

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА СТРЕСС-КОРРОЗИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КИНЕТИКИ ИХ РАЗВИТИЯ

Д.А. Мишарин, к.т.н. И.В. Ряховских¹, М..М. Адмакин², С.В. Рыбалко³

1 – ООО «Газпром ВНИИГАЗ»;

2 – ООО «Компания ВРД»;

3 – ООО «НПП Нефтегаздиагностика»

Причины аварий на МГ



- КРН
- Механические повреждения
- Дефекты сварки
- Технологические дефекты
- Стихийные бедствия
- Строительные дефекты
- Коррозия



Согласно статистическим данным КРН возглавляет перечень причин аварийного разрушения газопроводов.

$h > 0,15t$



Внутритрубная диагностика

$h > 0,1t$



Внешнетрубная диагностика

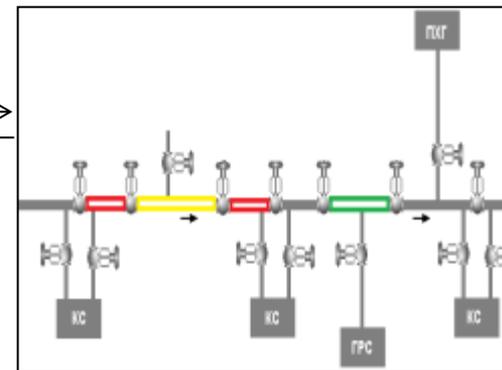
Выборочный ремонт труб в шурфах



Капитальный ремонт участков МГ

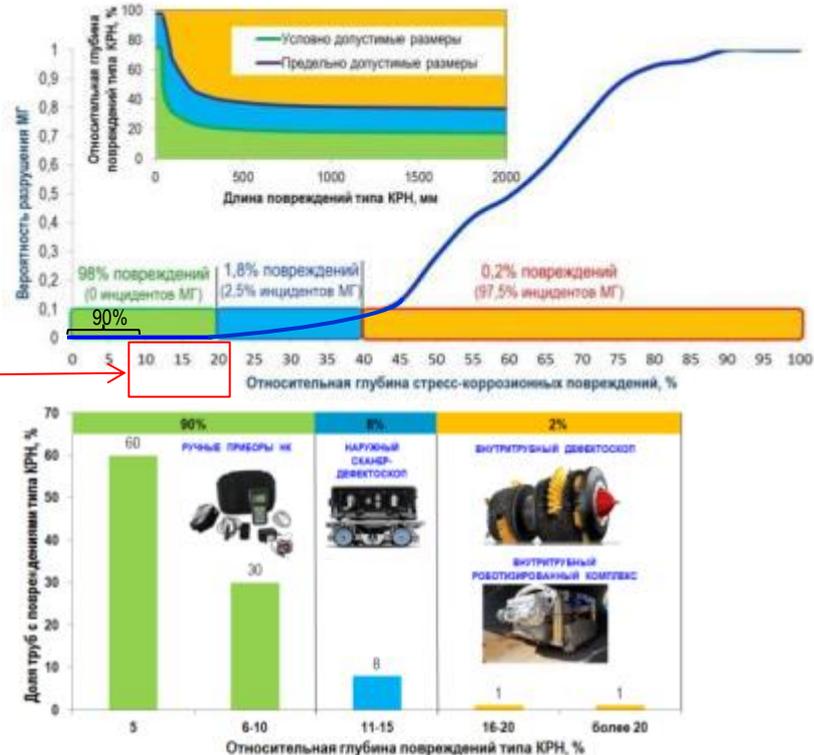
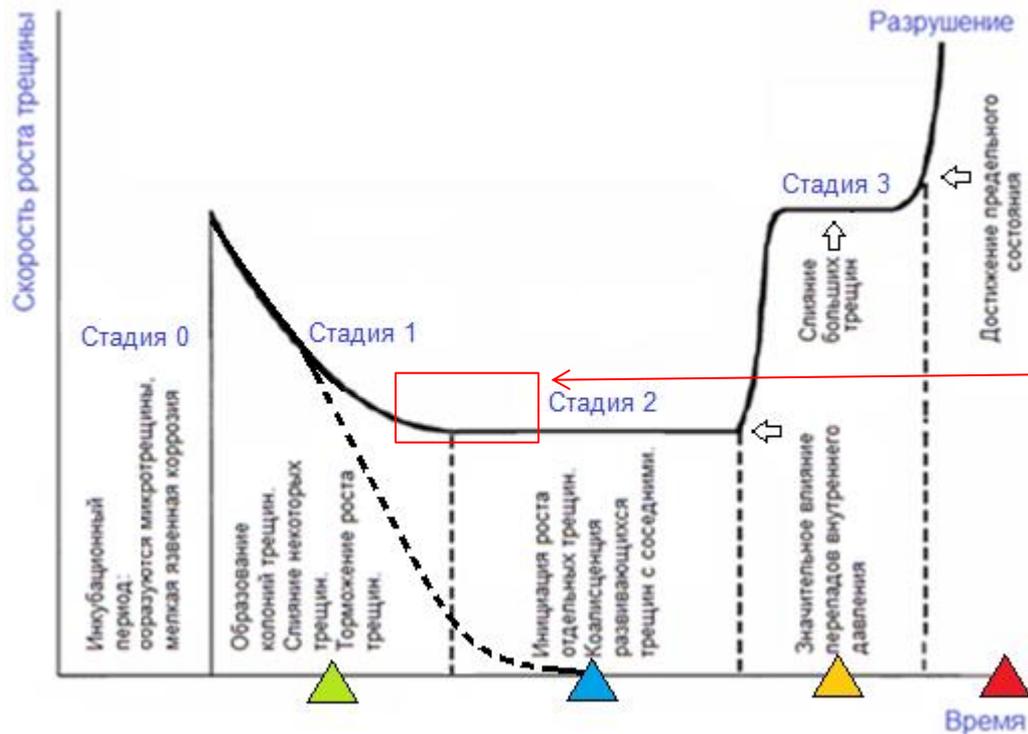


