ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ УХТА

Доклад
Ведущего инженера
Отдела надежности конструкционных элементов
Инженерно-технического центра ООО «Газпром трансгаз Ухта»
Погуляева Степана Ивановича

ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ТРУБ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ С ТРЕЩИНАМИ КРН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОЛИГОННЫХ ИСПЫТАНИЙ В ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ УХТА»

IV Научно-практический семинар «Повышение надежности магистральных газопроводов, подверженных коррозионному растрескиванию й под напряжением» . ООО «Газпром ВНИИГАЗ». 06-08.06.2018

Актуальность работ

Полигонные испытания были запланированы для развития экспериментальной доказательной базы по продлению срока безопасной эксплуатации труб с мелкими трещинами КРН

Основные задачи:

1. Изучение поведения и установление возможного развития дефектов КРН при многократном нагружении плети внутренним гидравлическим давлением;
2. Развитие методов диагностирования трещин и мониторинга их роста;
3. Оценка несущей способности и остаточного ресурса труб с мелкими трещинами КРН

Выбор труб из участков МГ

Виды испытываемых труб:

Типоразмер	∅1420×16,5 мм	∅1420×17,5 мм
Конструкция	Двухшовная	Одношовная
Страна изготовитель	СССР	ФРГ
Технические условия	ТУ 14-3-600-77	ТУ 56-70, ТУ 56-74
Категория прочности	Х70	Х60, Х60
Год ввода в эксплуатацию	1981	1973
Вид изоляции, состояние	Битумная, удовлетворительное после капитального ремонта переизоляцией	Пленочная, полностью разрушившаяся

Применяемые методы разрушающего контроля в лаборатории

оптико-эмиссионная спектрометрия

испытания на растяжение

металлографическое обследование

ударный изгиб

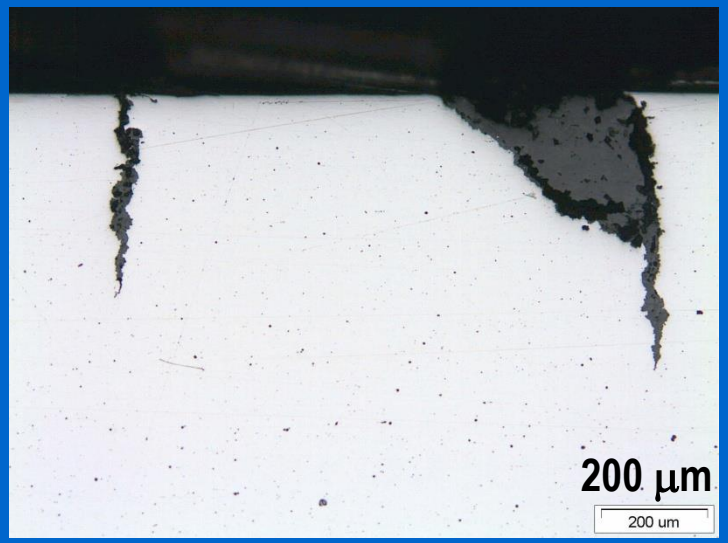
Результаты лабораторных испытаний и обследований

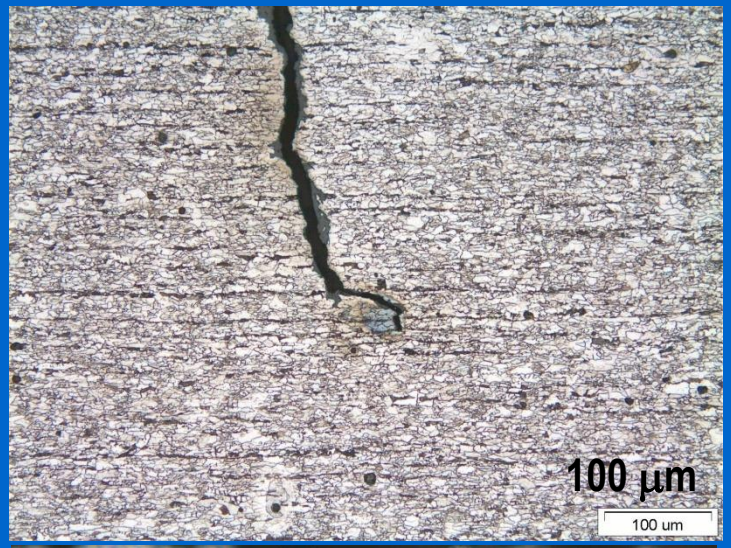
Проведены механические испытания и обследования образцов, вырезанных из металла труб с дефектами КРН

Типоразмер трубы	**∅1420×16,5 мм**	**∅1420×17,5 мм**	
Конструкция	Двухшовная	Одношовная	
Страна изготовления	СССР	ФРГ	
Технические условия	ТУ 14-3-600-77	ТУ 56-70	ТУ 56-74
Предел прочности, МПа	645÷655	580÷590	657÷664
Предел текучести, МПа	540÷544	402÷418	519÷524
Ударная вязкость, Дж/см^2	167	90	122
Поэлементный состав	Соответствует ТУ	Соответствует ТУ	

