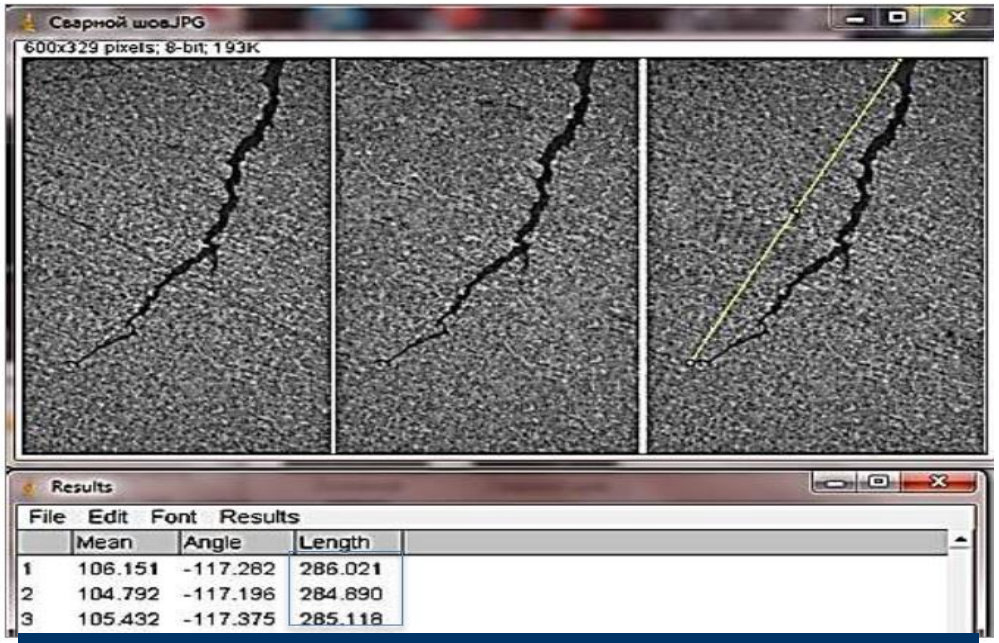
Таким образом, рекомендуется режим нагружения модельных образцов со ступенчатым изменением нагрузки каждые 640 циклов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ СЛАЙД #5

Результаты циклических испытаний в ЗТВ сварного шва

N50циклов$_i$	h(нач)	h(кон)	ΔF_i (верх)	ΔF_j (низ)	t1, с.	t2, с.
0	2,356	1,299	65000	6500	15	22
50	2,412	1,333	65000	6500	22	29
100	2,424	1,334	65000	6500	29	36
150	2,433	1,352	65000	6500	36	43
200	2,434	1,352	65000	6500	43	50
250	2,447	1,364	65000	6500	50	57
300	2,455	1,37	65000	6500	57	64
350	2,457	1,372	65000	6500	64	71
400	2,462	1,377	65000	6500	71	78
450	2,458	1,372	65000	6500	78	85
500	2,46	1,375	65000	6500	85	92
550	2,463	1,378	65000	6500	92	99
600	2,463	1,377	65000	6500	99	106
650	2,459	1,373	65000	6500	106	113
700	2,467	1,382	65000	6500	113	120