Расчет технического состояния участков МГ

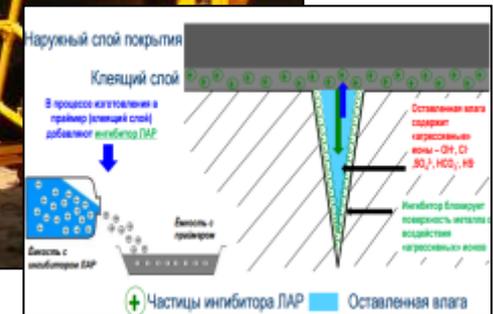


Современные представления о развитии стресс-коррозионных повреждений в трубных сталях указывают на этапность данного процесса.

Можно выделить 4 стадии от начала инкубационного периода развития стресс-коррозионных повреждений до разрушения стенки трубы.



Опытно-промышленные испытания возможности консервации незначительных стресс-коррозионных повреждений

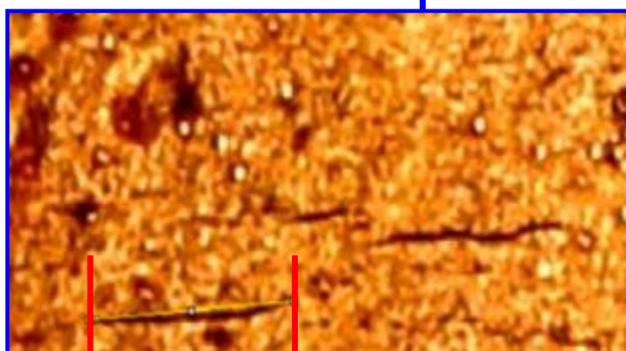


$$L_{2015} = L_{2016} = L_{2017}$$



сентябрь 2015

L_{2015}



декабрь 2016

L_{2016}



сентябрь 2017

L_{2017}

Оценка состояния стресс-коррозионных повреждений в ходе опытно-промышленных испытаний



Ультразвуковая
толщинометрия



Магнито-порошковый
контроль



Вихретоковый контроль
(плоский накладной
преобразователь)



Вихретоковый контроль
(карандашный
преобразователь)

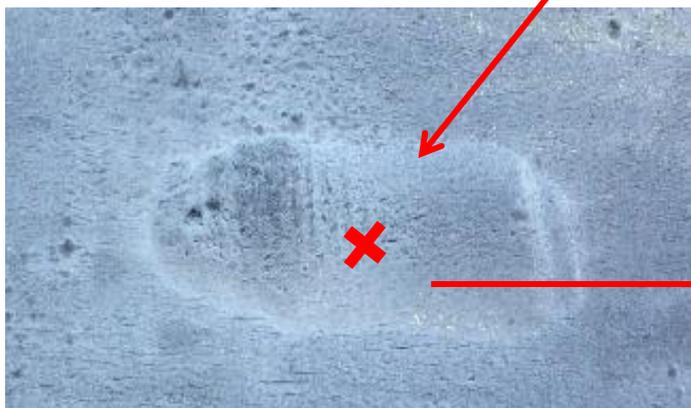
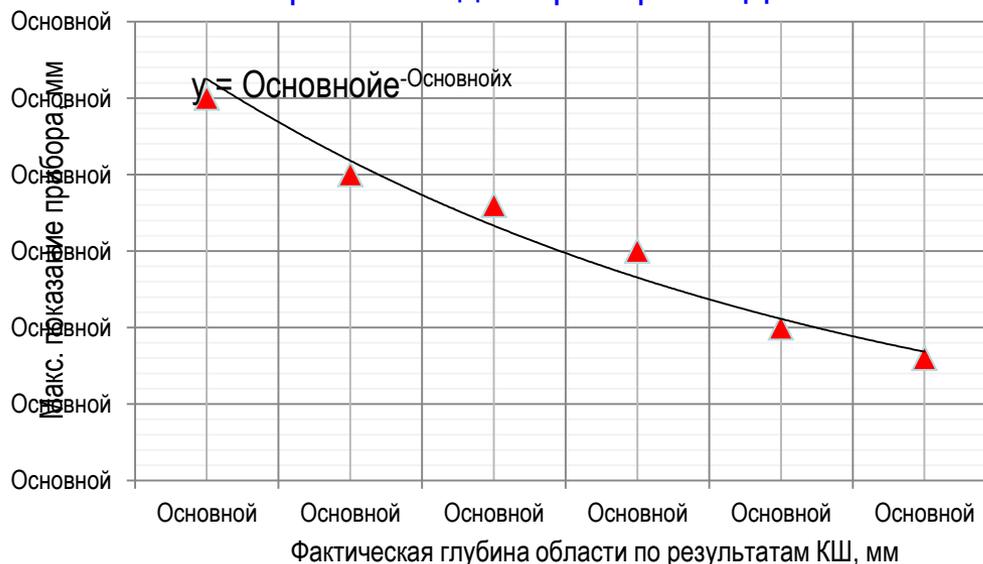


Визуально-измерительный
контроль

Выполнение операций в соответствии с Р Газпром 9.4-048-2015



Пример тарифовочного графика, построенного для прибора МВД-2МК



1. Определяется максимальное значение глубины стресс-коррозионных повреждений по показаниям вихретокового дефектоскопа;
2. Определяется фактическое значение глубины в точке макс. по результатам ультразвуковой толщинометрии по вышлифовки области.

