

Доклад

Инженера II категории

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

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТРЕЩИН КОРРОЗИОННОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ НА РАННЕЙ СТАДИИ ИХ РАЗВИТИЯ НА ТРУБАХ ПОДЗЕМНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

1. Низкая чувствительность и точность диагностического оборудования при выявление трещин КРН на ранней стадии развития.
2. Существенное превышение объема ремонтируемых труб с КРН при капитальном ремонте над плановым их количеством
3. Ускоренный, не предсказуемый рост трещин КРН.

Задачи:

- оценка возможности различных методов и средств НК выявлять дефекты КРН;
- уточнение природы возникновения и прогноза развития трещиноподобных дефектов.

Выполненные работы:

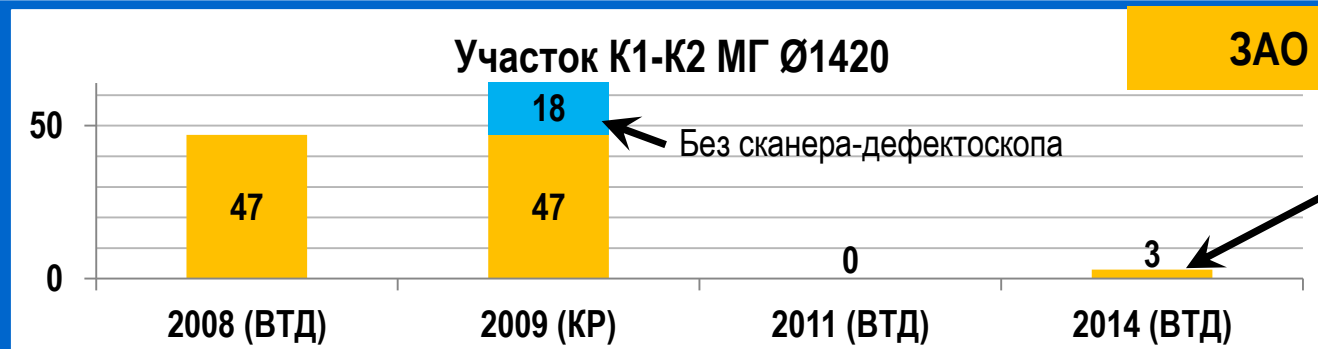
1. Сравнение геометрических размеров дефектов, измеренных различными методами контроля;
2. Определение поэлементного состава и фактических характеристик механических свойств металла;
3. Исследование микроструктуры металла труб в дефектных зонах;
4. Экспериментальное определение поведения трещин при различных нагрузках.

Сведения из отчётов внутритрубного обследования

| Организация | Вид трещин | Длина | Ширина | Глубина | Раскрытие, мм |
|--------------|------------------------|--------|--------|---------|---------------|
| Спецнефтегаз | Зона продольных трещин | 6t | 0,5t | 0,15t | ≥0,05 |
| | Поперечная | 0,01t | 3t | 0,2t | ≥0,01t |
| | Продольная | 3t | 0,01t | 0,2t | ≥0,01t |
| ОРГЭНЕРГОГАЗ | Зона продольных трещин | ±30 мм | - | 0,10t | ≥0,05 |
| | Поперечная | - | ±30 мм | 0,25t | ≥0,1 |
| | Продольная | ±30 мм | - | 0,25t | ≥0,1 |