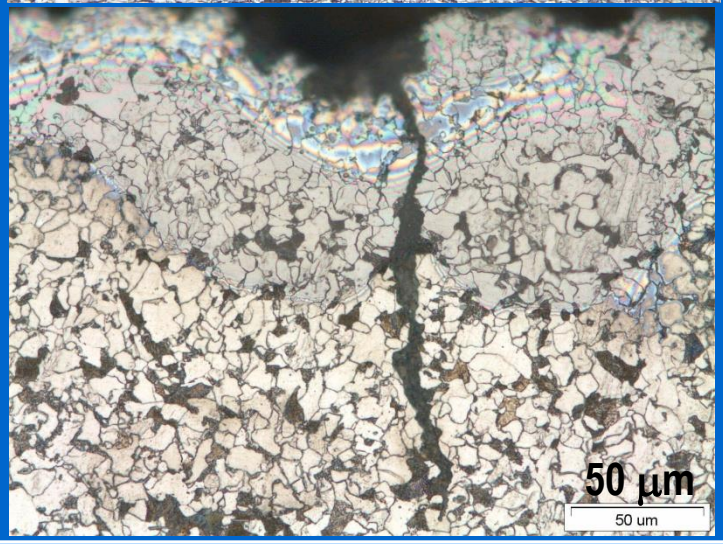
Результаты лабораторных испытаний и обследований. Металлография

Труба ∅1420×16,5 мм ТУ 14-3-600-77 СССР





Труба ∅1420×17,5 мм ТУ 56-74 ФРГ



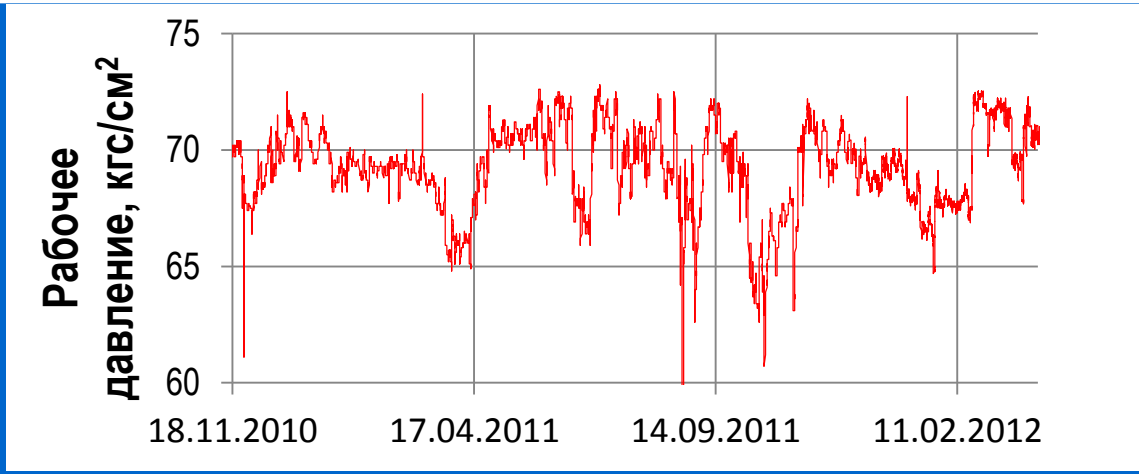
Обустройство полигона

Общий вид трубной плети Ø1420 мм с дефектами КРН

Схематизация процесса эксплуатации МГ

73,2 эквивалентных цикла 0-75-0 кгс/см^2 в год с учетом коэффициента запаса по выносливости, равного 10