Цель работы :

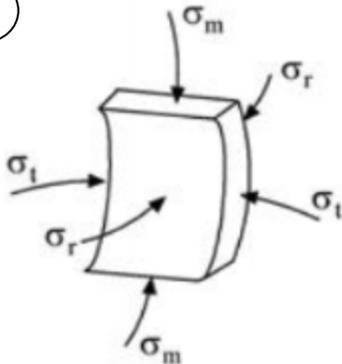
Оценить эффективность и точность систем длительного стресс-коррозионного мониторинга на основе волоконно-оптических и магнитовихретоковых датчиков.

Задачи:

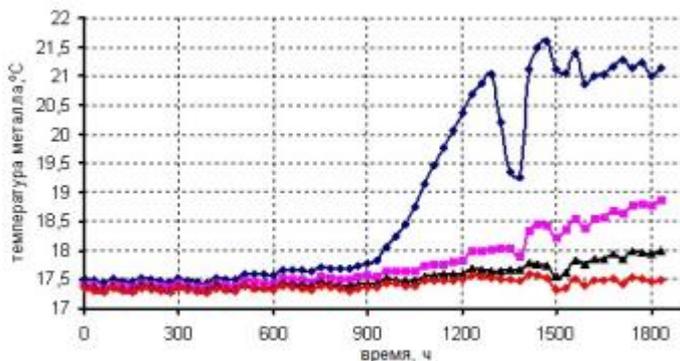
- Сформировать необходимые требования, предъявляемые к системе длительного стресс-коррозионного мониторинга для обеспечения контроля протяженных участков магистральных газопроводов;
- Выполнить анализ возможностей систем длительного стресс-коррозионного мониторинга на основе волоконно-оптических и магнитовихретоковых датчиков;
- Выполнить лабораторные испытания и оценить точность волоконно-оптических и магнитовихретоковых датчиков;
- Выполнить испытания систем длительного стресс-коррозионного мониторинга на основе волоконно-оптических и магнитовихретоковых датчиков в условиях моделирующей эксплуатации реального участка МГ.

Необходимые требования, предъявляемые к системе длительного стресс-коррозионного мониторинга

1
Возможность учета деформаций стенки трубы от внутреннего давления



2
Возможность учета температурных изменений в стенке трубы



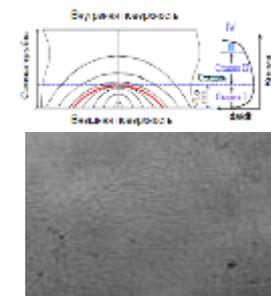
3
Возможность непрерывного мониторинга дефектного участка



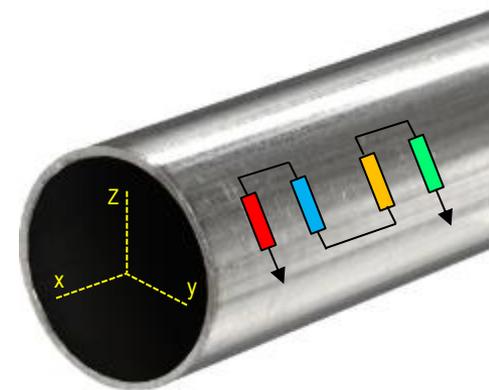
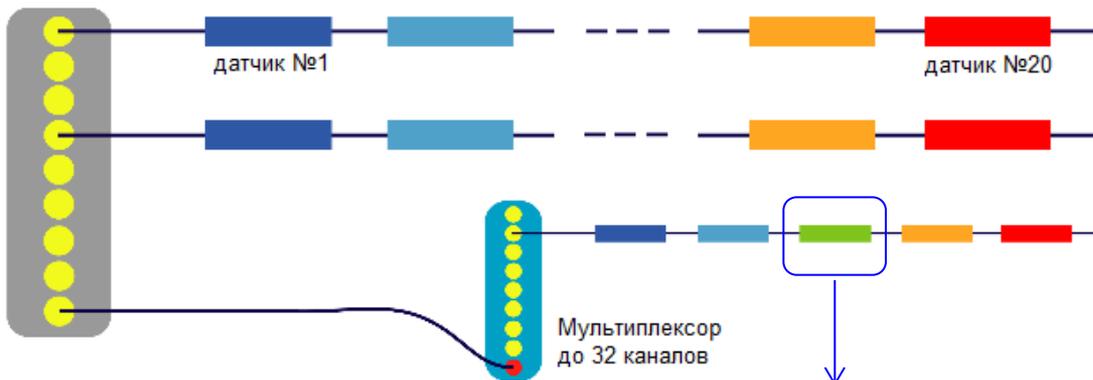
Автономный блок сбора данных



4
Возможность фиксации прироста стресс-коррозионных повреждений глубиной от 0,5 мм и более для исследования кинетики на начальных стадиях роста трещин

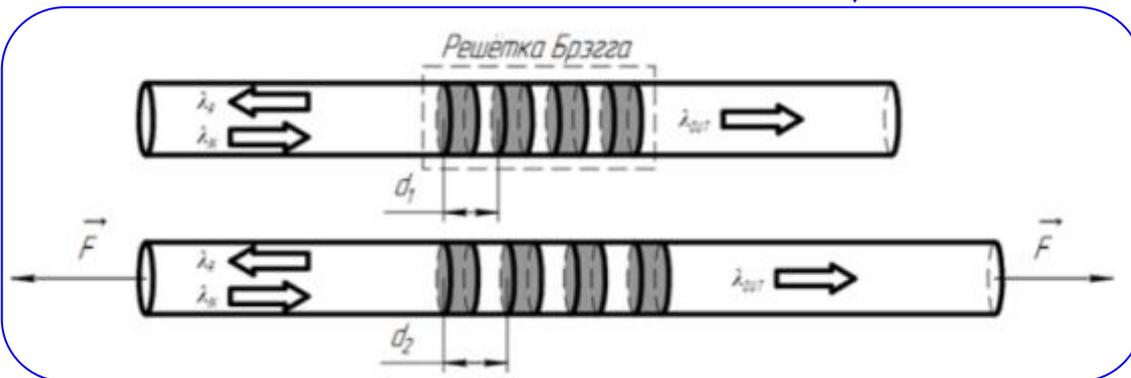
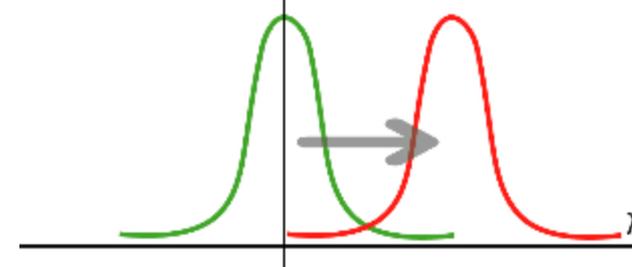


