

Доклад

Инженера I категории

Отдела надежности конструктивных элементов
Инженерно-технического центра ООО «Газпром трансгаз Ухта»
Погуляева Степана Ивановича

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

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

Основные задачи:

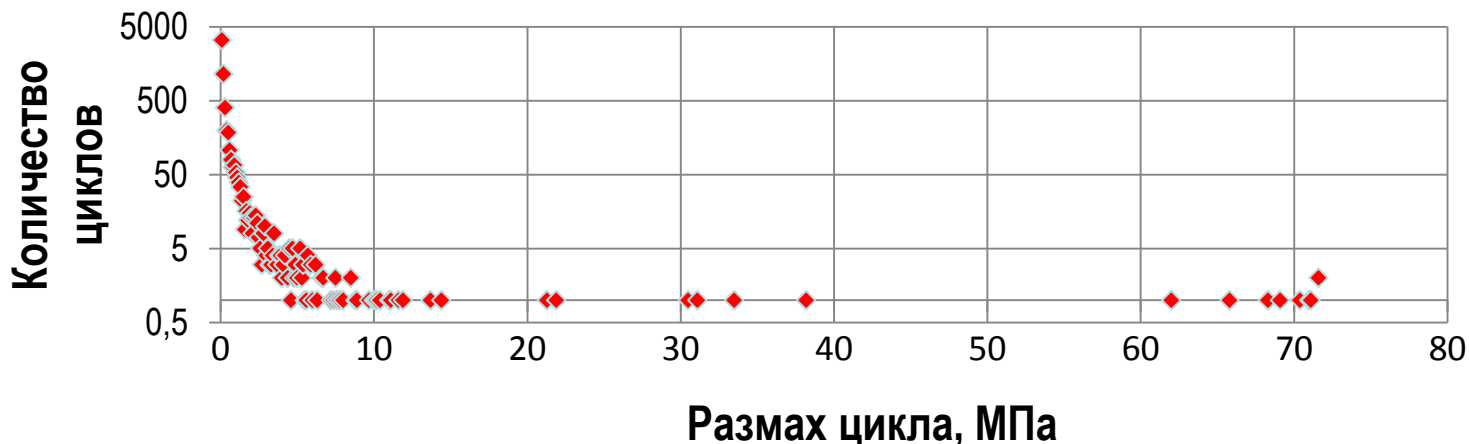
1. Изучение поведения и установление возможного развития дефектов КРН при повторно-ступенчатом нагружении плети внутренним гидравлическим давлением;
2. Развитие методов диагностирования трещин и мониторинга их роста;
3. Оценка несущей способности и остаточного ресурса труб с мелкими трещинами КРН

Виды испытываемых труб:

Типоразмер	Ø1420×16,5 мм	Ø1420×17,5 мм
Производитель	ХТЗ	Mannesmann
Технические условия	ТУ 14-3-741-78	ТУ 56-70, ТУ 56-74
Марка стали	09Г2ФБ	X56, X70
Год ввода в эксплуатацию	1981	1973
Вид изоляции, состояние	Битумная, удовлетворительное после капитального ремонта переизоляцией	Пленочная, полностью разрушившаяся