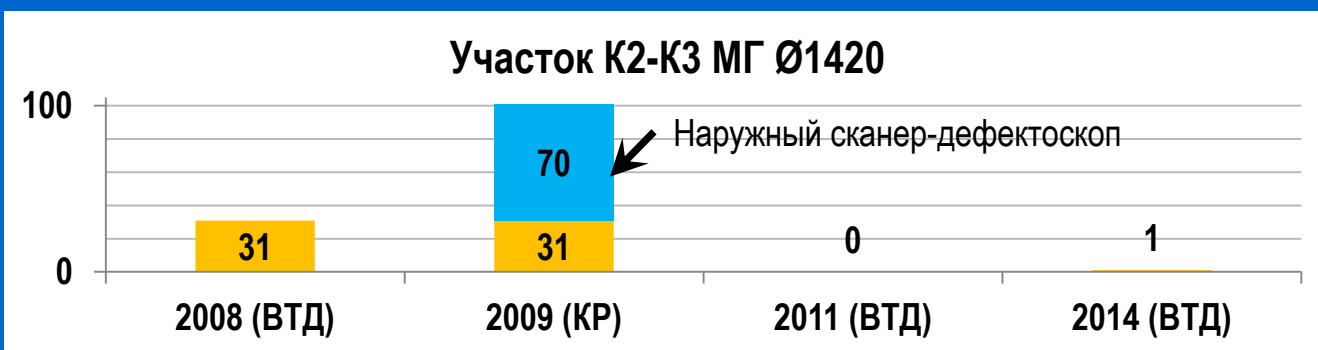
t - Толщина стенки трубы, мм

Статистика обнаружения трещин

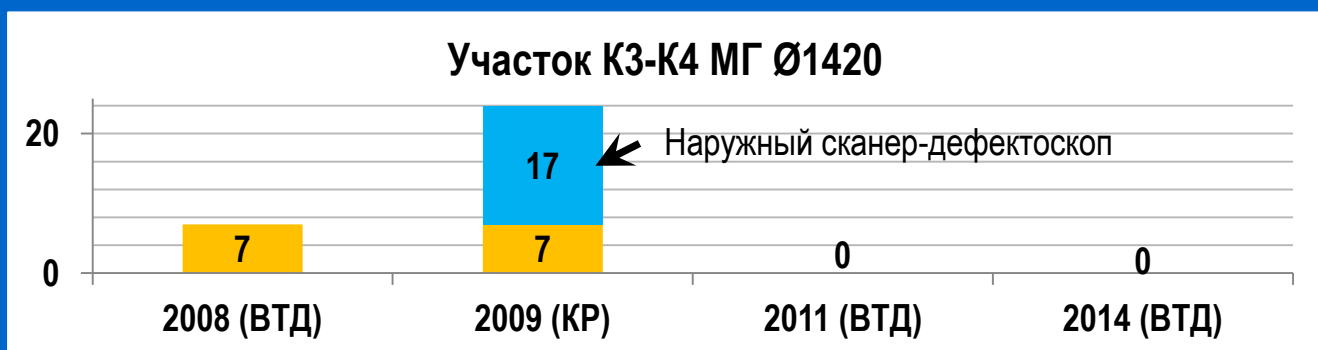


Трещины глубиной
30÷45 %

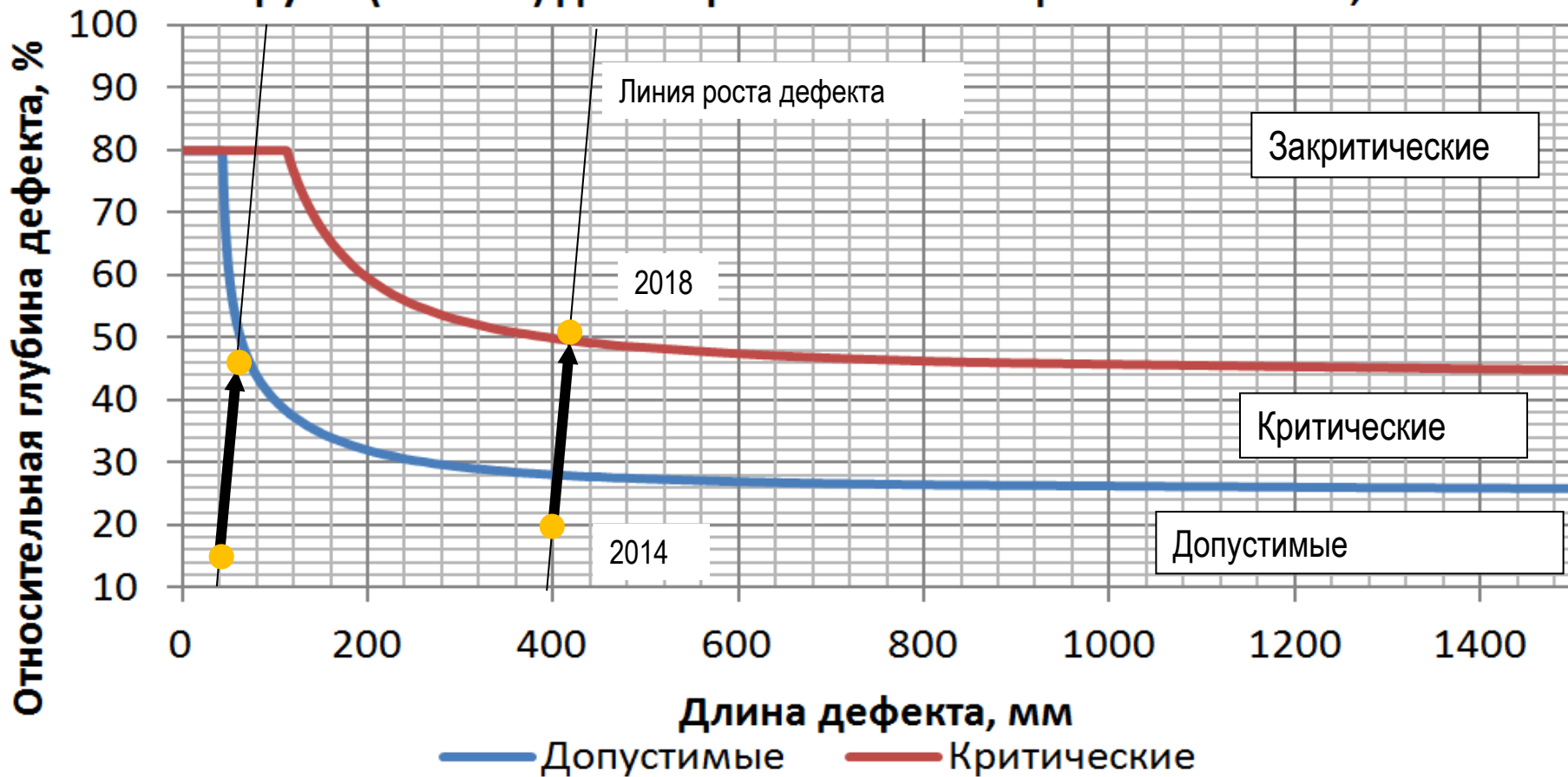
Скорость роста
трещин
1,14÷2,55 мм/год



При капитальном
ремонте с
использованием
наружных сканеров-
дефектоскопов
выявлено в
2,2÷2,4 раза больше
дефектных труб,
чем при ВТД

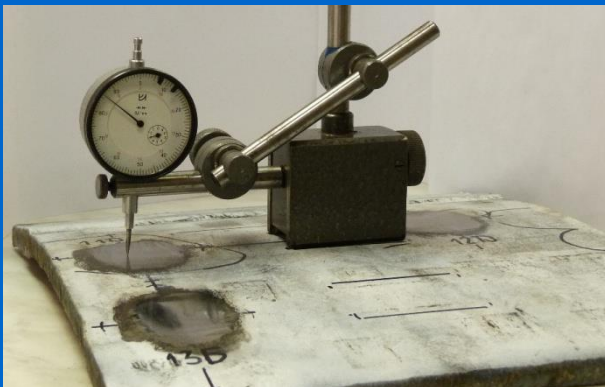


Границы допустимых размеров стресс-коррозионных дефектов трубы (тип №1) диаметром 1420 и толщиной стенки 16,5



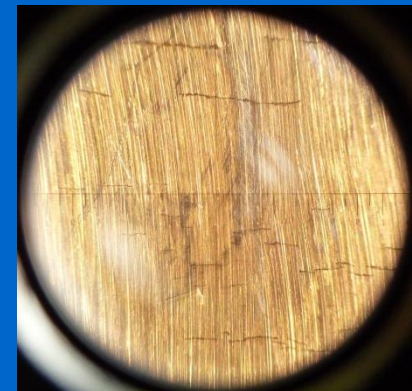
Обследование переносными приборами неразрушающего контроля

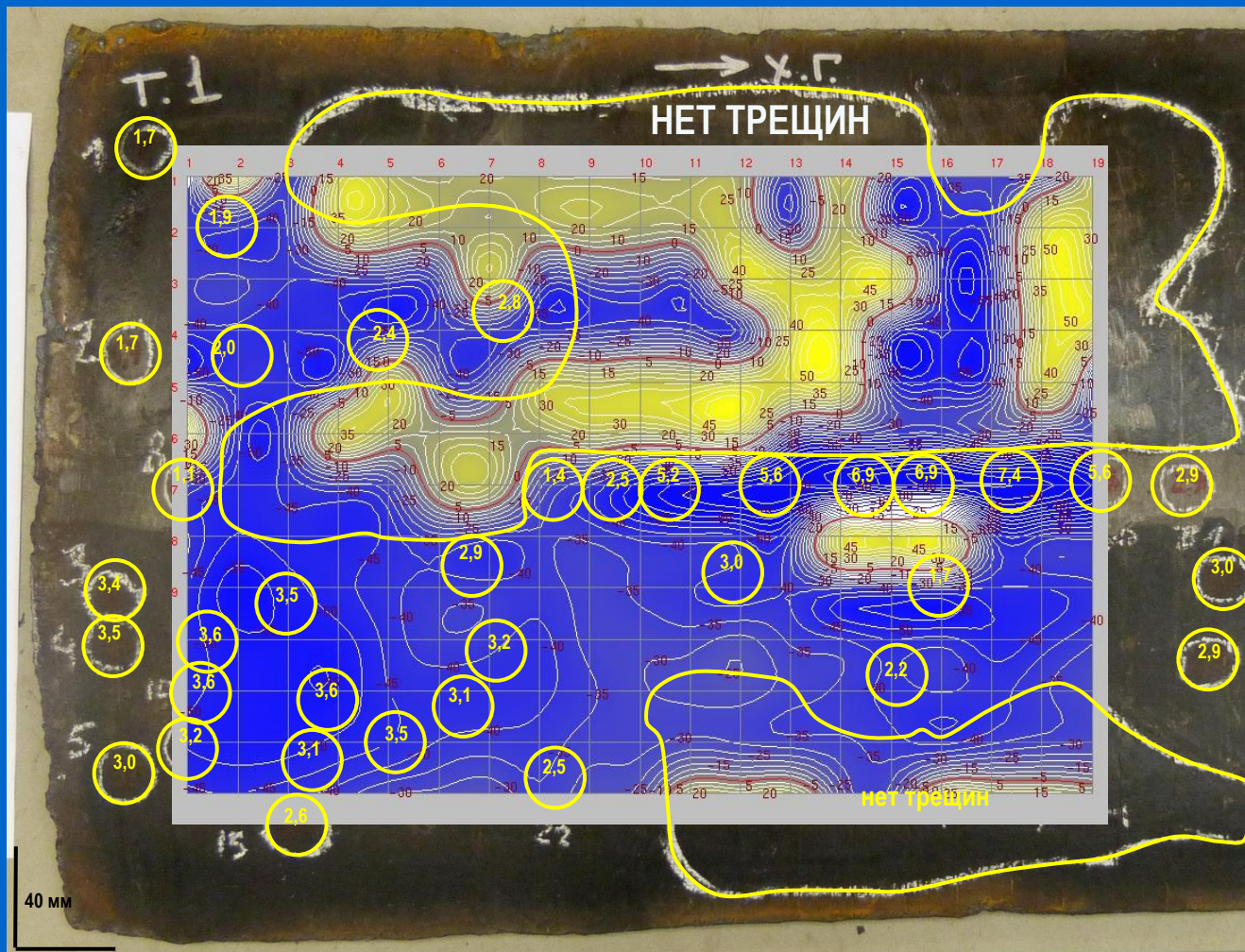
| Типоразмер | Обозначение зоны | Максимальная глубина трещин, мм | | |
|---------------|------------------|---------------------------------|---------|-------------------------|
| | | ВК-1 | МВД-2МК | Контролируемая шлифовка |
| Ø1220×12,0 мм | 11Д | 0,5 | 1,5 | 0,70 |
| | 12Д | 0,5 | 1,1 | 0,75 |
| Ø1220×13,9 мм | 21Д | 0,5 | 1,6 | 1,03 |
| | 22Д | 0,5 | 1,5 | 1,02 |
| | 23Д | 0,5 | 1,0 | 0,80 |