Автономный блок
сбора данных 8х



Длина волны отражения зависит
от температуры и деформации

$$\lambda_{Bragg} = 2 \cdot n_{eff}(T) \cdot \Lambda(T, \varepsilon)$$



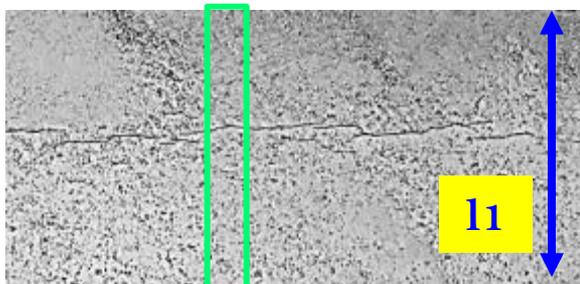
Оптоволоконные системы, основанные на «брэгговских» датчиках позволяют выявлять локальное изменение концентрации напряжений, которое может быть следствием образования или дальнейшего развития стресс-коррозионных повреждений.

1
Различные типоразмеры для контроля областей КРН различной геометрической формы

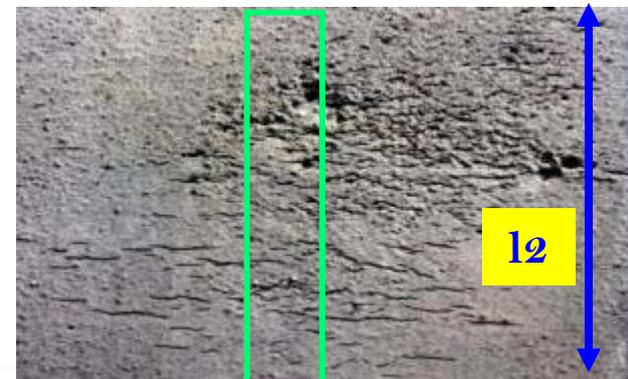
2
Коррозионно-стойкое взрыво-искро-пожаробезопасное исполнение

3
Надежное крепление на стенку трубы методом приварки к поверхности

4
Возможность помещения под защитное изоляционное покрытие

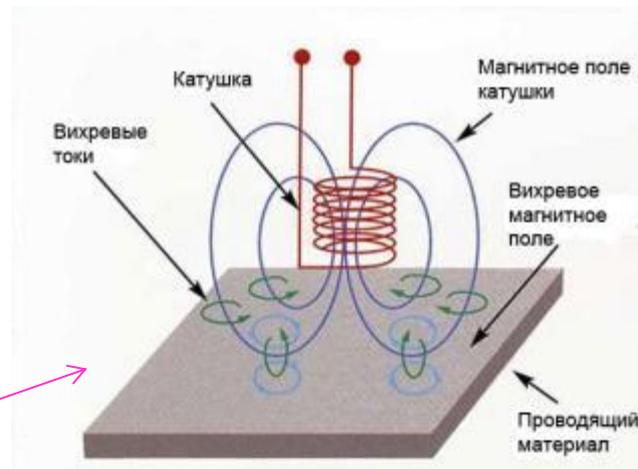
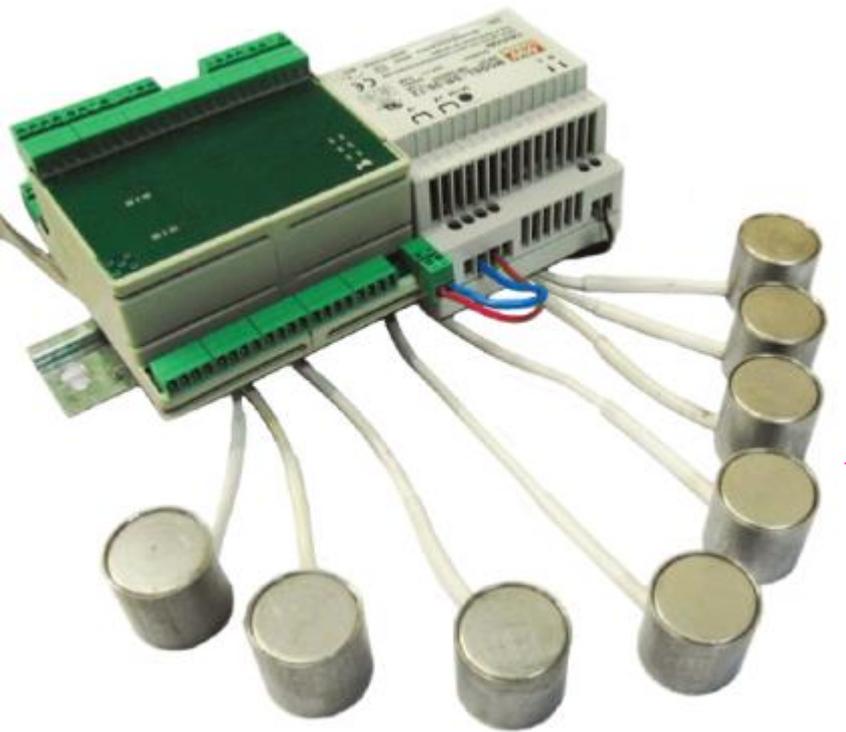