Данные диспетчерской службы

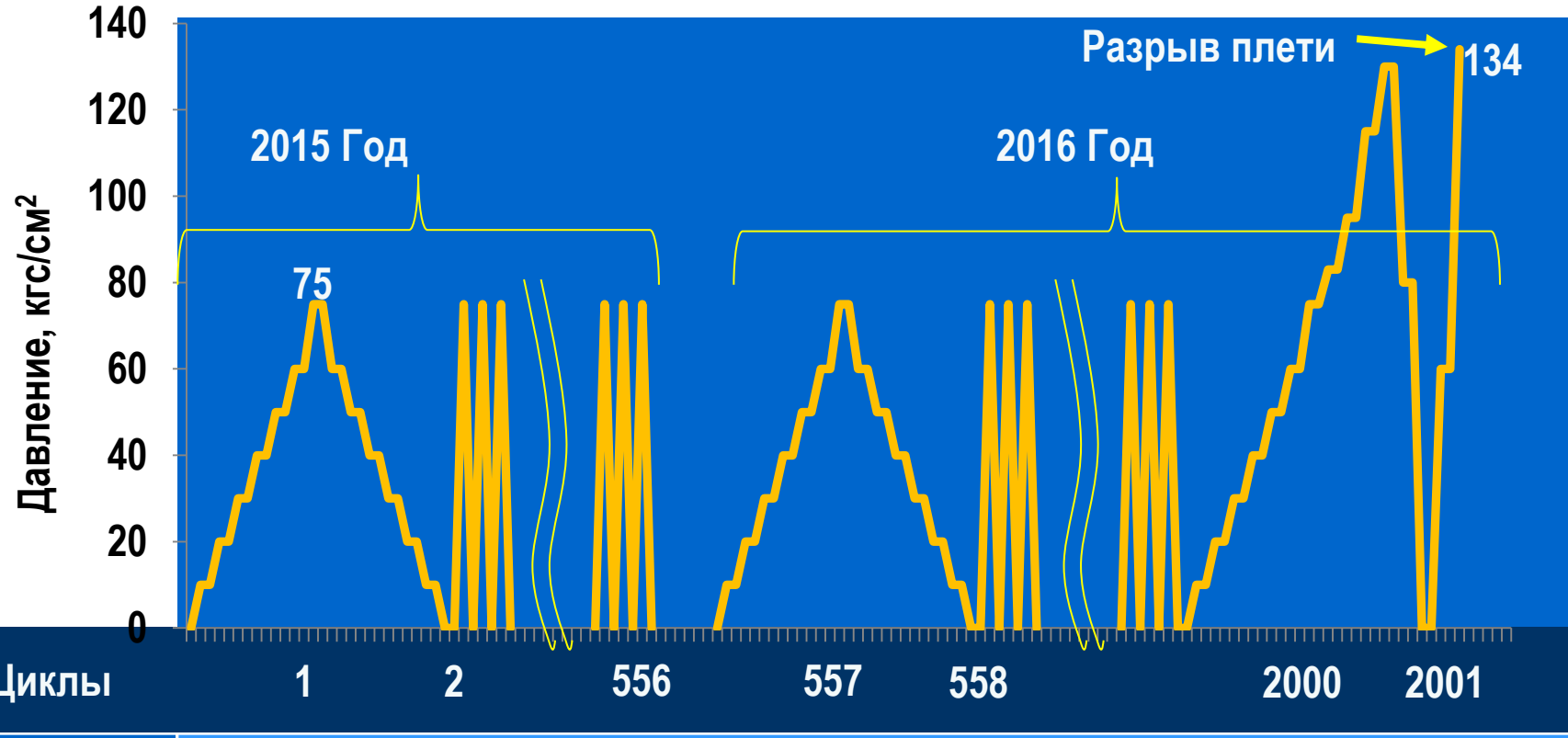


Метод выделения полных циклов по ГОСТ 25.101-83

Спектр нагружений за 5,6 лет

Режим испытаний

С 2015 по 2016 годы выполнено 2000 циклов в режиме 0-$P_{раб}$ – 0, где $P_{раб}$ = 75 кгс/см^2 - нормативное рабочее давление



Применяемые методы неразрушающего контроля

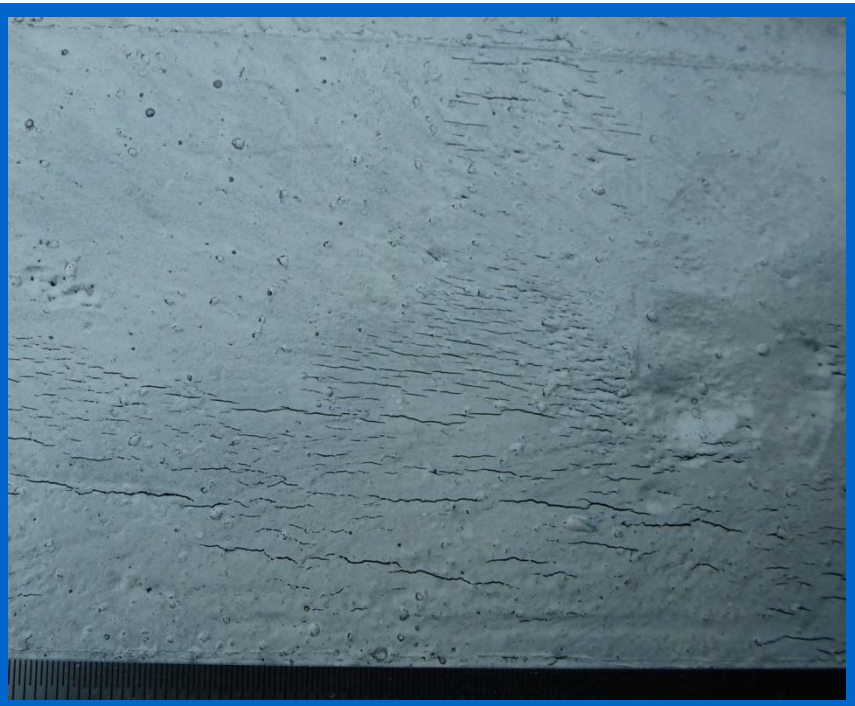
С целью мониторинга возможного роста трещин применялись методы неразрушающего контроля

- магнито-порошковая дефектоскопия;
- магнито-вихретоковая дефектоскопия;
- магнито-анизотропная дефектоскопия;
- макро- и микрофотосъемка дефектов.
- электротензометрия;
- оптоволоконная тензометрия.

Результаты макрофотосъемки

Сравнение индикаторных следов трещин на разных этапах полигонных испытаний показало отсутствие признаков значительного роста трещин

Зона «Фото 2-2» перед испытаниями



Зона «Фото 2-2» после 1998 циклов

Результаты мониторинга роста дефектов

Измерения глубины трещин приборами МВД-2МК и ВК-1 показали отсутствие их роста в процессе испытаний

Тип трубы	Обозначение зоны	Расчётная глубина, мм				Фактическая глубина, мм
		0 циклов	556 циклов	1505 циклов	1998 циклов	
Труба ∅1420×16,5 мм ТУ 14-3-600-77 СССР	Фото 2-2	2,0	2,1	2,1	2,0	2,1
	Фото 3-1	2,2	1,8	2,0	1,8	1,1
Труба ∅1420×17,5 мм ТУ 56-74 ФРГ	Фото 7-1	1,2	0,6	0,7	0,6	1,0
	Фото 8-2	1,7	1,8	1,6	1,1	1,2
	Фото 9-2	1,5	1,2	1,1	1,1	0,6

Фактическая глубина трещин в зонах контроля.