Метод выделения полных циклов по ГОСТ 25.101-83



7,32
ЦИКЛОВ
В ГОД

оптико-эмиссионная спектрометрия



испытания на растяжение



металлографическое обследование



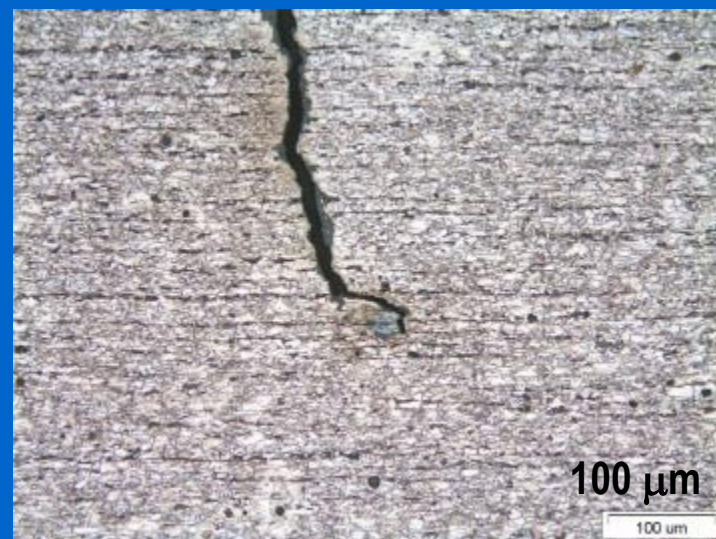
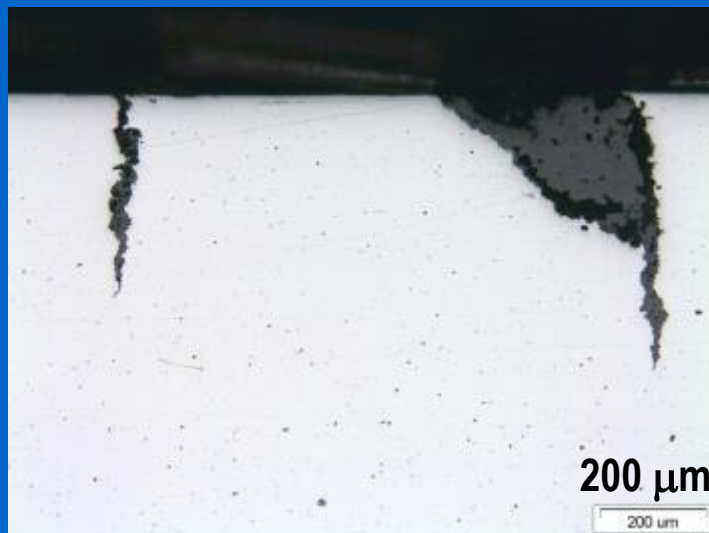
ударный изгиб



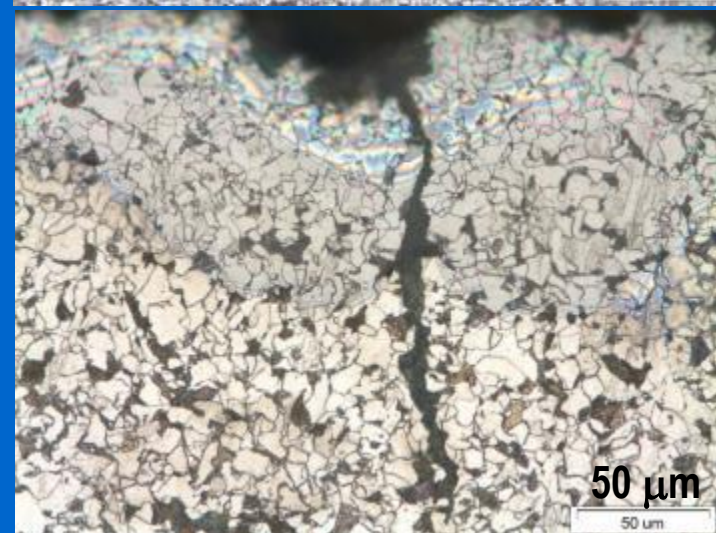
Проведены механические испытания и обследование образцов, вырезанных из металла труб с дефектами КРН

Типоразмер трубы	Ø1420×16,5 мм	Ø1420×17,5 мм
Производитель	ХТЗ	Mannesmann
Технические условия	ТУ 14-3-741-78	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