Одинокая протяженная трещина

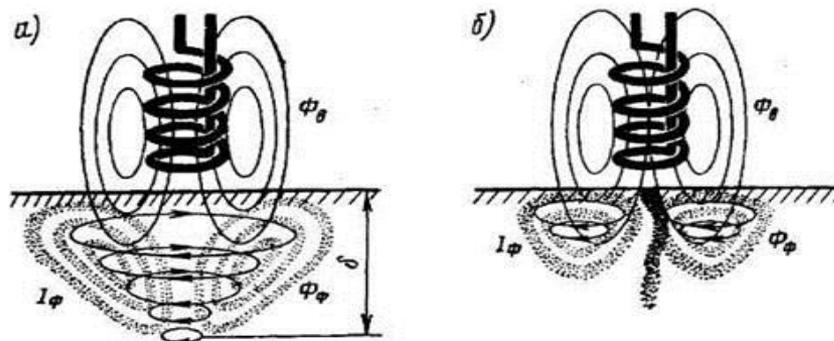


Широкая колония трещин

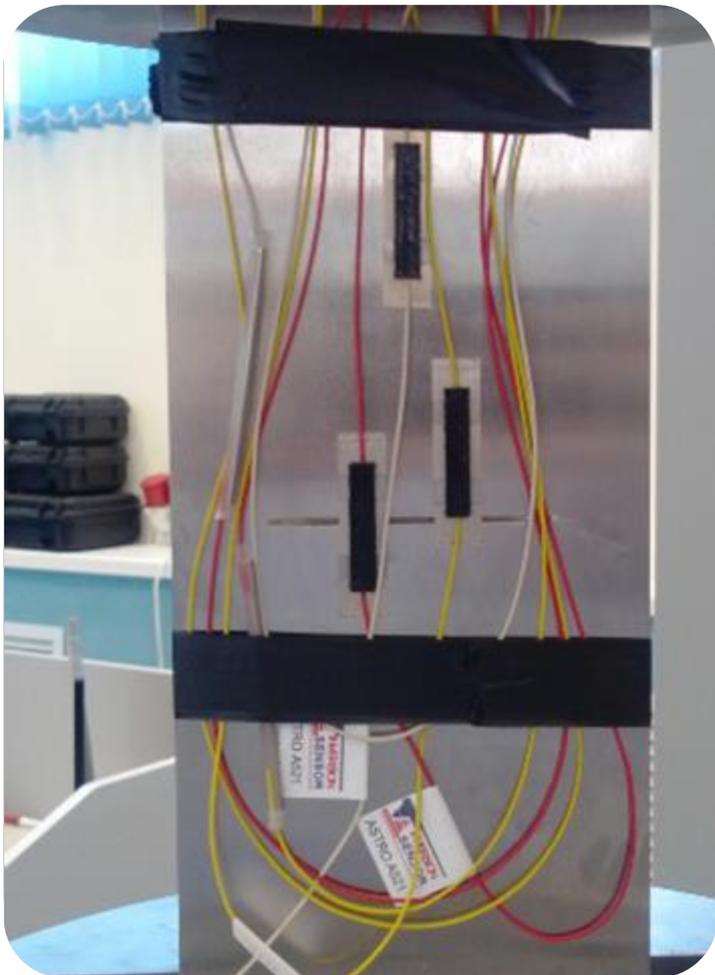




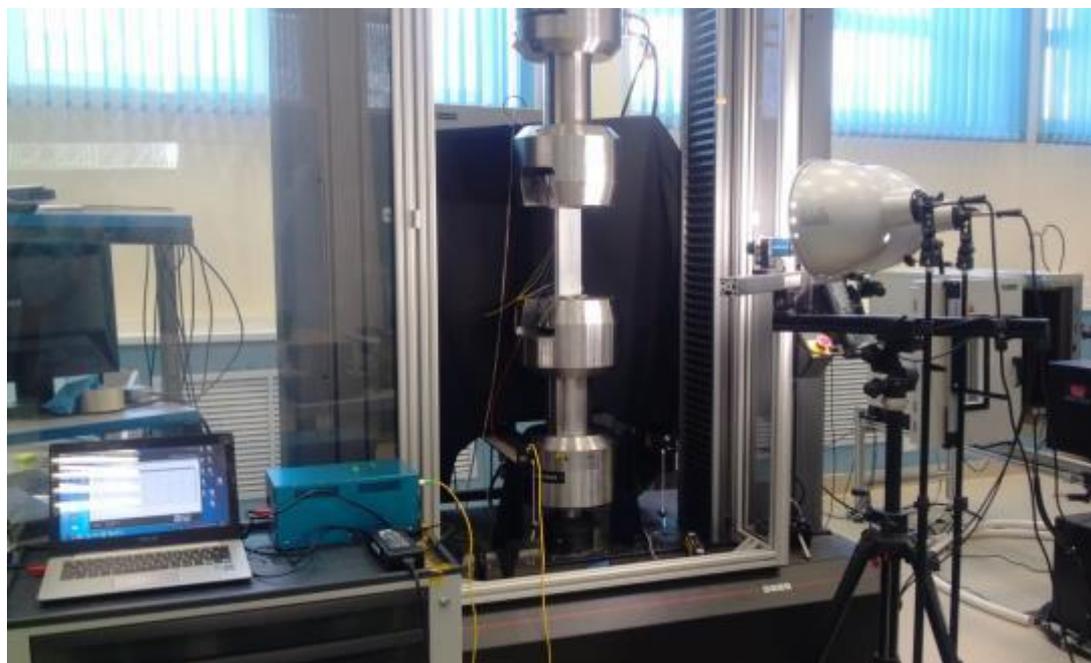
Импульсный ток, действующий в катушке магнитовихретокового преобразователя, создает электромагнитное поле, которое возбуждает вихревые токи в электропроводящем объекте