Контроль глубины вышлифовки с помощью индикатора часового типа, закрепленного на магнитной опоре

Проверка наличия трещин с помощью увеличительной лупы





Магнито-анизотропный сканер-дефектоскоп
Комплекс 2.05



Расширенное обследование темплетов труб с трещинами

| Газопровод | Типоразмер, мм | Производитель, ТУ | Марка стали (По результатам ОЭС) | Фактический предел, МПа | |
|-----------------------|------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------|
| | | | | Прочности | Текучности (0,2%) |
| Ухта-Торжок III | Ø1420×16,5 | Italsider (Италия) ТУ 56-74 | - | 623 | 479-489 |
| Грязовец-Ленинград II | Ø1220×12 Ø1220×13,9 | ЧТПЗ (СССР) ТУ 14-3-1344-85 | 13ГС | 568-570 | 419-423 |
| Ухта-Торжок II | Ø1220×12 | ЧТПЗ (СССР) ТУ 14-3-109-73 | 17Г1С | 549-569 | 379-403 |
| Выходной шлейф КС | Ø1020×12 | ЧТПЗ (СССР) ТУ 14-3-602-77 | 17Г1С-У | 551-575 | 410-412 |
| Грязовец-Торжок IV | Ø1220×12 Ø1220×14,5 | ЧТПЗ (СССР) ТУ 14-3-602-77 | 17Г1С-У | 578 | 373 |
| Ухта-Торжок I | Ø1220×12,5 | ЧТПЗ (СССР) ЧМТУ 3-58-69 | 17ГС | 539-559 | 353-392 |
| Выходной Шлейф КС | Ø1020×12,9 | ТУ 20/28/40/48-79FR (Франция) | - | - | - |
| | Ø1020×16 | Mannesmann (ФРГ) ТУ28/40/48-76 MW | - | 625-628 | 488-499 |



Машина растяжения IP 5143-200-11



Копер маятниковый ИО 5003-0.3



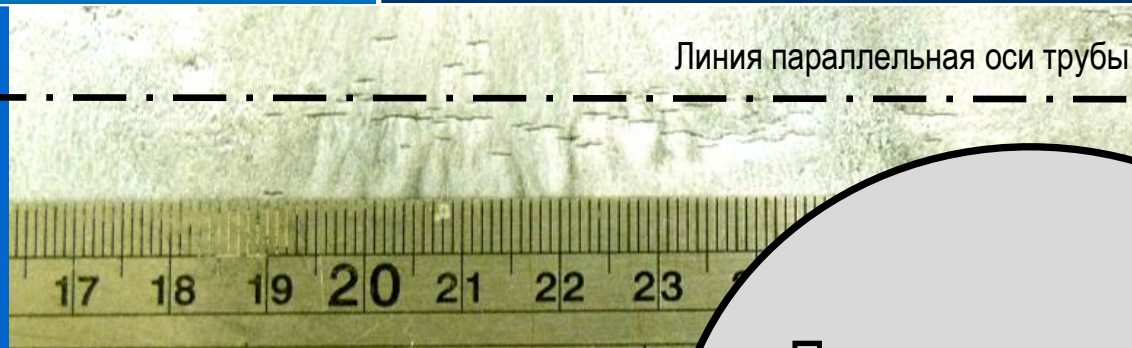
Опτικο-эмиссионный спектрометр PMI Master plus



Микроскоп металлографический Olympus BX51

- Трубы отечественного и импортного производства.
- Линейная часть и выходные шлейфа КС.
- Эксплуатационные напряжения от давления газа в диапазоне 189 ÷ 318 МПа, что соответствует:
 - 48-72 % от фактического предела текучести;
 - 33-51 % от фактического предела прочности.
- Нарботка от 22 до 45 лет.
- Механические свойства и поэлементный состав не противоречат требованиям технических условий.