Труба
Ø1420×16,5 мм
ТУ 14-3-741-78
ХТЗ



Труба
Ø1420×17,5 мм
ТУ 56-74
Mannesmann

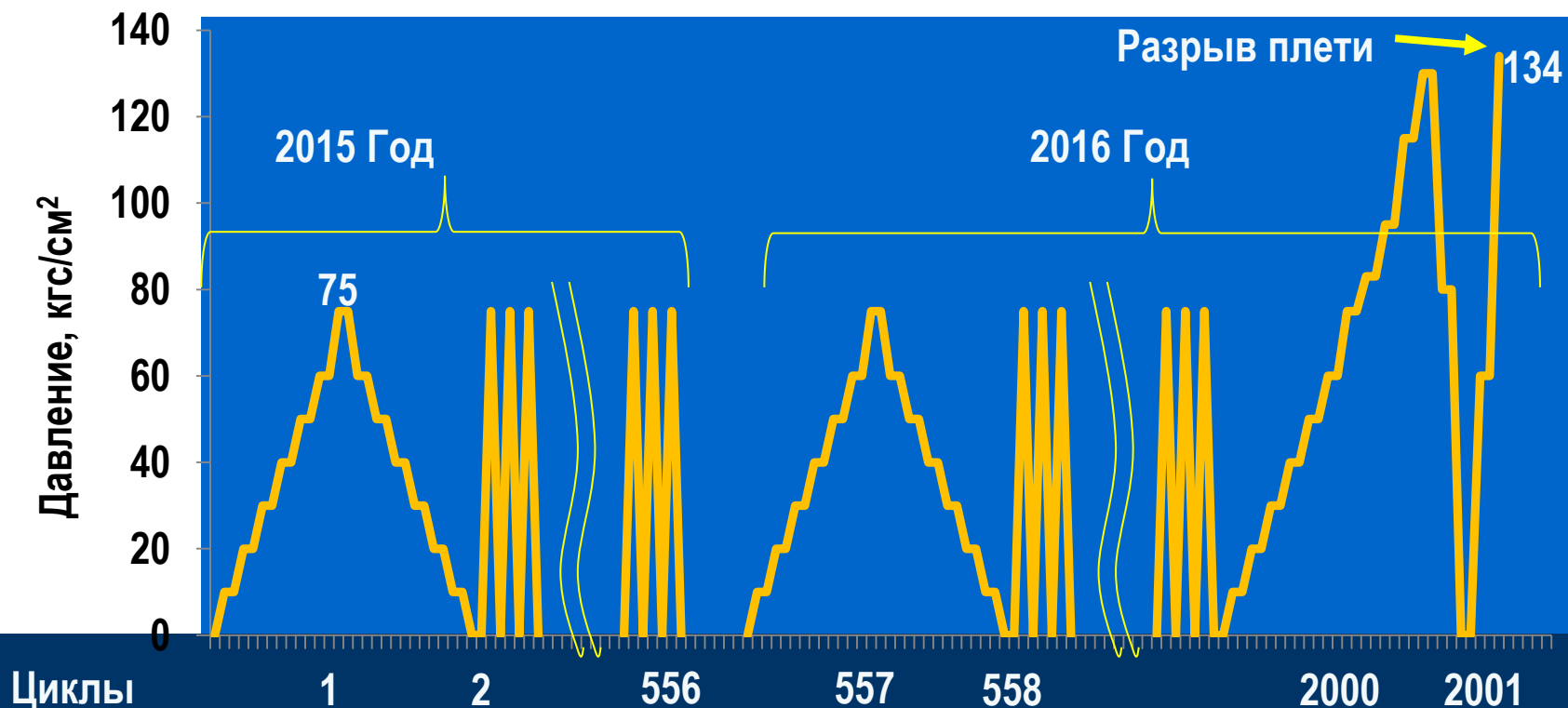




Общий вид трубной плети Ø1420 мм с дефектами КРН

1 – манометр «МП4-УУ2»; 2 – сечение установки оптоволоконных датчиков; 3 – сечения установки резистивных датчиков; 4 – подводящий шлейф Ø57×4 мм; 5 – импульсная трубка Ø14×2 мм к выносному манометру; 6 – опрессовочный агрегат АО-181; 7 – емкость для соляного раствора; 8 – выносной манометр