В изломах образцов признаков роста трещин в процессе испытаний не выявлено

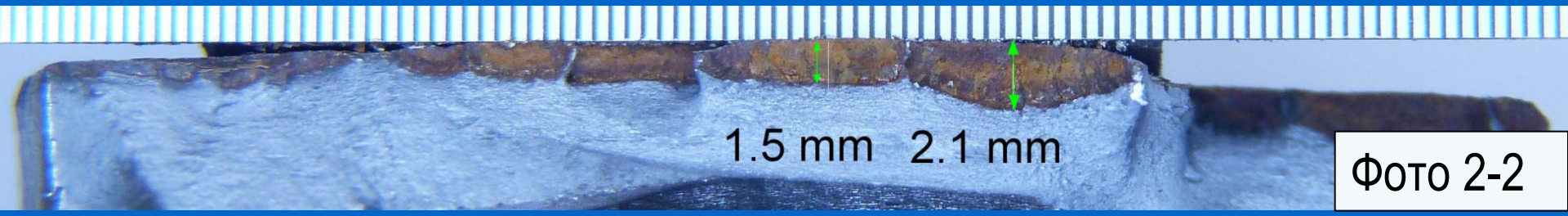


Фото 2-2

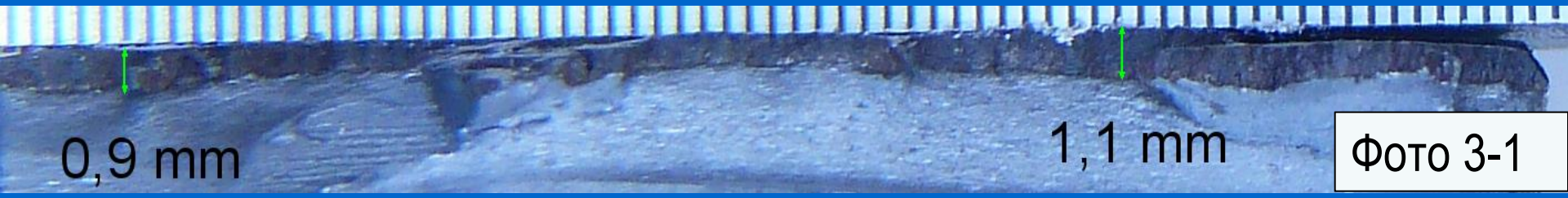


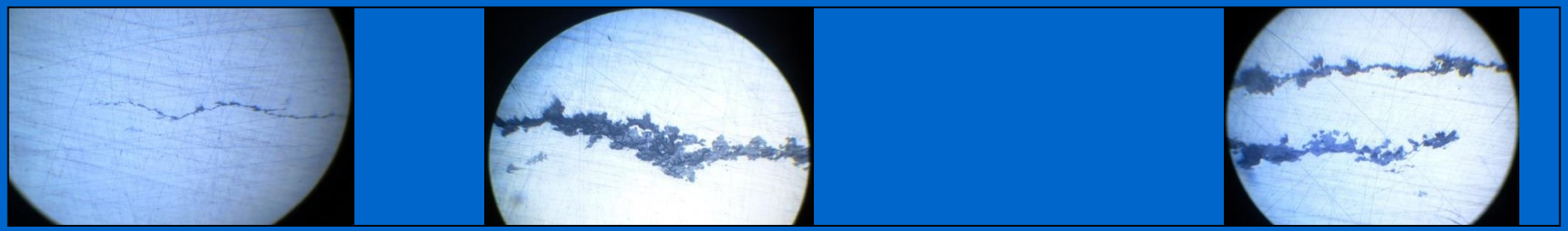
Фото 3-1

Фото 8-2

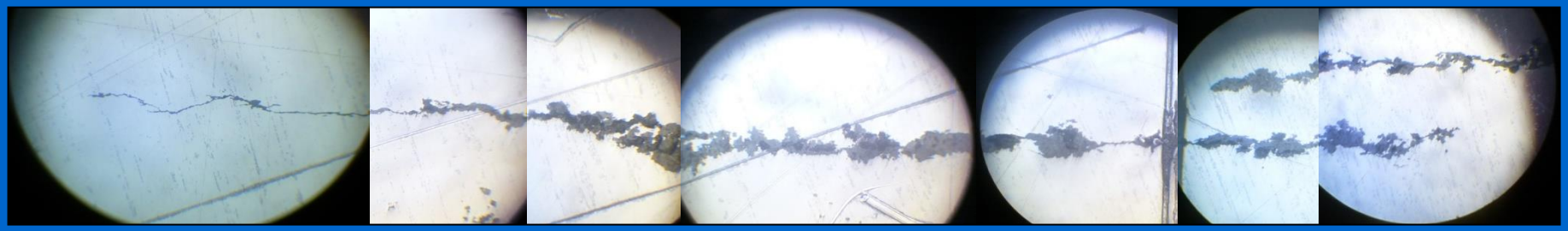
Результаты микрофотосъемки

Сравнение микроскопического вида трещин на разных этапах полигонных испытаний показало отсутствие признаков роста трещин (увеличение 100 х)