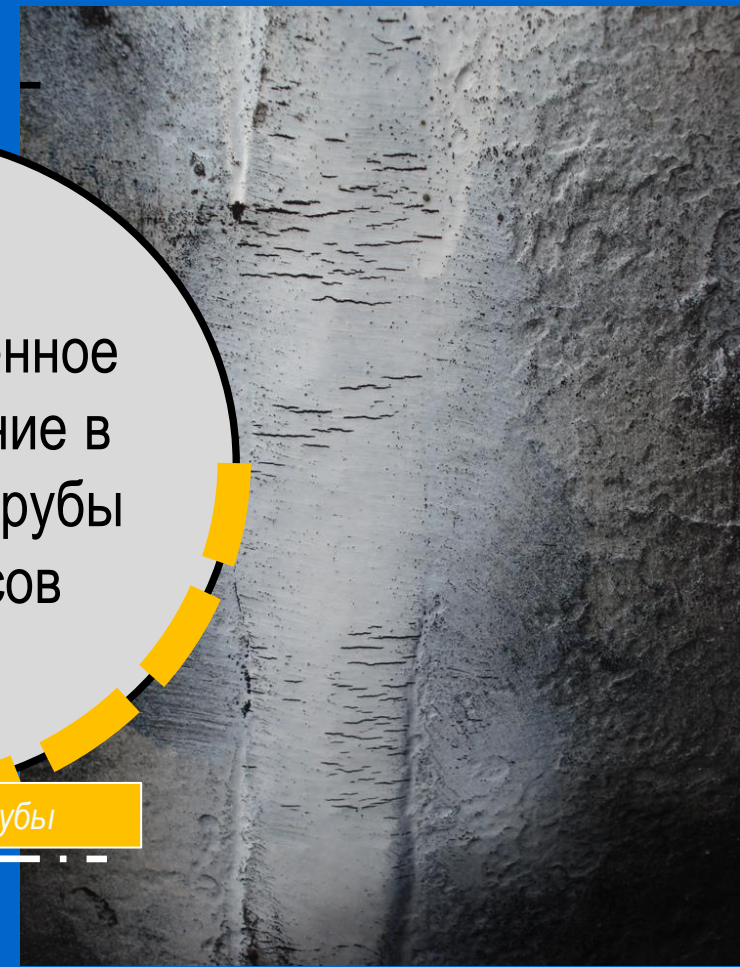
Внешние идентификационные признаки КРН



Вытянутость вдоль оси трубы и выс



Расположение вблизи продольных сварных соединений

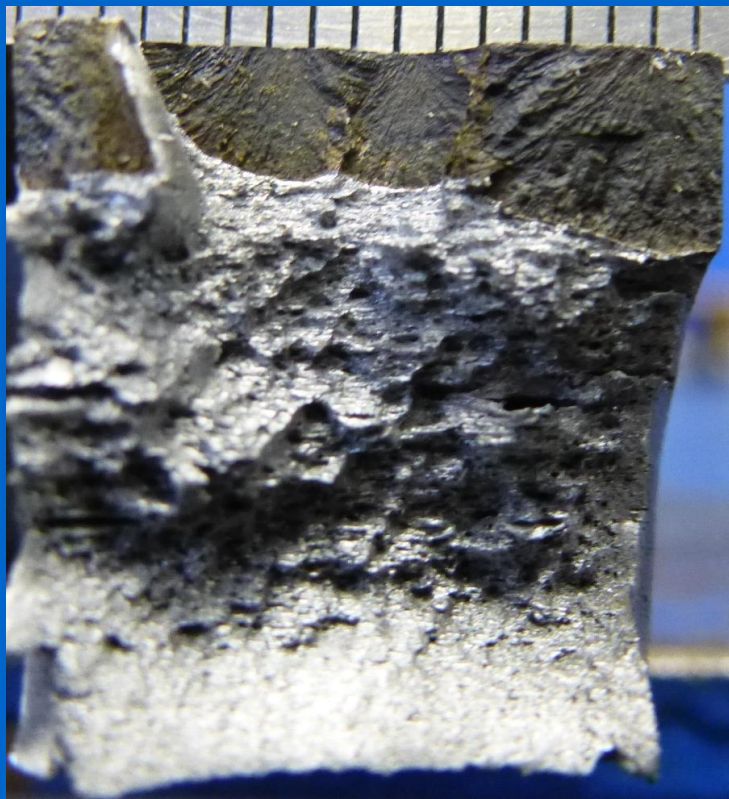


Случаи обнаружения на поперечных сварных швах

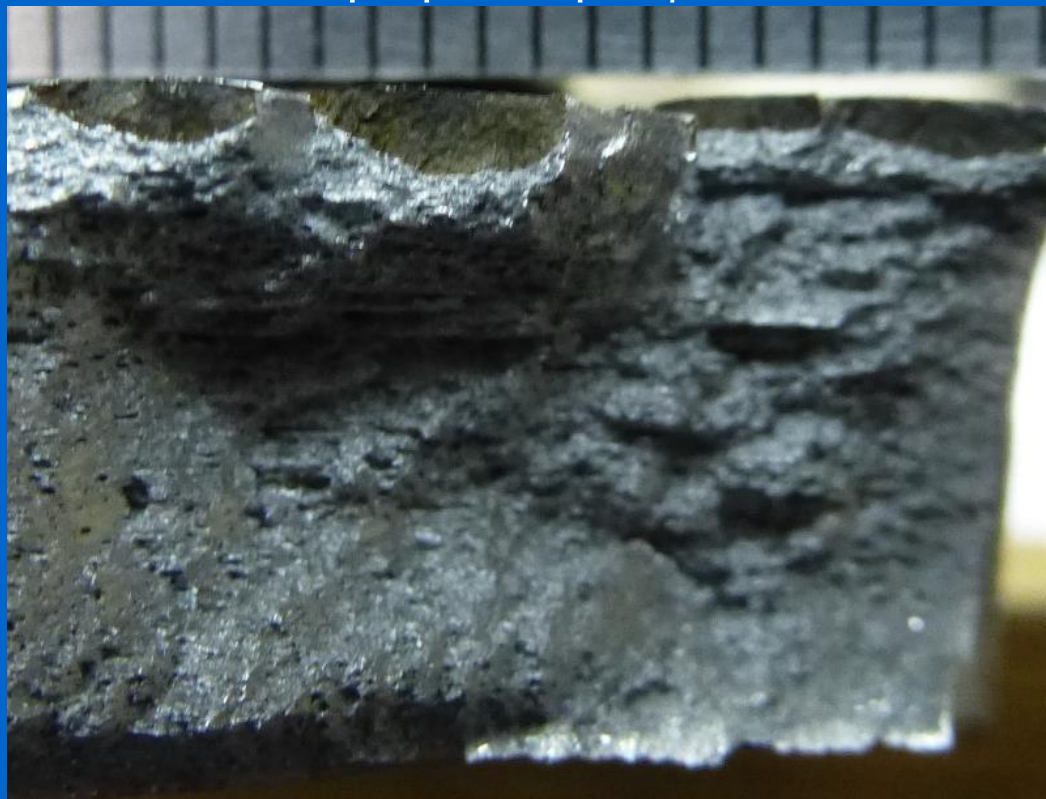
Преимущественное распространение в нижней части трубы от 3 до 9 часов

Внутренние идентификационные признаки

Лучеобразные бороздки от устья к вершине трещины



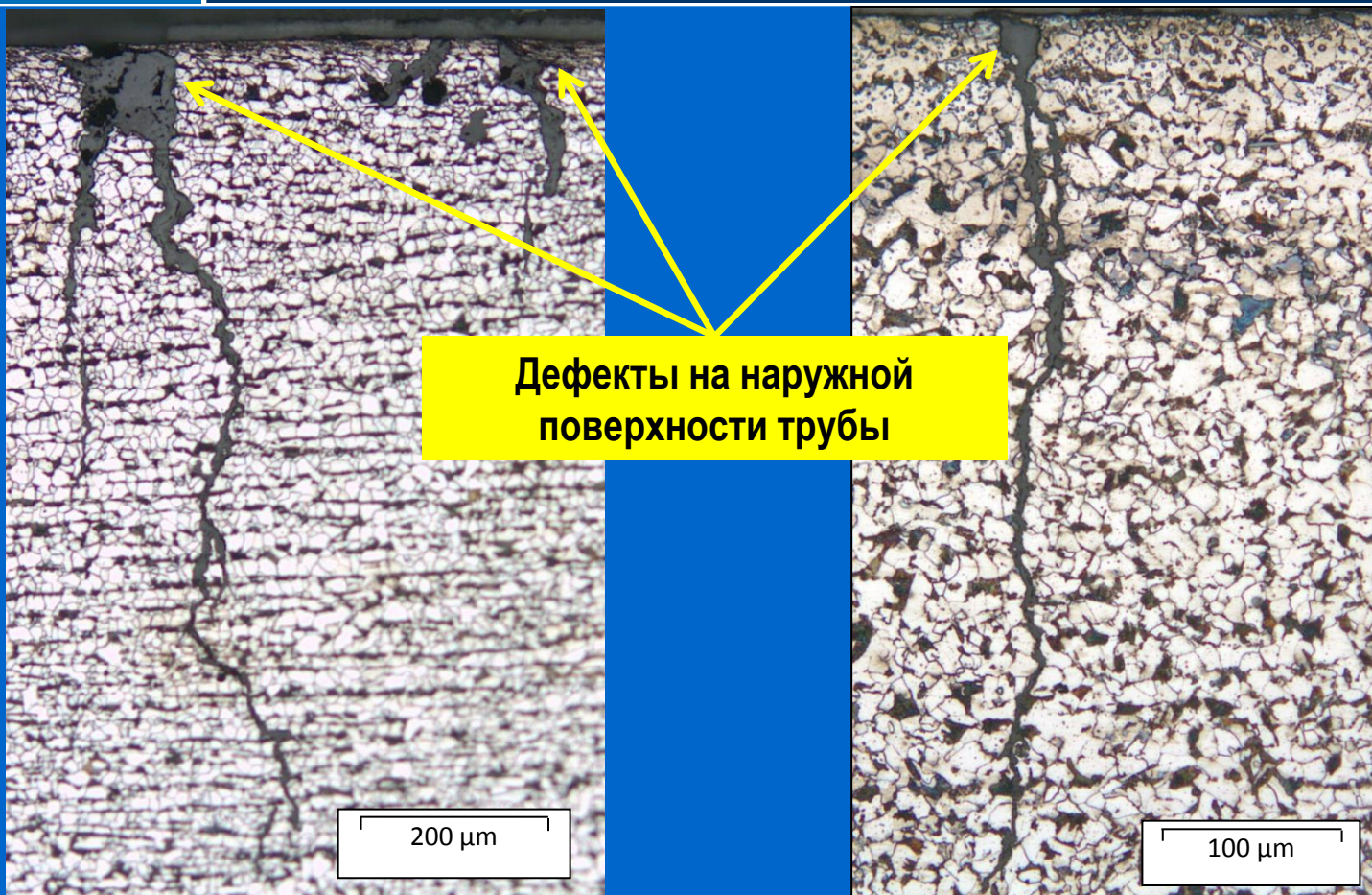
Характерный полуэллиптический профиль трещины