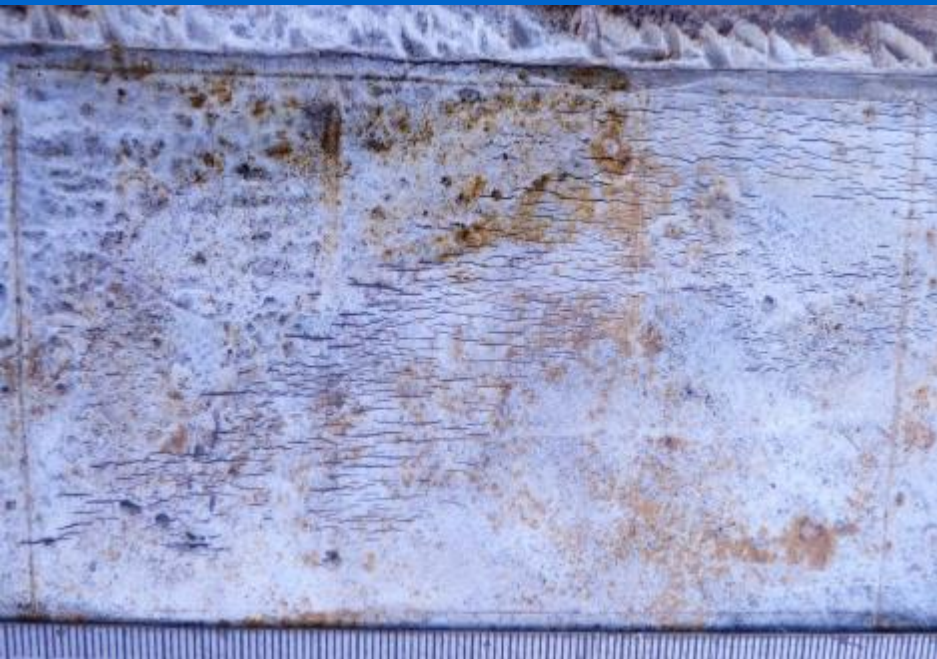
С 2015 по 2016 годы выполнено 2000 циклов в режиме 0-нормативное рабочее давление $P_{\text{раб}} = 75 \text{ кгс/см}^2 - 0$



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.

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 90 циклов

Измерение глубины трещин магнито-вихретоковым дефектоскопом прибором «МВД-2МК»

Тип трубы	Обозначение зоны	Результаты измерений, мм				Приращение %
		0 циклов	255 циклов	556 циклов	1998 циклов	
Труба Ø1420×16,5 мм ТУ 14-3-741-78 ХТЗ	Фото 2-1	2,5 (15%)	3,2	5,0	5,7	+19
	Фото 2-2	2,0 (12%)	2,9	3,6	4,9	+18
	Фото 3-1	2,2 (13%)	2,9	3,5	3,2	+6
	Фото 3-2	1,7 (10%)	1,7	2,9	2,8	+7
	Фото 3-3	1,2 (7%)	1,7	2,3	2,4	+7
	Фото 4-1	1,7 (10%)	2,0	3,0	2,9	+7
	Фото 5-1	1,1 (6%)	1,5	1,5	1,6	+3
	Фото 5-2	1,2 (7%)	1,6	1,6	1,5	+2
	Фото 6-1	1,4 (8%)	2,4	2,0	2,7	+8
Труба Ø1420×17,5 мм ТУ 56-74 Mannesmann	Фото 7-1	1,2 (7%)	1,3	0,7	1,2	+0
	Фото 8-1	1,7 (10%)	1,9	1,9	2,0	+2
	Фото 8-2	1,7 (10%)	2,3	2,9	2,4	+4
	Фото 9-1	0,7 (4%)	0,7	0,9	1,0	+2
	Фото 9-2	1,5 (9%)	1,9	0,7	1,8	+2

Результаты мониторинга роста дефектов прибором МВД-2МК

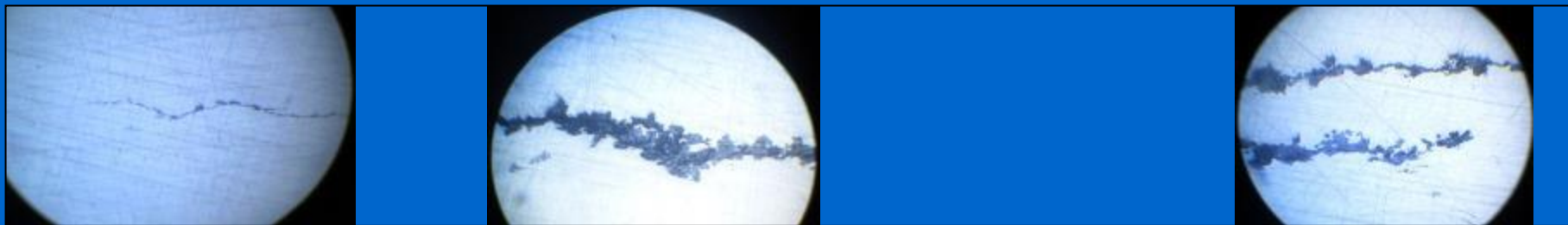
Тенденция роста трещин соответствует представлению о кинетическом росте трещиноподобных дефектов