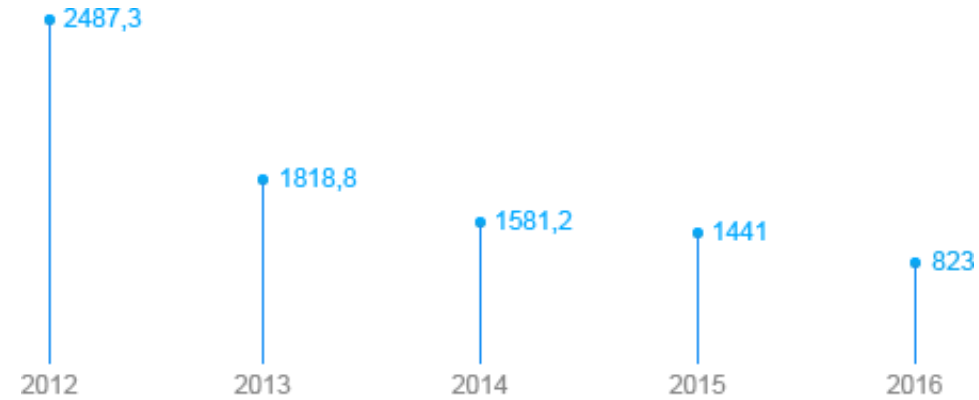


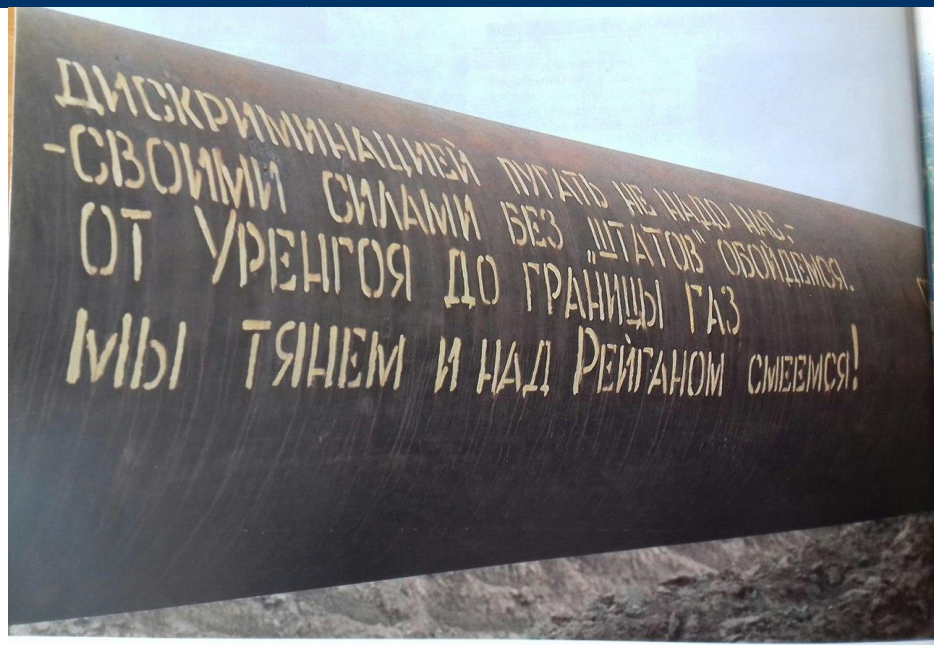
Металл сварного шва, содержащий дефекты КРН

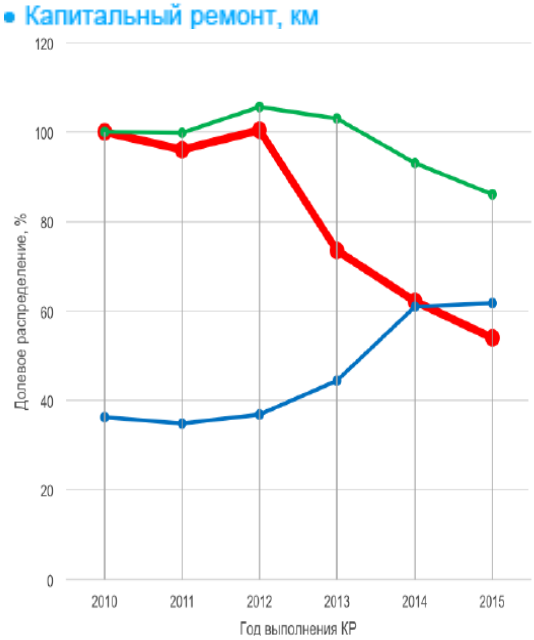
Стресс-коррозионная трещина сохранила свое первоначальное состояние после всех ступеней испытаний. Отсутствуют новые трещины - ответвления и другие изменения в морфологии вершины трещины. Таким образом, в течение трех ступеней испытаний циклов нагрузки-разгрузки при режимах испытаний имитирующих работу реального участка МГ развитие стресс-коррозионных трещин не произошло.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ СЛАЙД #6