Зарождение трещин



Зарождение трещин

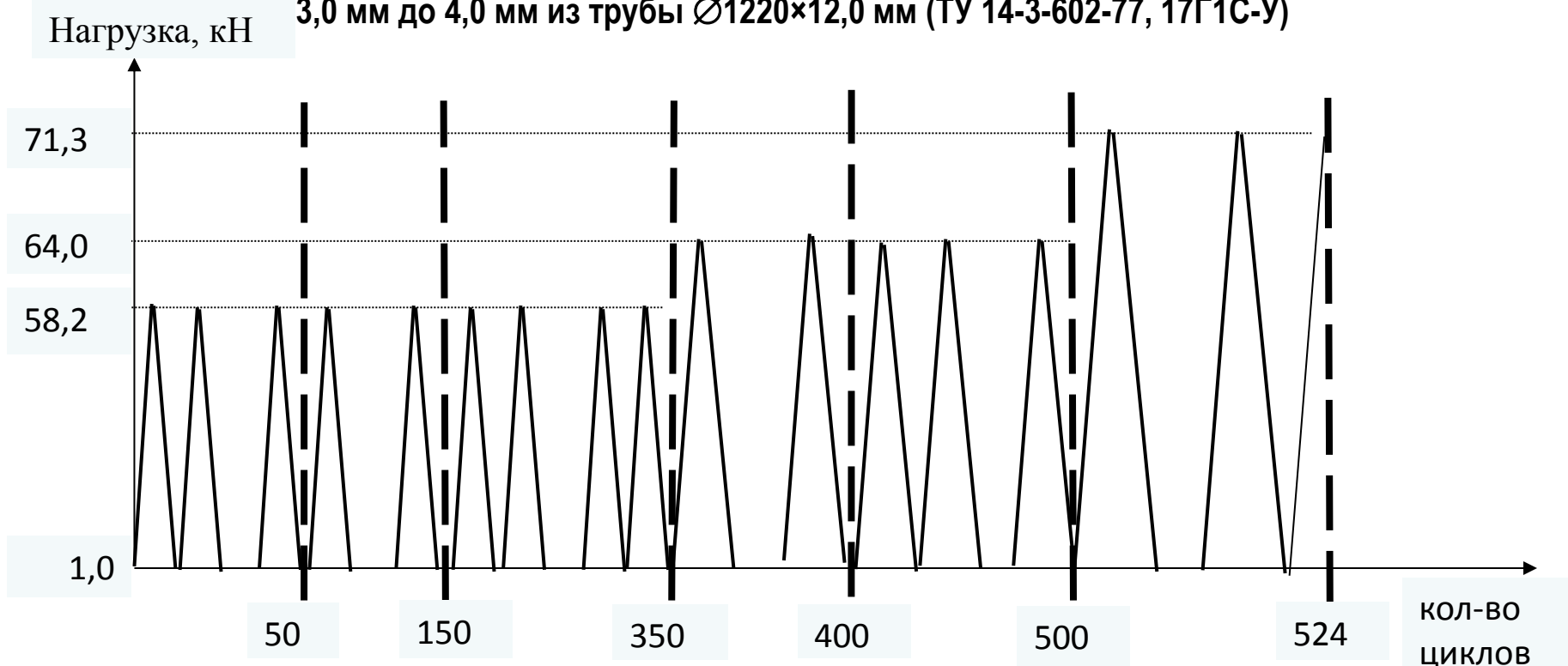


Трещины на образце металла трубы
Ø1220×12,0 мм (ЧТПЗ)
ТУ 14-3-1344-82

Трещины на образце металла трубы
Ø1220×13,9 мм (ЧТПЗ)
ТУ 14-3-1344-82

Циклические испытания

Схема повторно-статического нагружения образца с тремя трещинами глубиной от 3,0 мм до 4,0 мм из трубы $\varnothing 1220 \times 12,0$ мм (ТУ 14-3-602-77, 17Г1С-У)



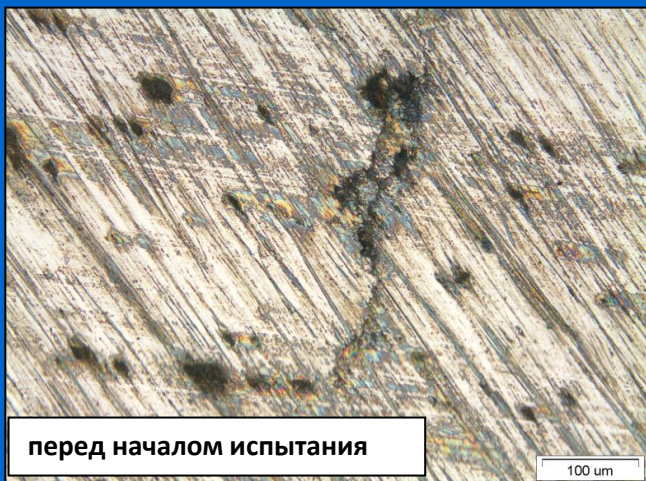
- 1 этап - 350 циклов с нагрузкой 58,2 кН (имитация кольцевых напряжений при рабочем (нормативном) давлении 5,4 МПа);
- 2 этап - 150 циклов с нагрузкой 64,0 кН (имитация кольцевых напряжений при испытательном давлении $1,1 P_{\text{раб}} = 5,94$ МПа);
- 3 этап - 24 цикла с нагрузкой 71,3 кН (имитация кольцевых напряжений при заводском испытательном давлении, равных 0,95 от нормативного предела текучести).