Величины представлены в процентах (%) от толщины стенки трубы

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

Зона «Микроскоп-2» перед испытаниями



Зона «Микроскоп-2» после 1505 циклов



Результаты магнитной анизотропии указывают на протекание изменений уровня механических напряжений в зоне КРН

556
Циклов
2016 год



Область
трещин
КРН

Для мониторинга деформированного состояния использовались различное тензометрическое оборудование

Оптоволоконная система Sm125



Тензометрическая станция ЦТИ-1



Тензометрическая станция UCAM-60B



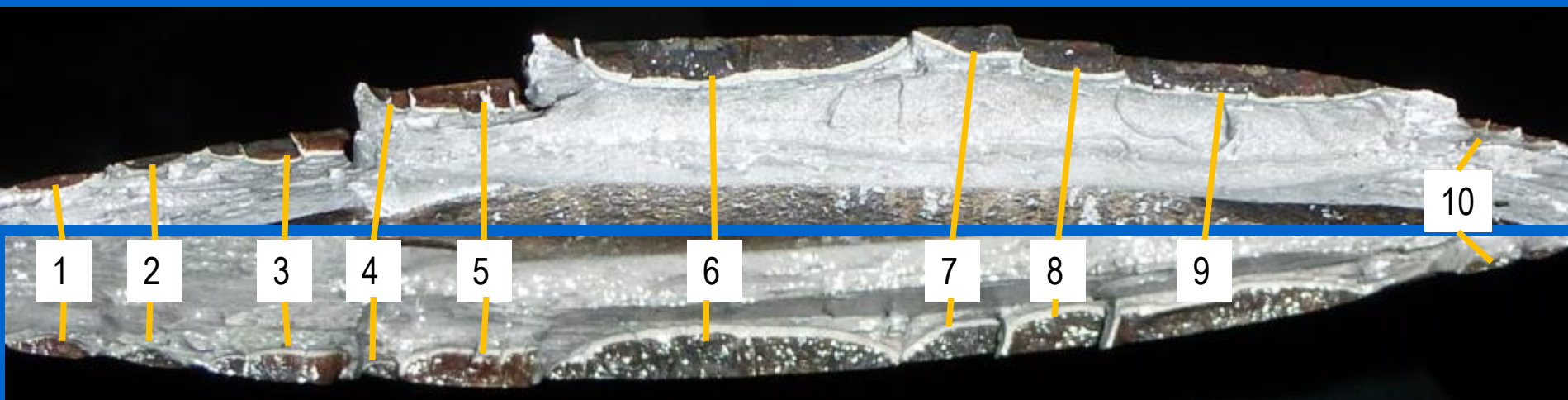
Деформированное состояние зависит от локальной кривизны стенки трубы

Наименование средства измерения	Локальный радиус оболочки трубы, мм	Кольцевые деформации, мкм/м		
		Фактические	Теоретические	
Оптоволоконная система Sm125 Катушка №9	Min	631	912	1077
	Nom	707	1202	1233
	Max	825	1431	1475
Тензометрическая станция ЦТИ-1 Катушка №6	Min	643	1036	1168
	Nom	704	1222	1301
	Max	783	1547	1473
Тензометрическая станция UCAM-60B Катушка №4	Min	611	756	1098
	Nom	712	1369	1318
	Max	895	1710	1717

Разрушения трубной плиты при внутреннем избыточном давлении 134 кгс/см² (13,1 МПа). Вид с разных камер видеофиксации