ГТС. История и современность







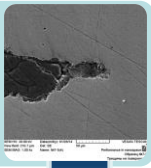
- Объемы работ по КР ЛЧ МГ относительно 2010 г. (2472 км) в 2015 г. упали на 46 % (1333 км)
- Объемы финансирования на КР ЛЧ МГ относительно 2010 г. (69,3 млн. руб.) в 2015 г. упали на 14 % (59,6 млн. руб.)
- Затраты на закупку труб в составе финансир. КР ЛЧ МГ относительно 2010 г. в 2015 г. возросли почти в 2 раза (61,6 %)

- Общая протяженность магистральных газопроводов и отводов 171,4 тыс. км;
- около 40 % магистральных трубопроводов отработали более 35 лет;
- Существует необходимость эффективно распределить средства, выделенные на ремонт ЕСГ

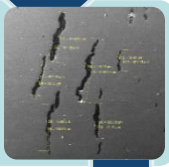
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ СЛАЙД #7

Кинетика процесса КРН -2

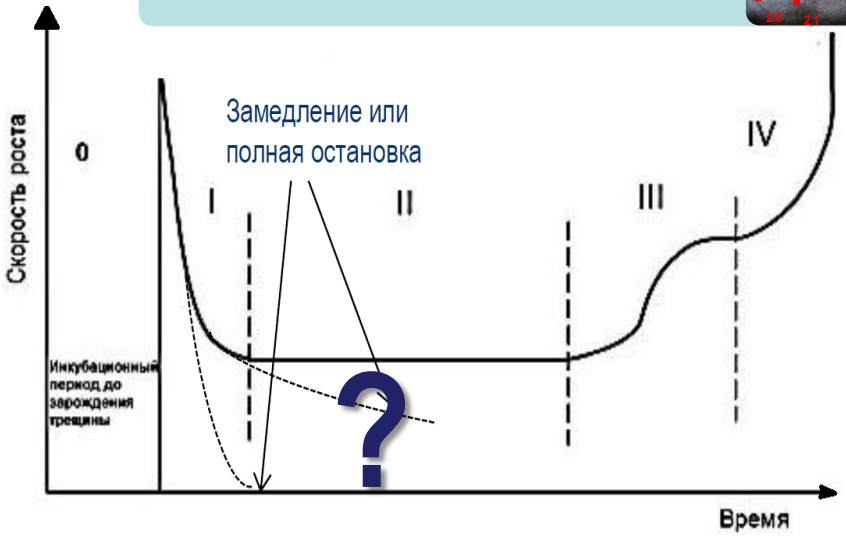
Образование микротрещин



Формировании колонии