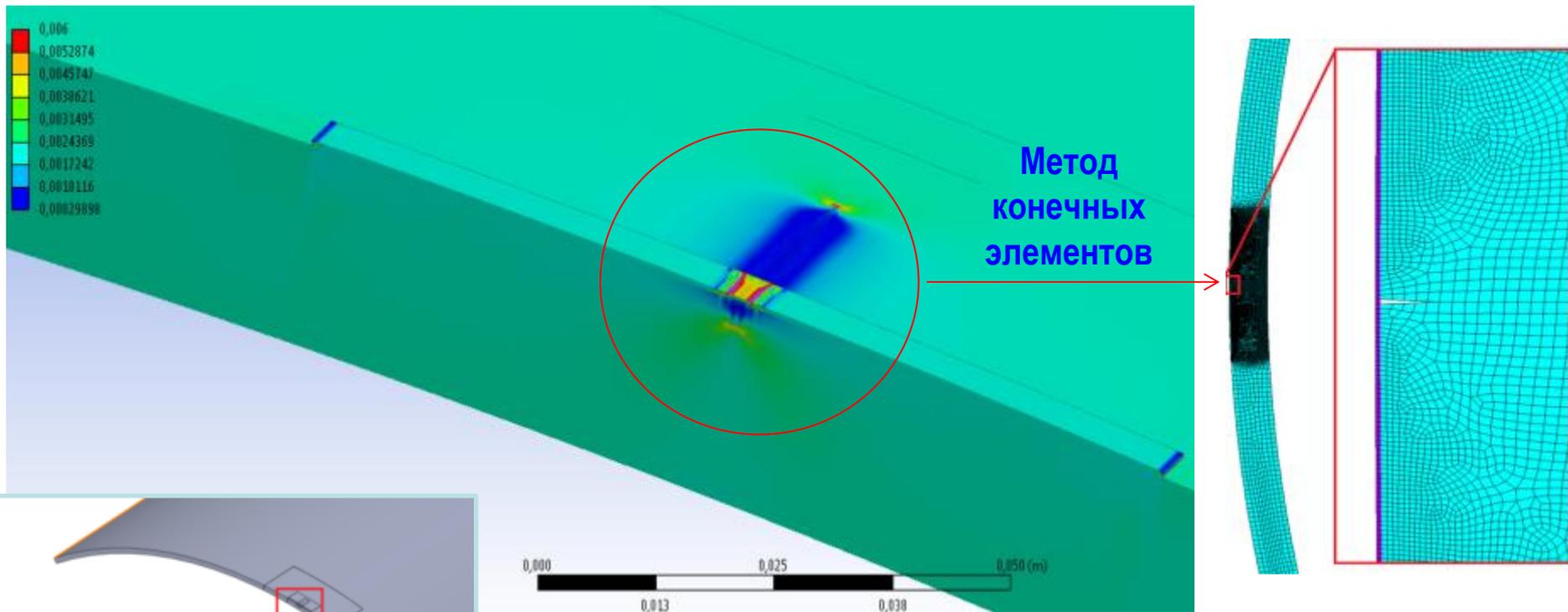
При изменении глубины трещины или деформации материала под преобразователем изменяется амплитуда и фаза регистрируемого сигнала



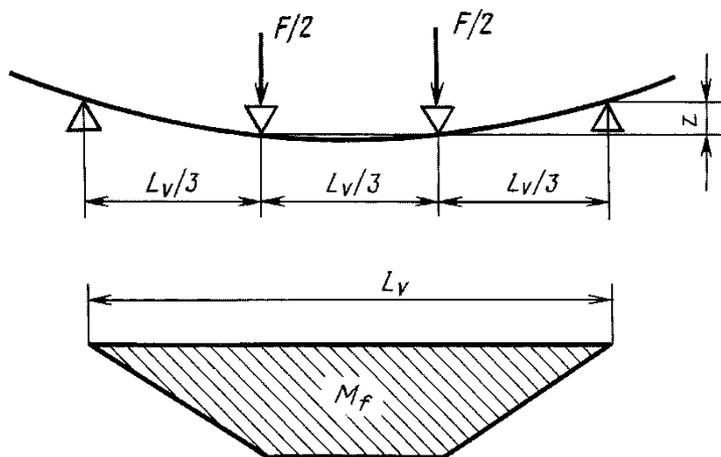
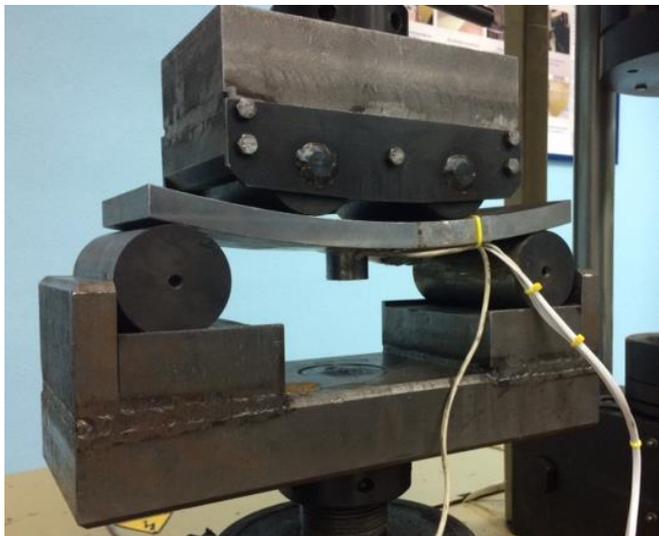
Для подтверждения возможности применения ВОДД для контроля за развитием стресс-коррозионных трещин были проведены лабораторные испытания.