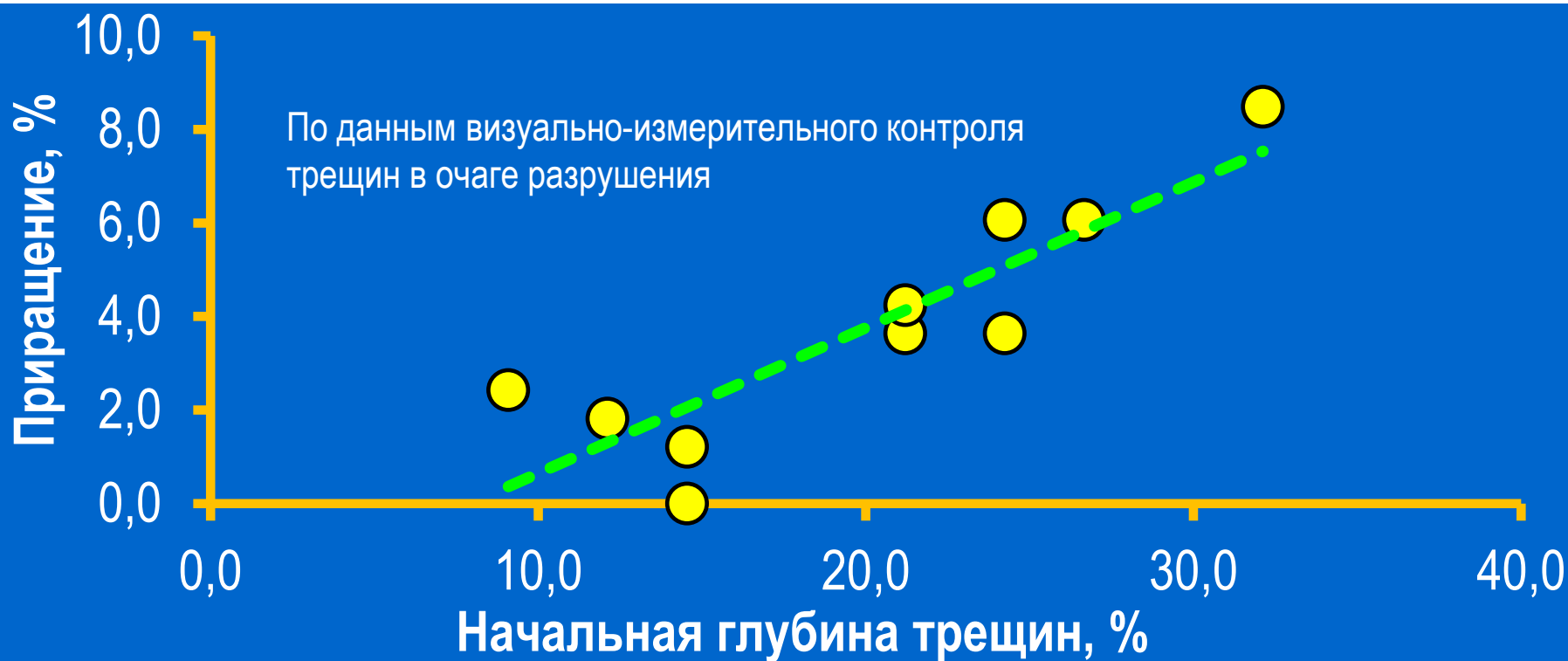


Очаг разрушения и анализ роста трещин



Трещина	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Длина, мм	12	9	22	8	22	48	20	20	35	9
Темный участок, %	14,5	14,5	21,2	12,1	24,2	32,1	21,2	26,7	24,2	9,1
Светлый участок, %	15,8	14,5	24,8	13,9	27,9	40,6	25,5	32,7	30,3	11,5
Приращение %	1,2	0,0	3,6	1,8	3,6	8,5	4,2	6,1	6,1	2,4

С увеличением глубины трещин их скорость роста возрастает



Величины представлены в процентах (%) от толщины стенки трубы

Анализ роста трещин в очаге

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

Трубная плеть выдержала без разрушения 2000 циклов повторно-ступенчатого нагружения в режиме 0-75 кгс/см²(7,4 МПа)-0, что соответствует остаточному ресурсу 27,3 лет .

Разрушение трубной плети произошло при давлении 134 кгс/см² (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 остаточным ресурсом при отсутствии доступа коррозионно-активной среды

Спасибо за внимание!

Погуляев Степан Иванович

Инженер I категории ОНКЭ ИТЦ
ООО «Газпром трансгаз Ухта»

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

E-mail: spoguliaev@sgp.gazprom.ru