Зона «Микроскоп-2» (катушка № 4) перед испытаниями



Зона «Микроскоп-2» (катушка №4) после 1505 циклов

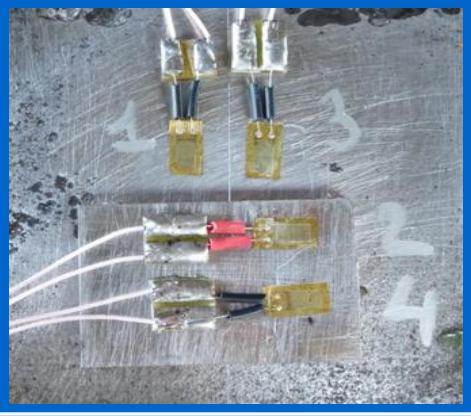


Тензометрия. Используемое оборудование

Для мониторинга деформированного состояния использовались различное тензометрическое оборудование

Оптоволоконная система Sm125

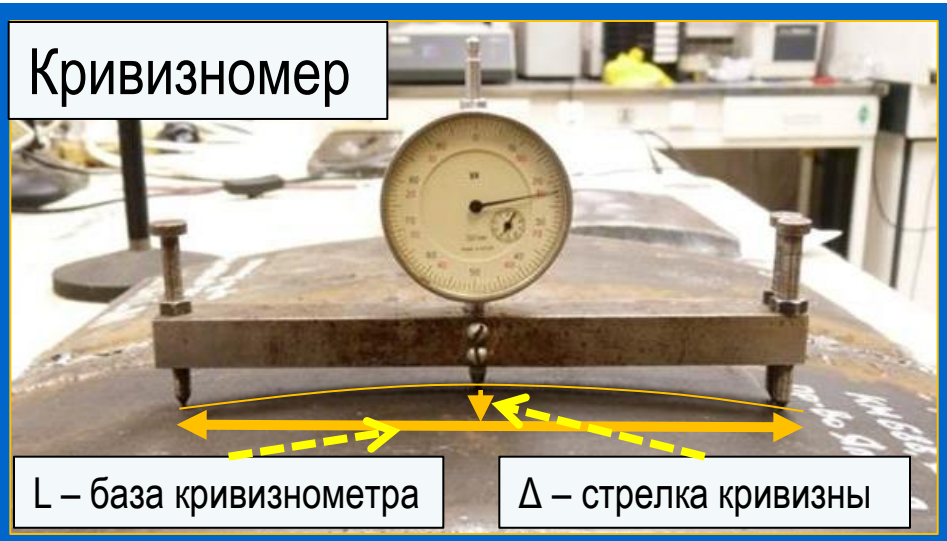
Тензометрическая станция ЦТИ-1



Тензометрическая станция UCAM-60B

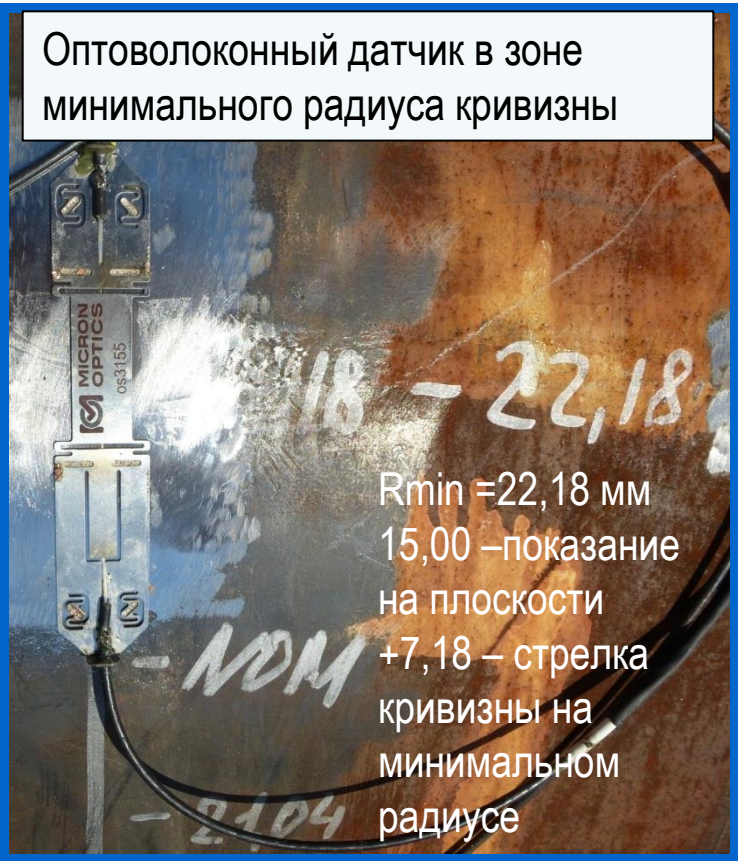
Локальная кривизна стенки трубы

Тензометрические датчики устанавливали в зонах с различной локальной кривизной оболочки трубы