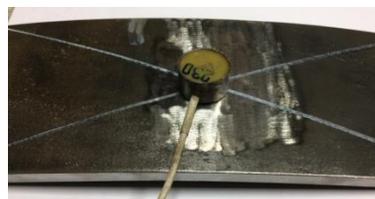
Модель участка трубы 1020x11, с глубиной дефекта 1.1 мм



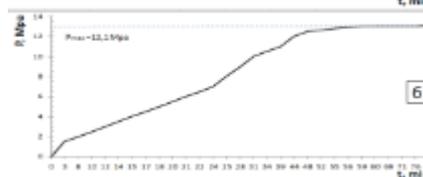
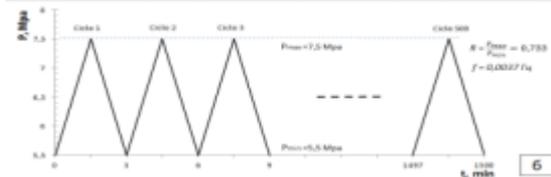
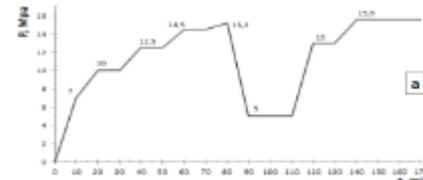
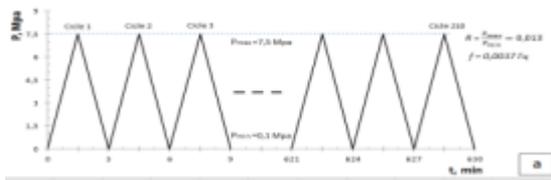
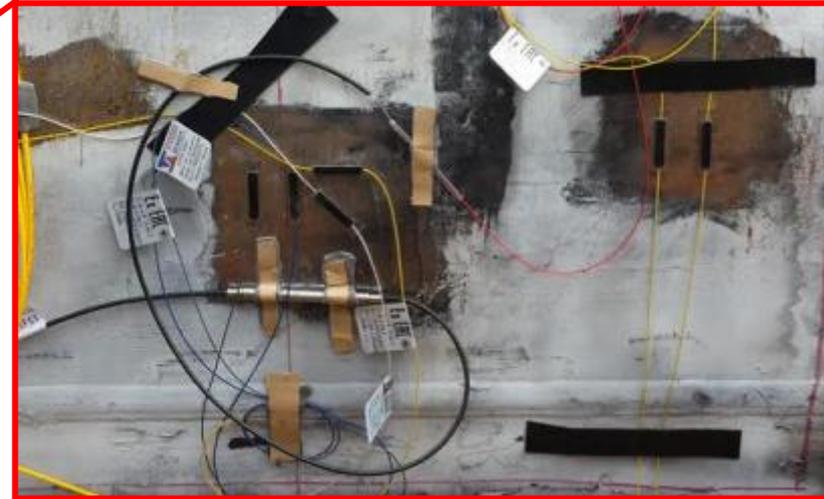
Тестовый расчет показал, что датчик фиксирует изменение деформации при изменении геометрических параметров одиночной трещины и групп трещин. При начальной глубине дефекта 10% от толщины стенки трубы чувствительность датчика к росту дефекта составляет порядка **100 [мкстр/мм]**.