Циклические испытания

| Кол-во циклов | Диапазон нагрузки, кН | Приращение глубины трещин, мкм | | | Раскрытие трещин, мкм | | | | | |
|---------------|-----------------------|--------------------------------|----|----|-----------------------|---------|-------|---------|-------|---------|
| | | | | | №1 | | №2 | | №3 | |
| | | №1 | №2 | №3 | устье | вершина | устье | вершина | устье | вершина |
| 51÷150 | 1,0÷58,2 | 26 | 0 | 0 | 95 | 23 | 57 | 16 | 29 | 10 |
| 151÷350 | | 47 | 0 | 0 | 137 | 43 | 70 | 18 | 35 | 10 |
| 351÷400 | 1,0÷64,0 | 110 | 56 | 31 | 216 | 86 | 126 | 23 | 48 | 15 |
| 401÷500 | | 159 | 79 | 37 | 250 | 110 | 147 | 30 | 51 | 16 |
| 501÷524 | 1,0÷71,3 | разрыв | | 46 | разрыв | | | - | 71 | |

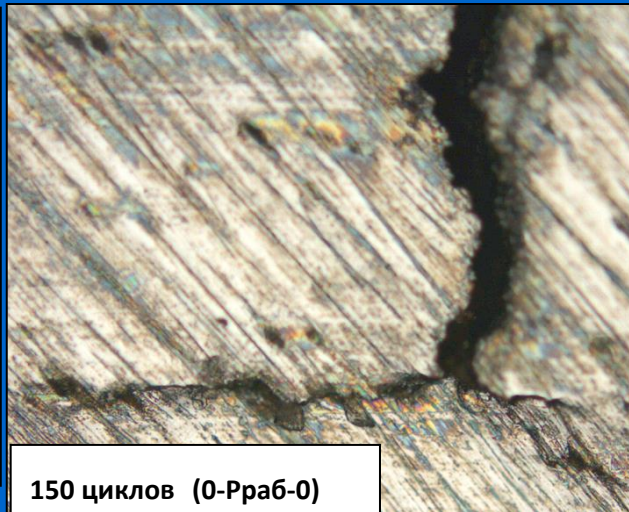
Примечание: начальная глубина трещин составляла №1 – 4,1 мм (34 %), №2 – 3,1 мм (26%), №3 – 3,0 мм (25%)

Циклические испытания



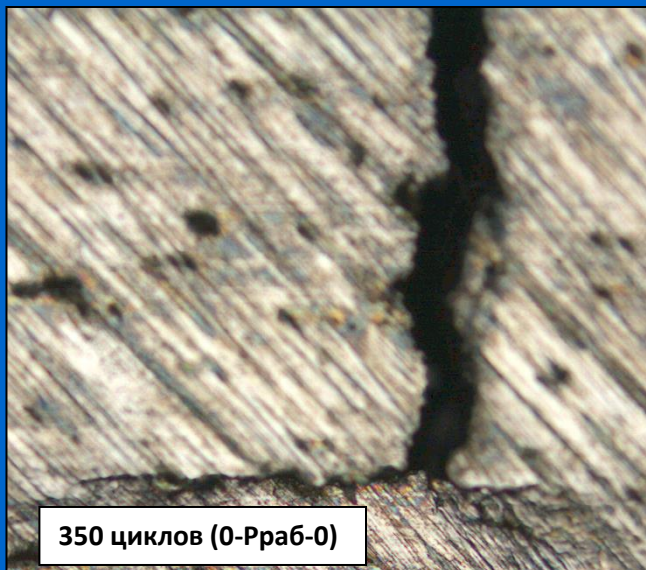
перед началом испытания

100 um

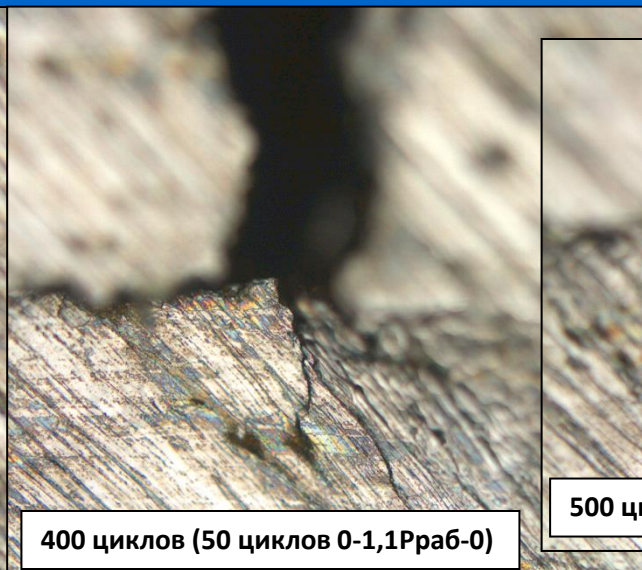


150 циклов (0-Rраб-0)

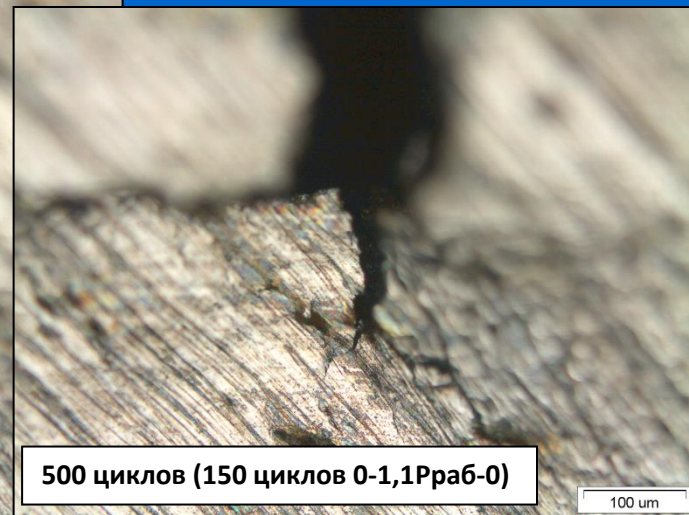
613
ЭКВИВАЛЕНТНЫХ
ЦИКЛОВ
0-Rраб-0



350 циклов (0-Rраб-0)