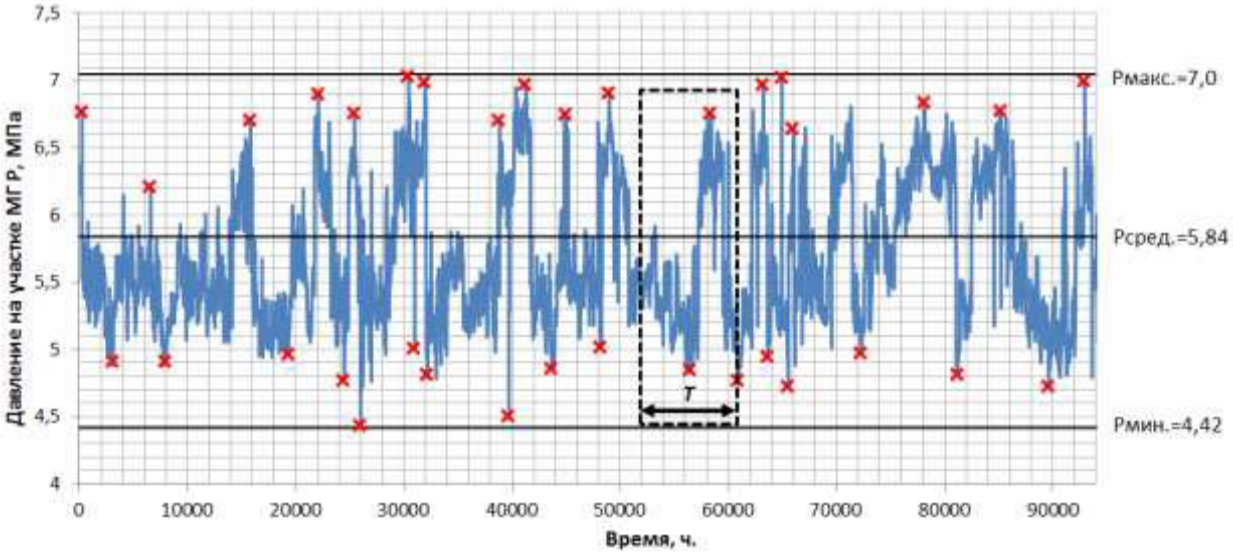


Взаимодействие трещин в колониях



ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ СЛАЙД #8

Оценка режима работы ЛЧ МГ



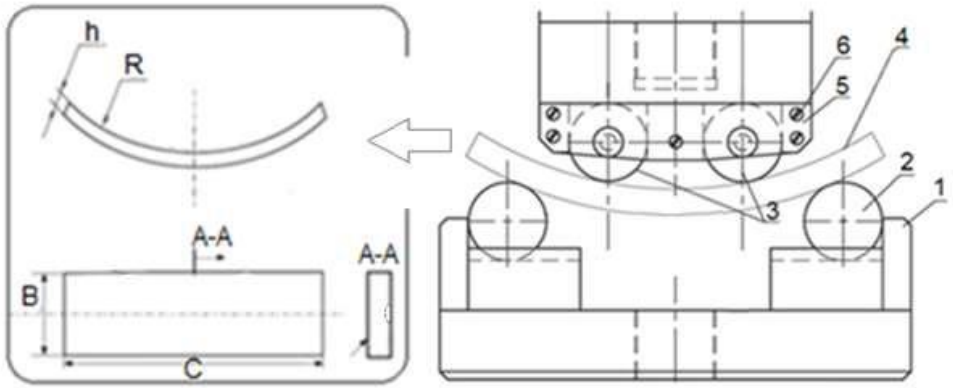
Анализ выделенных циклов показал, что за рассматриваемый период эксплуатации участок 18 раз испытал нагрузку и разгрузку с максимальным отклонением амплитуды колебаний от среднего значения давления $P_{сред}$. В диапазоне 17-35%.

Полный спектр колебаний давления на рассматриваемом участке МГ за период равный 11 годам эксплуатации.

Период эксплуатации участка МГ, ч.:	96360
Целое количество циклов перепадов давления в год, шт	2
Средний период одного цикла, ч	2726
Средняя частота колебаний, Гц	$1{,}01 \cdot 10^{-7}$
Коэффициент асимметрии R	0,63

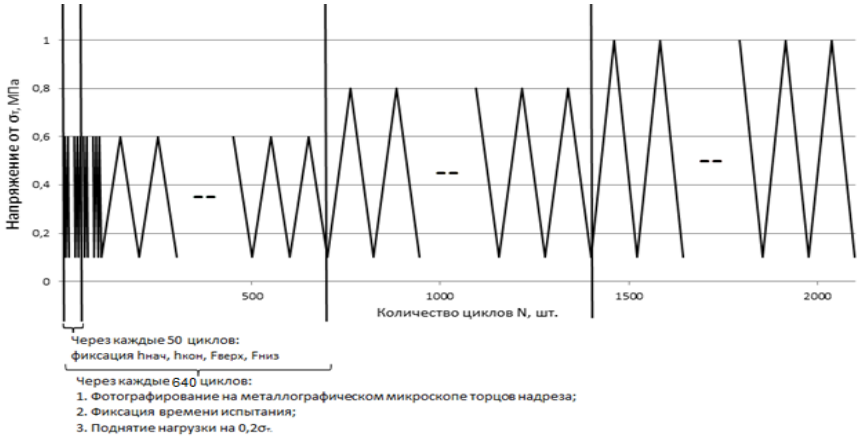
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ СЛАЙД #9