$$\rho = \frac{L^2}{8 \cdot \Delta},$$

ρ – радиус кривизны



Результаты тензометрии

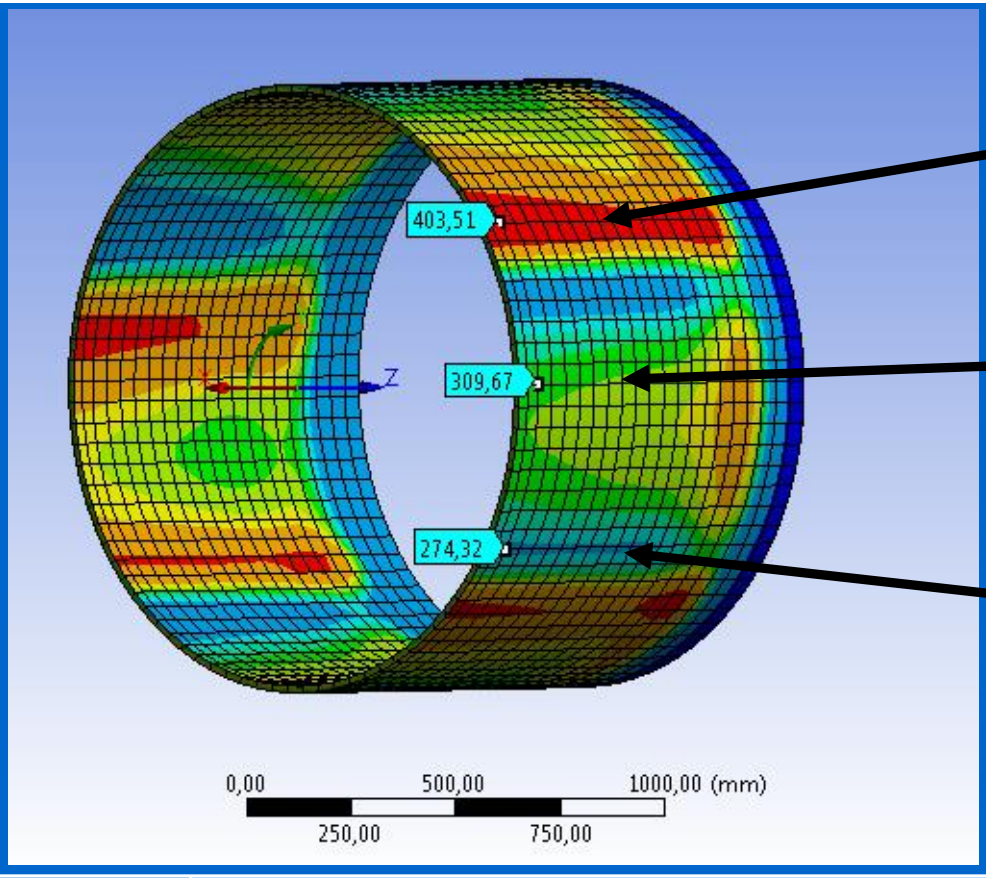
Напряженное состояние зависит от локальной кривизны стенки трубы

Средство измерения	Локальный радиус, мм		Кольцевые напряжения, МПа Фактические	Теоретические	Коэффициент запаса
Оптоволоконная система Sm125 Катушка №9	Min	631	225 (0,56 $\sigma_{0,2}$)	265	2,28
	Nom	707	291 (0,72 $\sigma_{0,2}$)	294	1,99
	Max	825	342 (0,85 $\sigma_{0,2}$)	347	1,56
Тензометрическая станция ЦТИ-1 Катушка №6	Min	643	258 (0,50 $\sigma_{0,2}$)	268	2,28
	Nom	704	295 (0,57 $\sigma_{0,2}$)	293	1,99
	Max	783	376 (0,72 $\sigma_{0,2}$)	340	1,56
Тензометрическая станция UCAM-60B Катушка №4	Min	611	193 (0,36 $\sigma_{0,2}$)	266	3,05
	Nom	712	338 (0,63 $\sigma_{0,2}$)	331	1,74
	Max	895	406 (0,75 $\sigma_{0,2}$)	412	1,45

Нормативный коэффициент запаса по СНиП 2.05.06-85* - 1,80

Результаты тензометрии

Расчёт методом конечных элементов подтвердил соответствующий уровень напряжений (для катушки №4)



Rmax = 895 мм

Rnom= 712 мм

Rmin= 611 мм

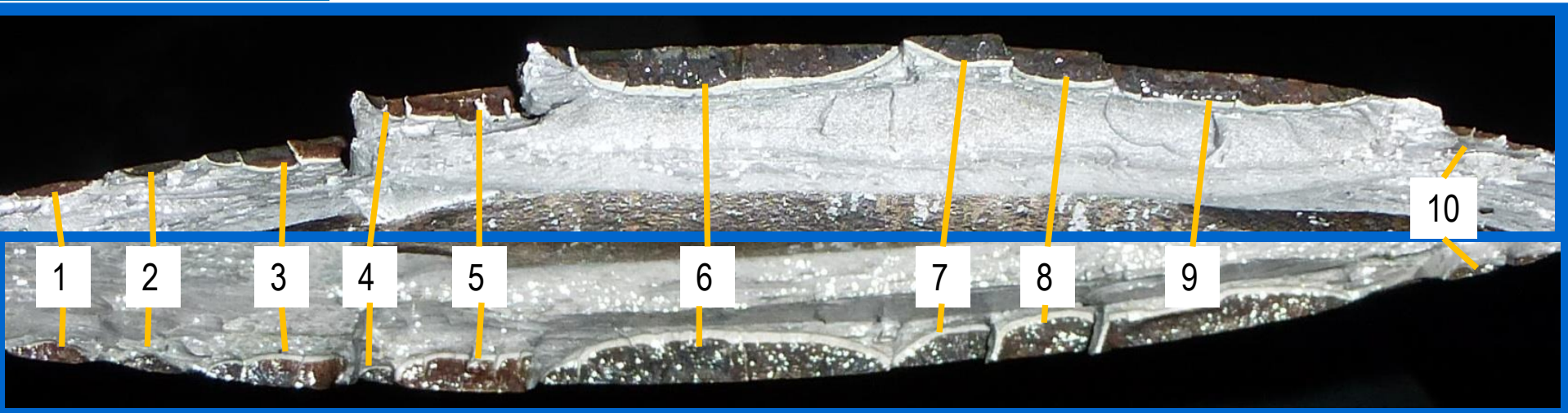
Разрушение плети

Разрушения трубной плети (катушка №4) при внутреннем избыточном давлении 134 кгс/см^2 (13,1 МПа).