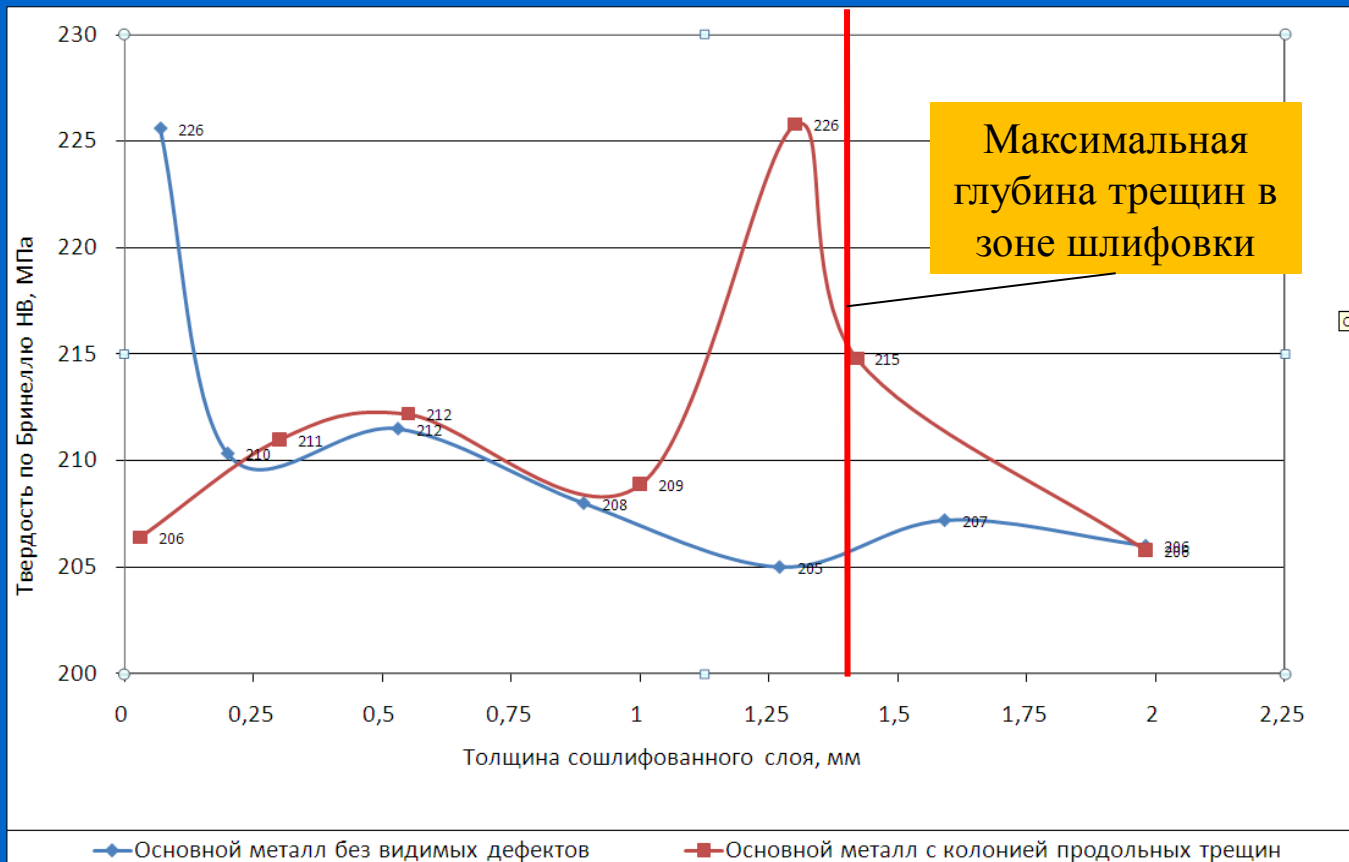


400 циклов (50 циклов 0-1, 1Rраб-0)



500 циклов (150 циклов 0-1, 1Rраб-0)

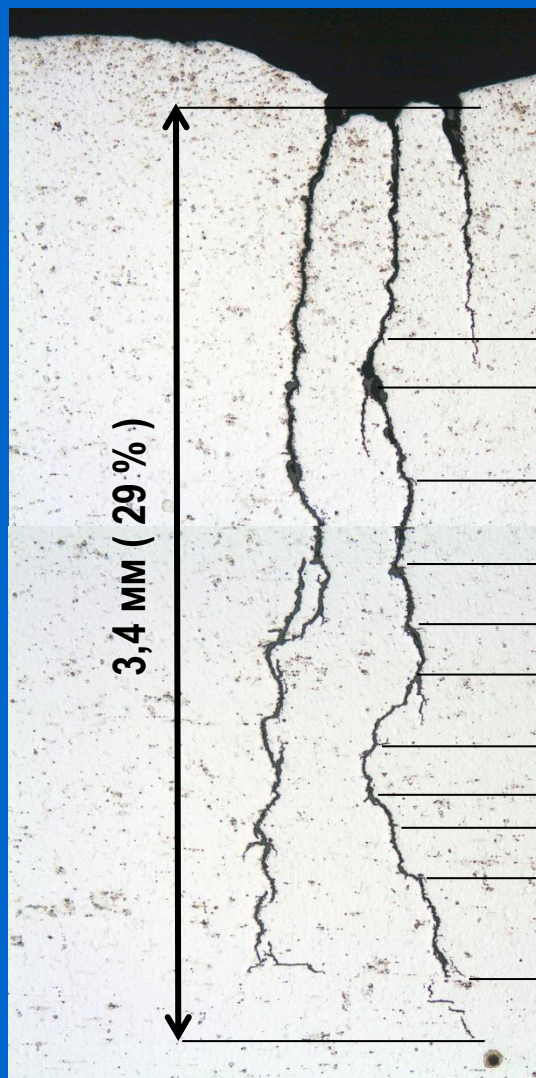
100 um



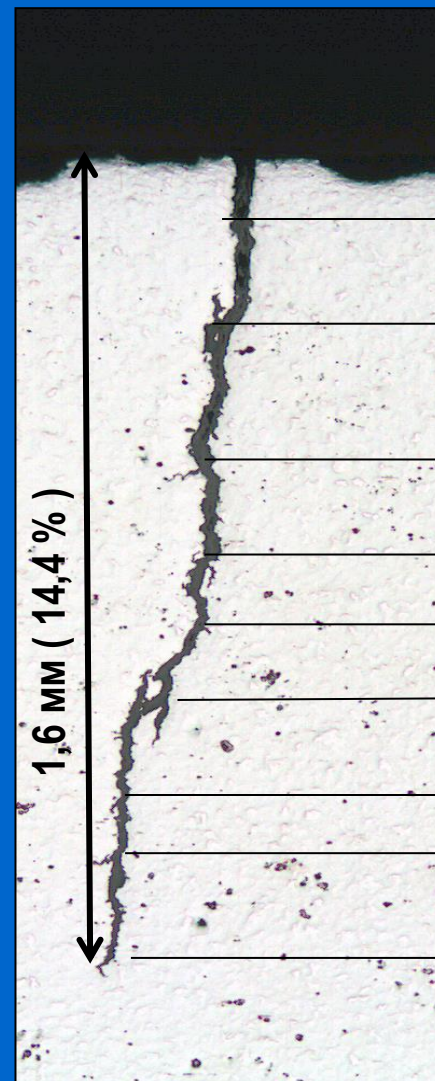
Прибор ПИМ-ДВ-1
на магнитных опорах
Измерение при
нагрузке 100 кгс
Глубина внедрения
индентора 70-100 мкм
Диаметр шарика 2,5 мм