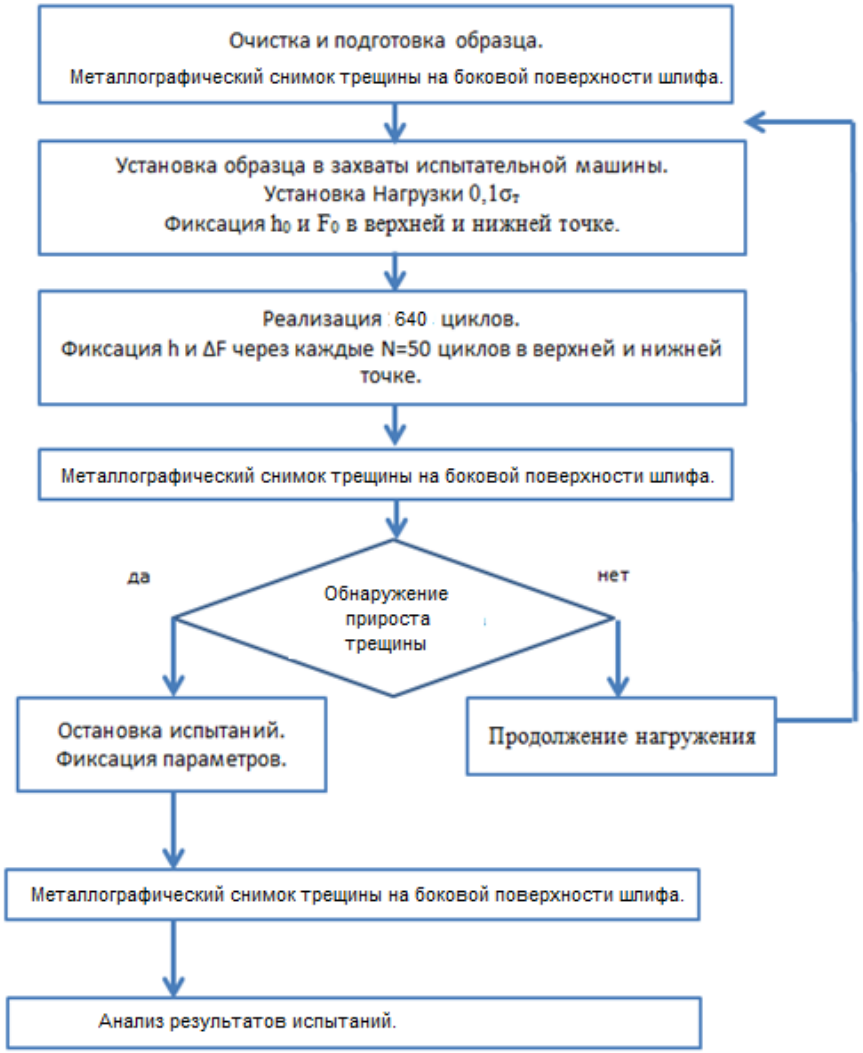
Циклические испытания образцов



R - радиус трубы;
h - толщина стенки;
B - ширина образца;
C - длина образца

1 - нижняя опора;
2 - нижние опорные ролики;
3 - верхние опорные ролики;
4 - тестовый образец;
5 - верхняя опора;
6 - проставки