Давление на выносном манометре составило 134 кгс/см2

Последние циклы испытания

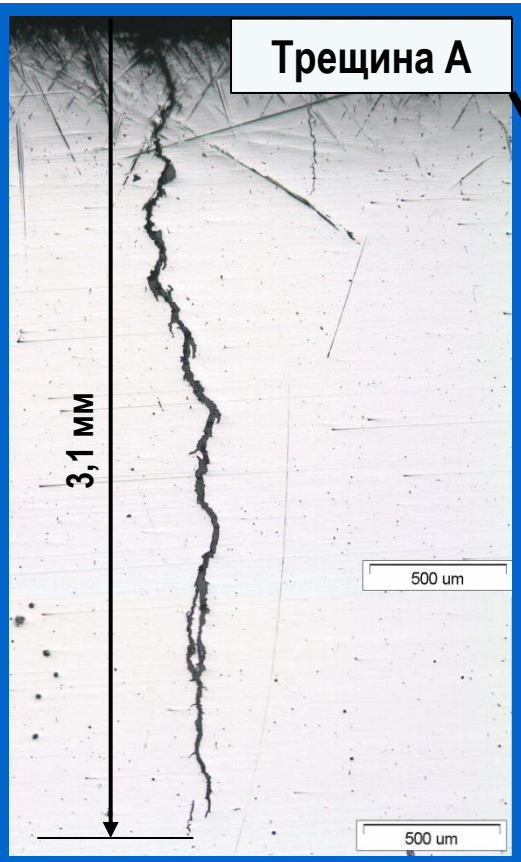
Очаг разрушения и анализ роста трещин

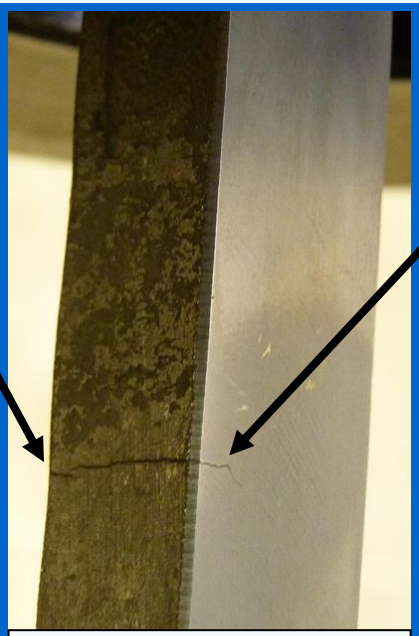


Трещина		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Длина, мм		12	9	22	8	22	48	20	20	35	9
Глубина, мм	Темный участок	2,4	2,4	3,5	2,0	4,0	5,3	3,5	4,4	4,0	1,5
	Светлый участок	2,6	2,4	4,1	2,3	4,6	6,7	4,2	5,4	5,0	1,5
	Приращение	0,2	0,0	0,6	0,3	0,6	1,4	0,7	1,0	1,0	0,0

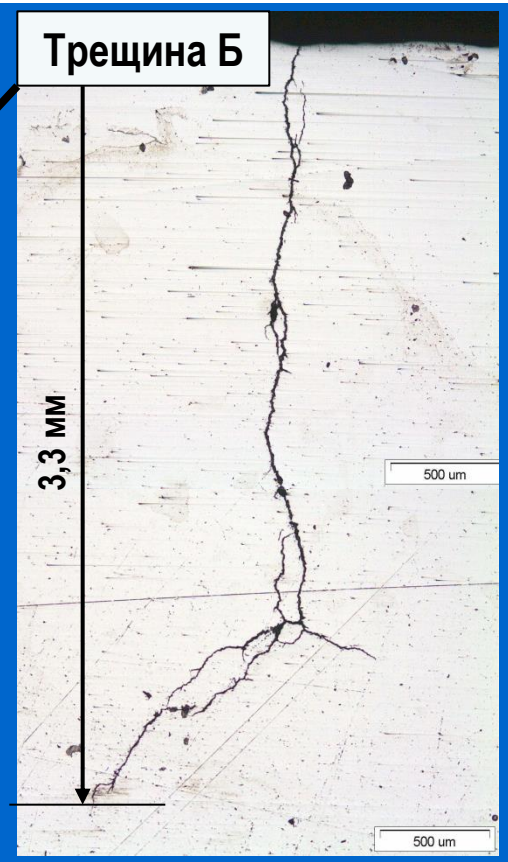
Циклические испытания

В лаборатории на разрывной машине выполнено 2000 циклов статического растяжения образца с трещиной, вырезанного до начала испытаний из катушки № 4