Рост трещин



Этапы роста трещины

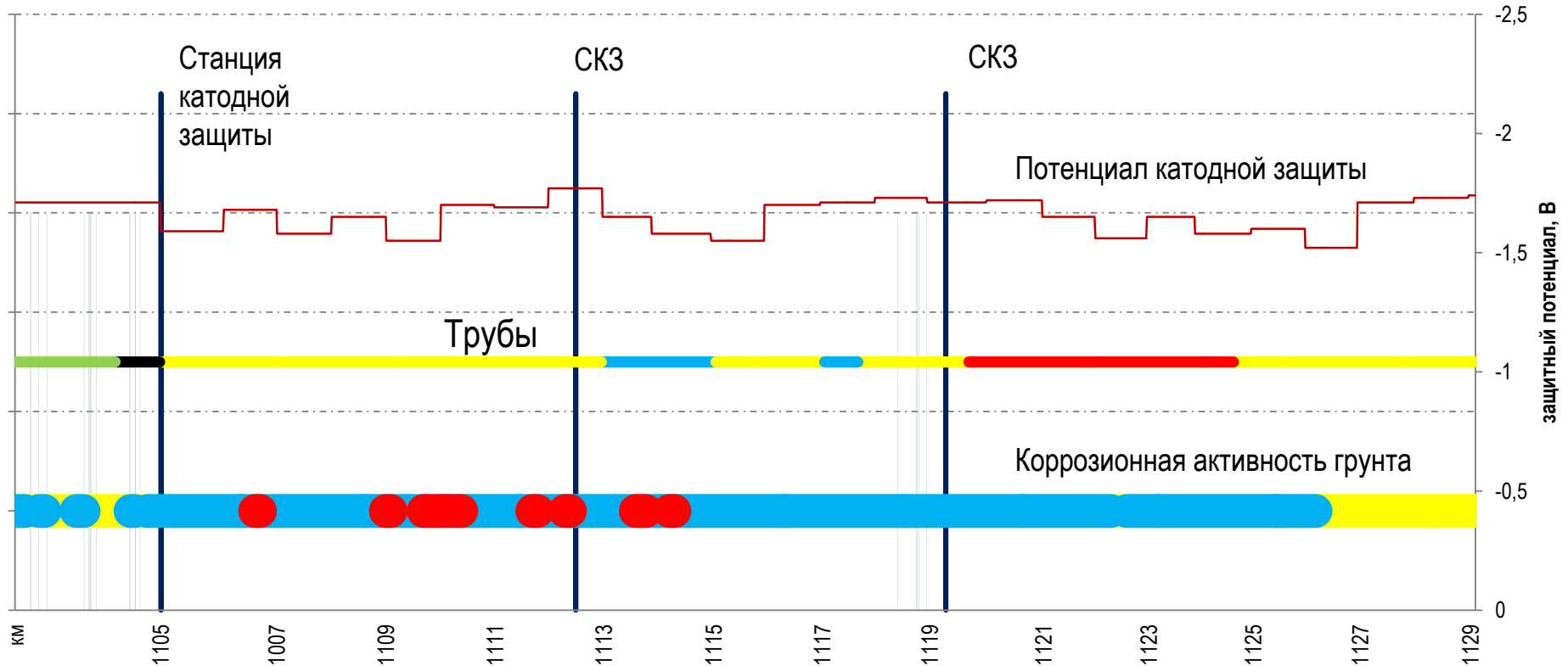


Этапы роста трещины

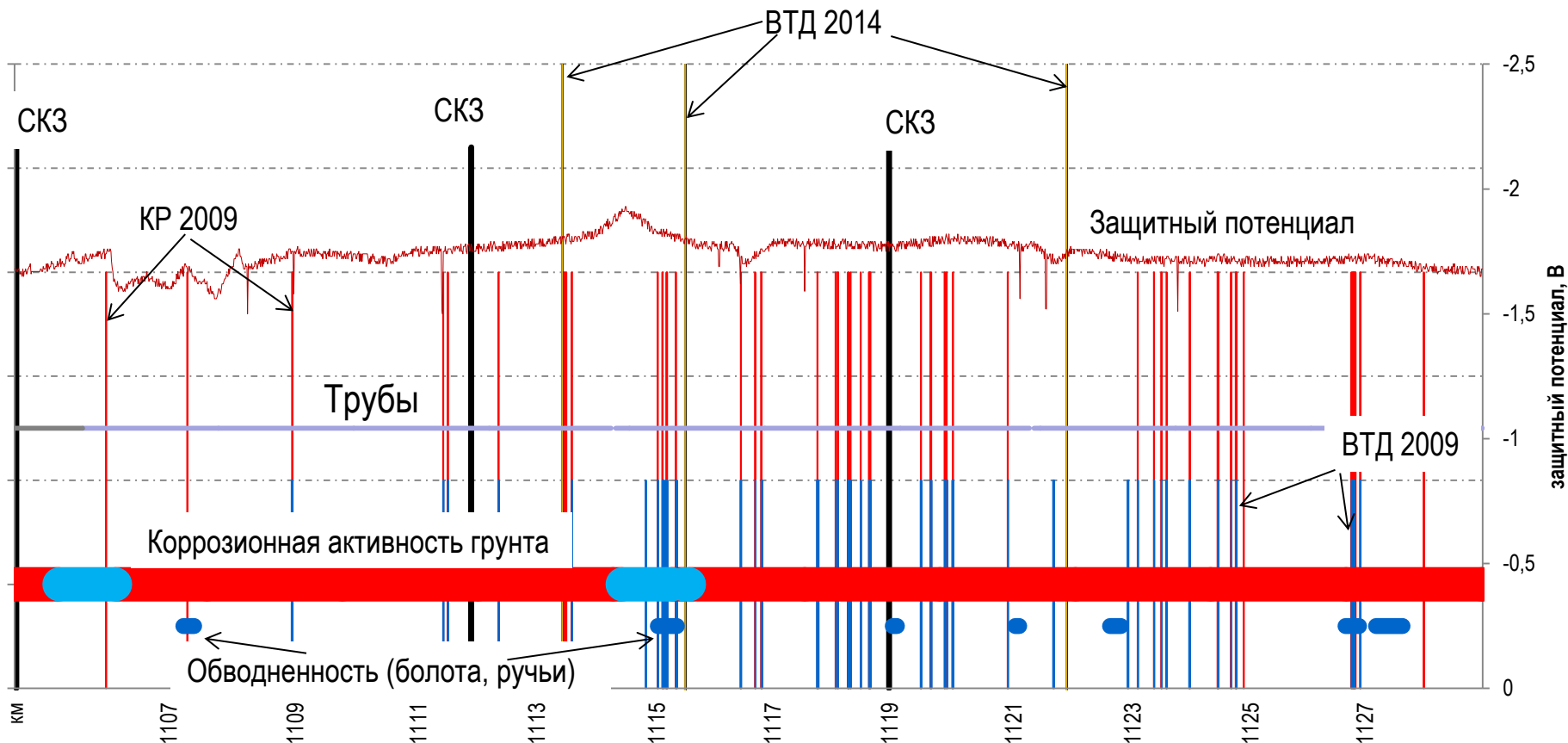
Этапы роста трещины

Анализ географии распространения

- Дефекты КРН обнаруженный при ВТД 2009
- болото, обводненность
- средняя коррозионная активность грунта
- труба Челябинского ТЗ смонтирована в 2002 г
- труба Харцизского ТЗ смонтирована в 2002г
- труба Выксунского МЗ
- потенциал труба/земля, В (сезонный замер, отрицательное значение)
- станция катодной защиты
- низкая коррозионная активность грунта
- высокая коррозионная активность грунта
- труба Волжского ТЗ смонтирована в 2002г
- труба Челябинского ТЗ смонтирована в 2009 г
- труба Волжского ТЗ смонтирована в 2009г



- ▬ Дефекты КРН обнаруженный при ВТД 2008
- ▬ Дефекты КРН обнаруженный при КР
- ▬ высокая коррозионная активность грунта
- ▬ болото, обводненность
- ▬ немецкая труба
- ▬ Дефекты КРН обнаруженный при ВТД 2014
- ▬ станция катодной защиты
- ▬ средняя коррозионная активность грунта
- ▬ итальянская труба
- ▬ защитный потенциал труба/земля, В (отрицательное значение)



- Минимальный порог обнаружения трещин внутритрубными дефектоскопами составляет 10÷15 % от толщины стенки.
- Диагностические приборы НК при обследовании наружной поверхности трубы не позволяют гарантировано определять глубину трещиноподобного дефекта.
- При обследовании труб в шурфах с использованием сканеров-дефектоскопов обнаруживается большее количество труб по сравнению с внутритрубным обследованием.
- Зарождение трещин начинается с металлургических дефектов у наружной поверхности трубы.
- Повторно-статические нагрузки образуют надрывы в области вершины трещины, что способствует её росту в глубь металла.
- Ускорению растрескивания способствуют сниженные пластические характеристики металла в области вершины трещины.
- Не обнаружено четкой зависимости склонности металла к коррозионному растрескиванию под напряжением от производителей труб, защитного потенциала и коррозионной активностью грунта .

Прогнозируется дальнейшее увеличение количества мелких трещин КРН, обнаруживаемых при ВТД и КР на магистральных газопроводах

- Оптимизация технологического процесса эксплуатации магистральных газопроводов (снижение повторно-статического нагружения труб), т.е. эксплуатация при минимальных перепадах рабочего давления.
- Увеличение контроля за качеством нанесения изоляционных покрытий.
- Пескоструйная или дробеструйная зачистка поверхности труб перед нанесением изоляционного покрытия, для удаления поверхностных дефектов.
- Увеличение чувствительности диагностического оборудования, в первую очередь снарядов ВТД, для обнаружения трещин КРН на ранней стадии развития, например, с применением ЕМА метода.
- Планирование количества ремонтируемых труб при капитальном ремонте с учетом вероятности увеличения обнаружения мелких трещин КРН.

Спасибо за внимание!

Погуляев Степан Иванович

Инженер II 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