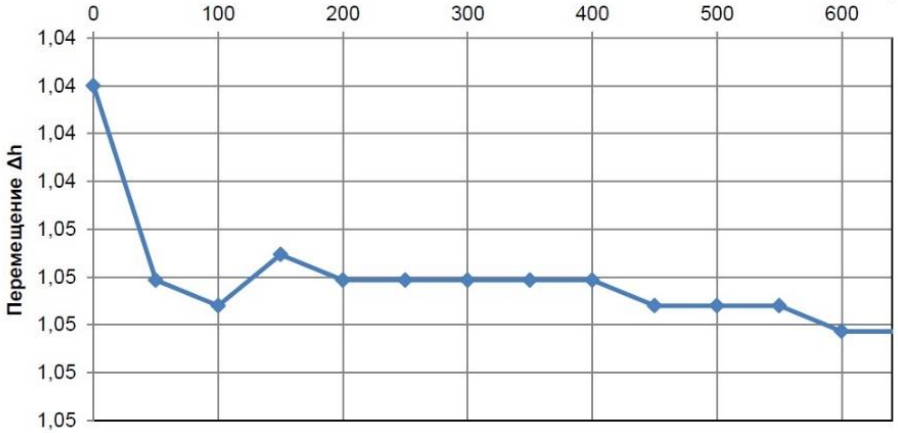


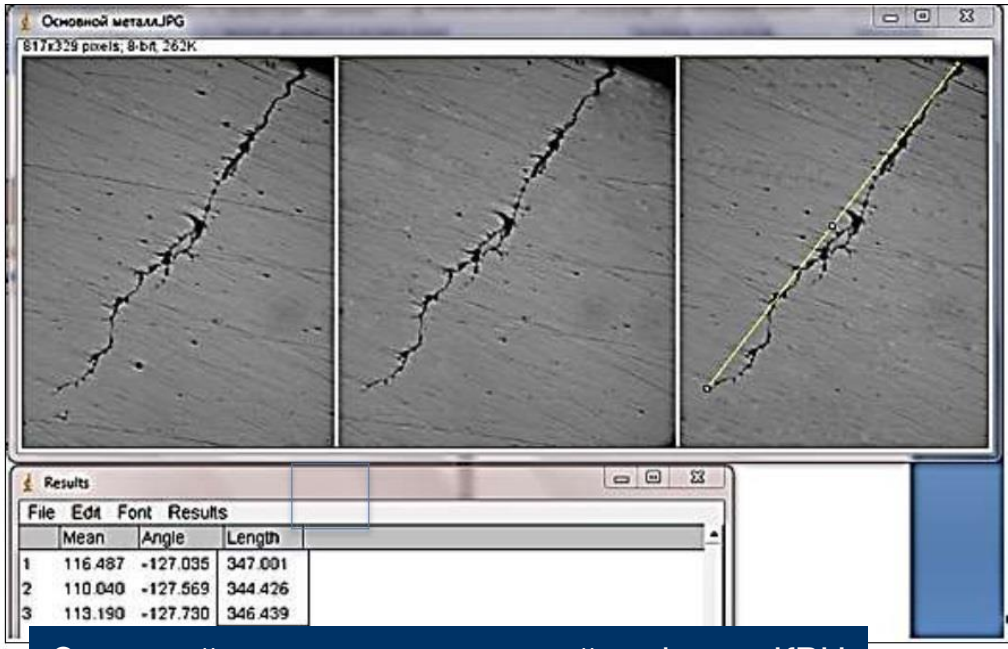


ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ СЛАЙД #10

Результаты циклических испытаний

N50циклов$_i$	h(нач)	h(кон)	ΔF_i (верх)	ΔF_j (низ)
0	5,561	4,626	65000	6500
50	5,840	4,860	65000	6500
100	5,876	4,895	65000	6500
150	5,899	4,920	65000	6500
200	5,908	4,928	65000	6500
250	5,928	4,948	65000	6500
300	5,933	4,953	65000	6500
350	5,944	4,964	65000	6500
400	5,947	4,967	65000	6500
450	5,961	4,980	65000	6500
500	5,966	4,985	65000	6500
550	5,966	4,985	65000	6500
600	5,973	4,991	65000	6500
640	5,979	4,997	65000	6500