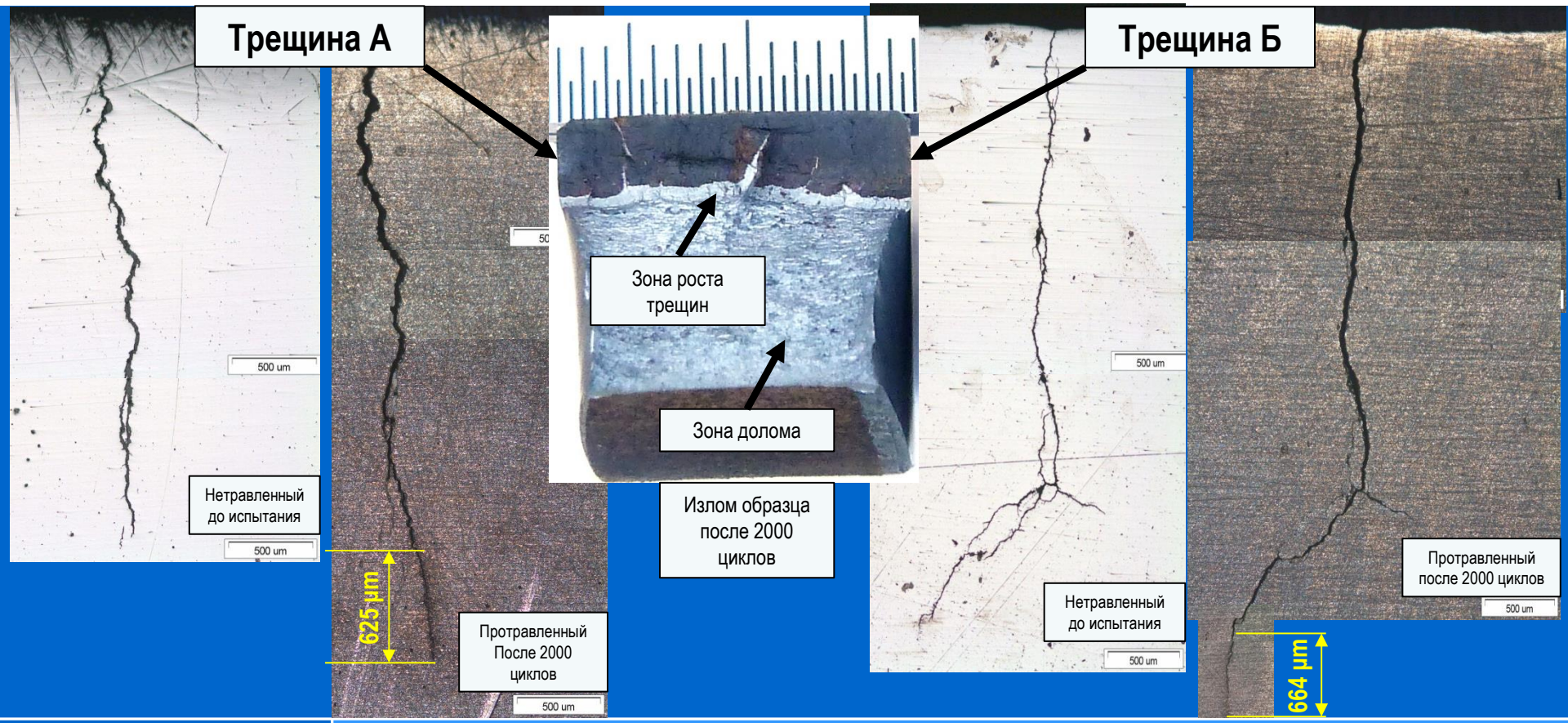


Образец для испытания на циклическое растяжение



Циклические испытания образца

Зафиксированный рост трещины на образце (0,63-0,66 мм) соответствует росту аналогичной по глубине трещины в очаге разрушения трубной плети.



Несущая способность

Оценка несущей способности трубы по СТО Газпром 2-2.3-173-2009 для трещины в очаге разрушения дает результат близкий к фактическому при учете средневзвешенной глубины

Расчётная схема					
по глубине трещин	учет приращения	Длина трещины, мм	Глубина трещины, %	Допустимое давление, кгс/см^2	Разрушающее давление, кгс/см^2
Максимальной	НЕТ	196	32,1	75,7	131,5
	ДА	196	40,6	69,8	121,3
Средне взвешенной	НЕТ	196	24,2	80,3	139,6
	ДА	196	29,4	77,3	134,5
				Разрушение плети	**134**

Фактический запас прочности - 1,79

Проектный запас прочности для III категории - 1,80

Нормативный запас прочности по СТО Газпром 2-2.3-173-2009 - 1,74

Основные результаты испытаний. Выводы

Трубная плеть выдержала без разрушения 2000 циклов повторно-ступенчатого нагружения в режиме 0-75 кгс/см^2(7,4 МПа)-0, что соответствует остаточному сроку службы 27,3 лет .

Разрушение трубной плети произошло при давлении 134 кгс/см^2 (13,1 МПа) и из величины разрушающего давления следует, что перед последней фазой испытания трубная плеть обладала допустимым запасом прочности в соответствии с СТО Газпром 2-2.3-173-2009.

Трубы с неглубокими трещинами КРН обладают достаточной несущей способностью и продолжительным сроком службы при отсутствии доступа коррозионно-активной среды

ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ УХТА

Спасибо за внимание!

Погуляев Степан Иванович

Ведущий инженер ОНКЭ ИТЦ
ООО «Газпром трансгаз Ухта»

Тел/факс: 8 (8216) 77-33-83, (787) 4-06-10 (газ)

E-mail: spoguliaev@sgp.gazprom.ru