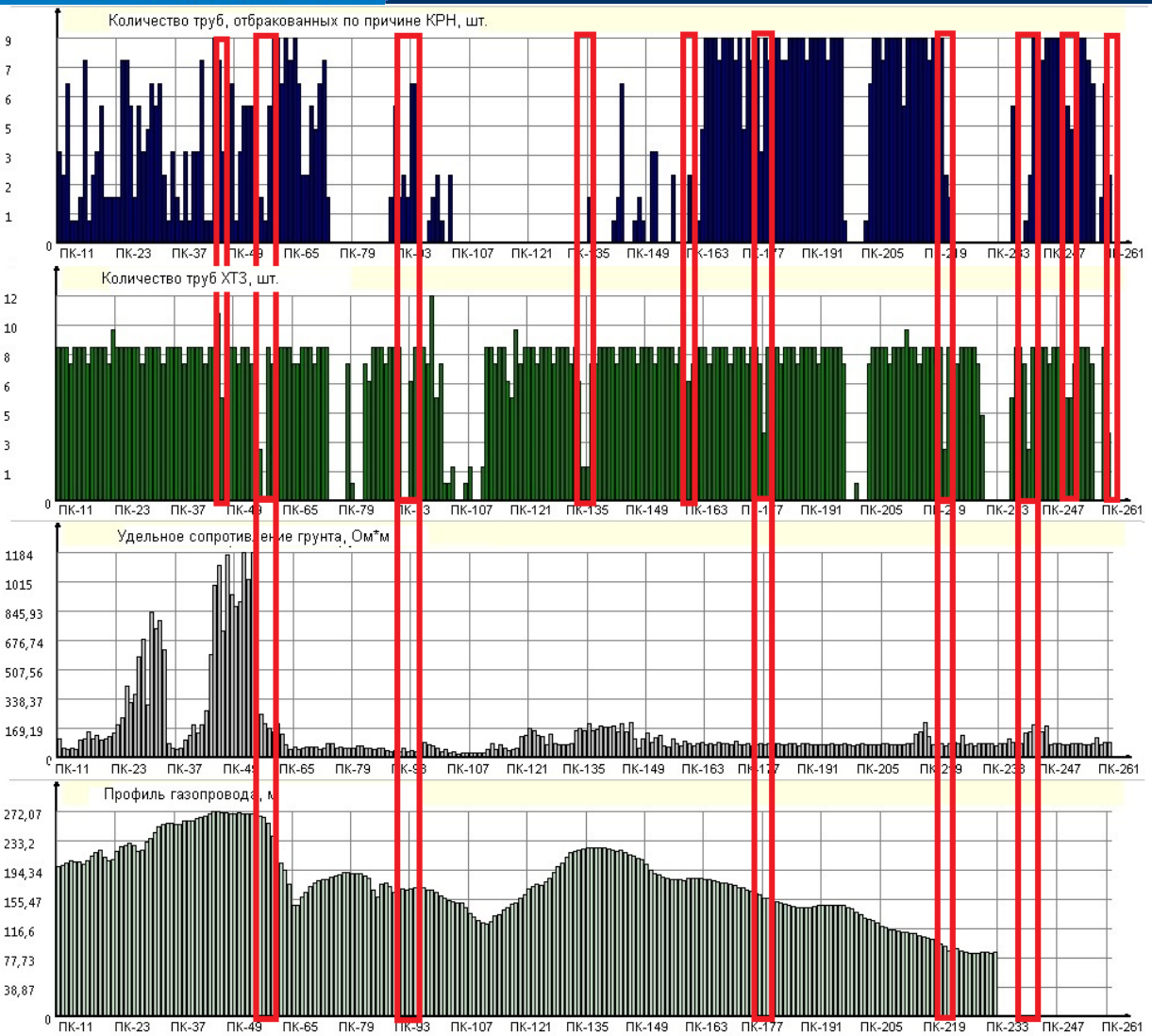


Основной металл, содержащий дефекты КРН

После начального нагружения образца изменений перемещения захватов испытательной машины с увеличением количества циклов испытаний не наблюдается, что показывает отсутствие прироста трещины. Также отсутствие прироста трещины подтверждается пошаговым измерением глубины трещины по металлографическим снимкам.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ СЛАЙД #11

статистические обобщения по материалам кап. ремонта

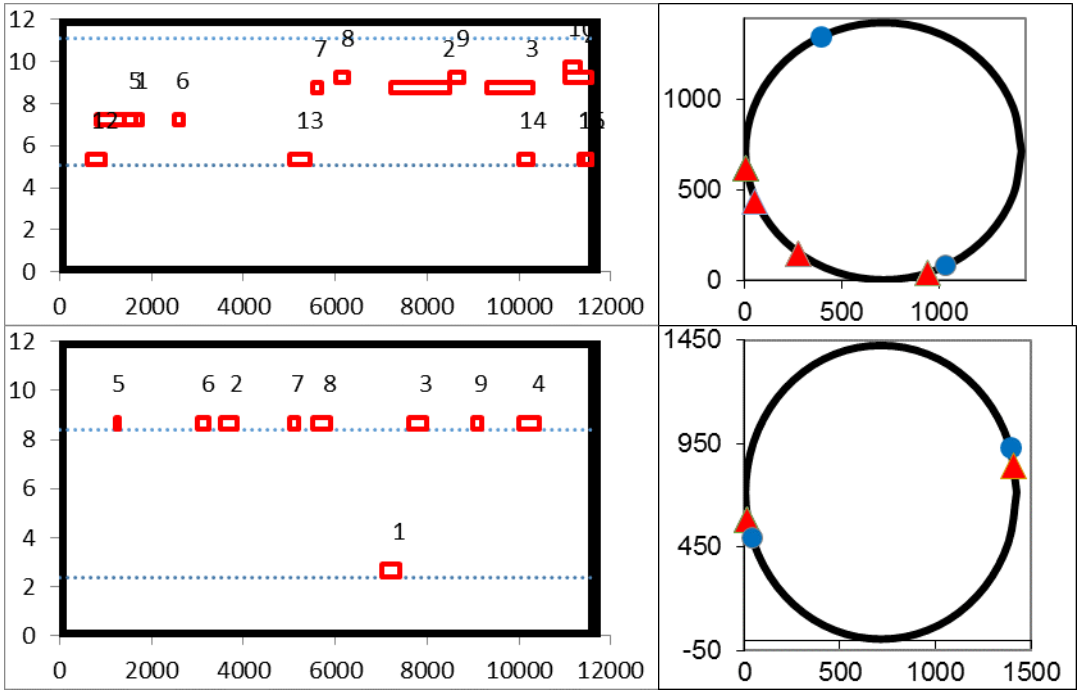


- На участке плотность распределения дефектов КРН глубиной менее 15 % от толщины стенки трубы у двухшовных труб производства ХТЗ более чем в 50 раз больше, чем на одношовных (преимущественно импортных);

- Характеристики грунта и перепады высоты по профилю участка существенного влияния на распределение дефектов стресс-коррозии не оказывают. Количество дефектов КРН резко падает с уменьшением в общей массе количества труб производства ХТЗ.;

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ СЛАЙД #12

отбор образцов для испытаний и исследований



- Для проведения испытаний отбирали фрагменты металла труб с дефектами КРН глубиной от 10% до 36% толщины стенки трубы, в том числе вблизи сварного шва, а также фрагменты металла, не содержащие каких-либо повреждений;
- В соответствии с методикой СТО Газпром 2-5.1-148-2007 из отобранных фрагментов труб изготовлены 4 модельных образца размером 290x120x16,0±0,1 мм (тарировочный образец из основного металла трубы без дефектов КРН, образец основного металла трубы с дефектами КРН, тарировочный образец из продольного сварного шва без дефектов КРН, образец из продольного сварного шва с дефектами КРН в околошовной зоне и по линии сплавления).