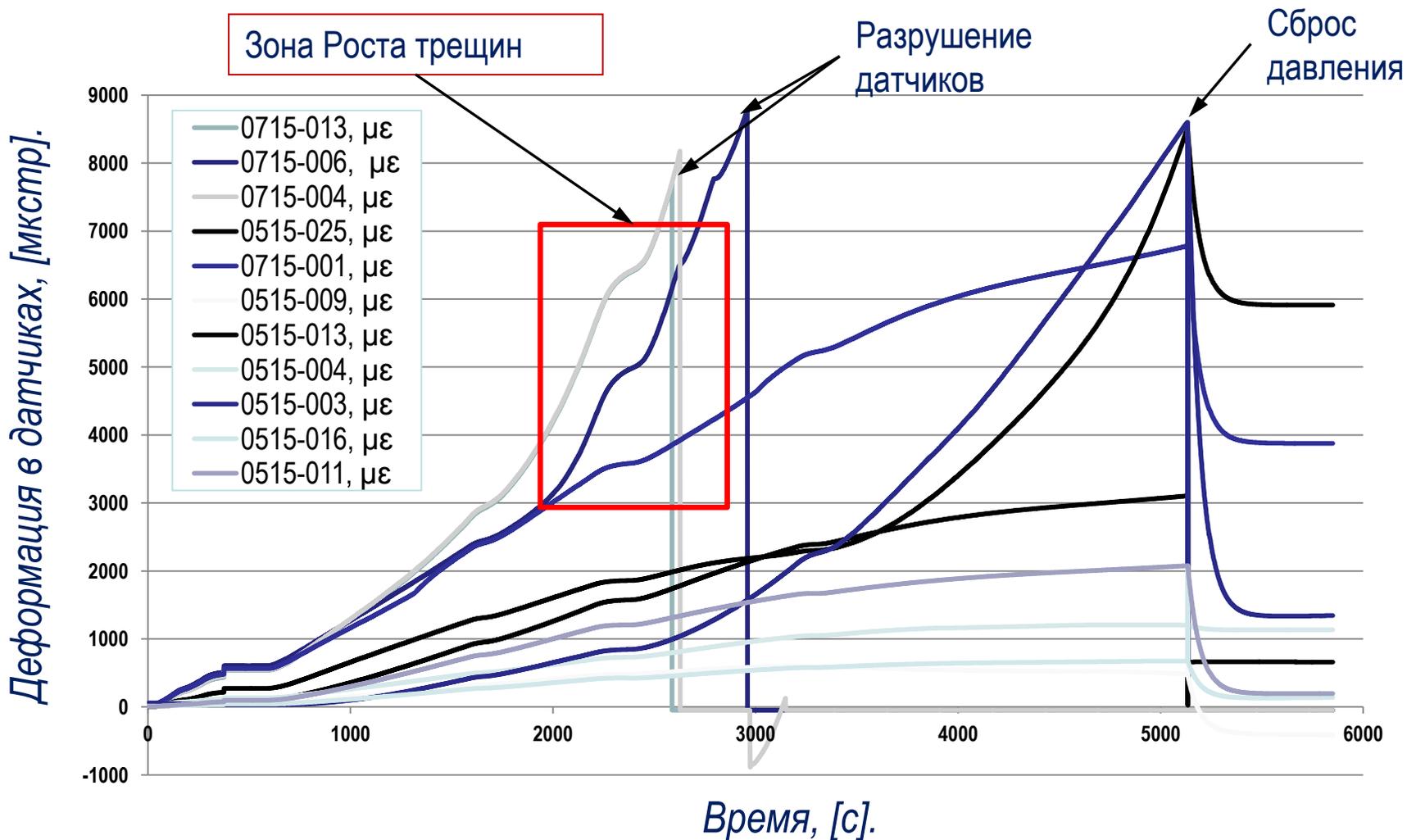


Путем шагового нагружения образца с магнитовихретоковым датчиком было определено, что с увеличением нагрузки фиксируемое напряжение падает по $20\text{ мВ} \setminus 10\text{ кН}$.

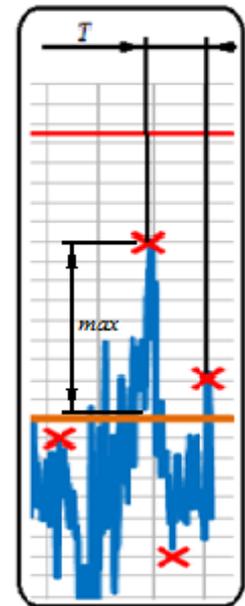
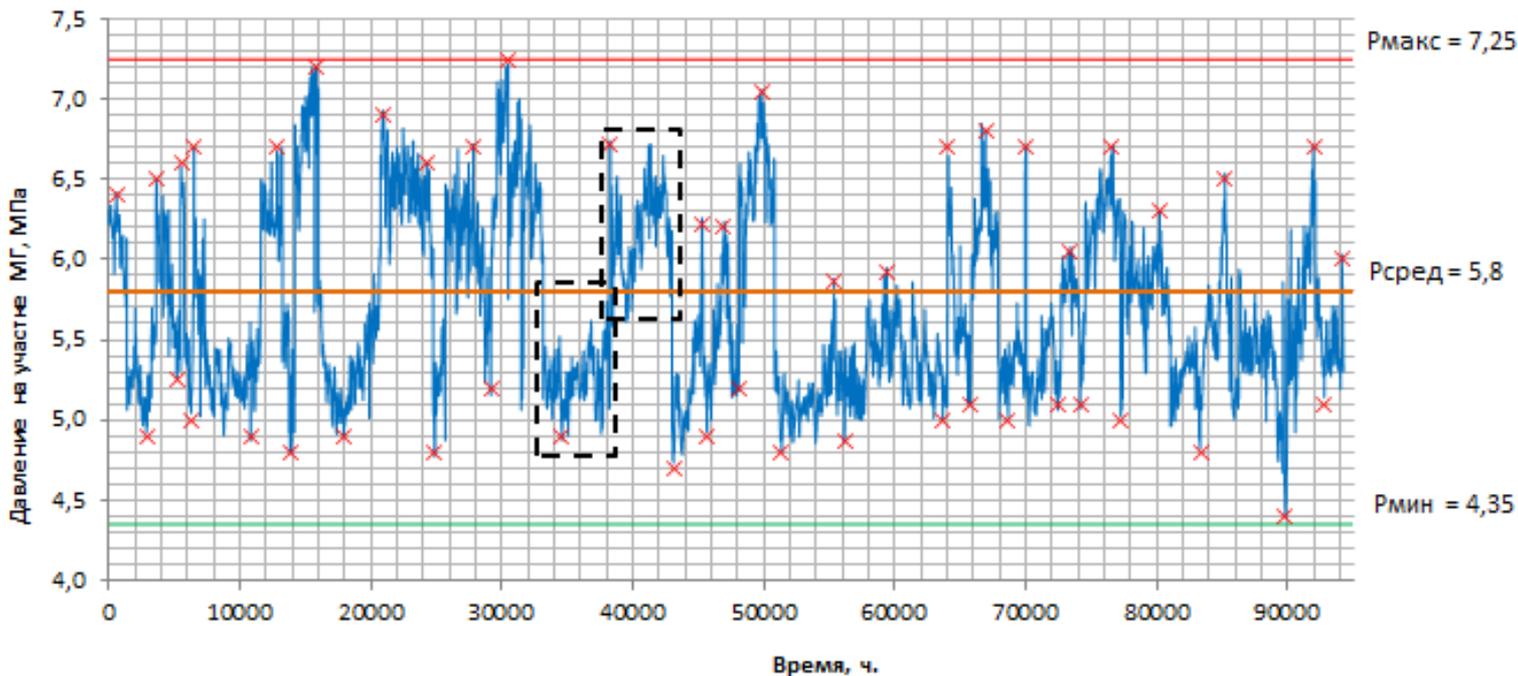


Испытание датчиков при натуральных гидравлических испытаниях плетей с дефектами КРН



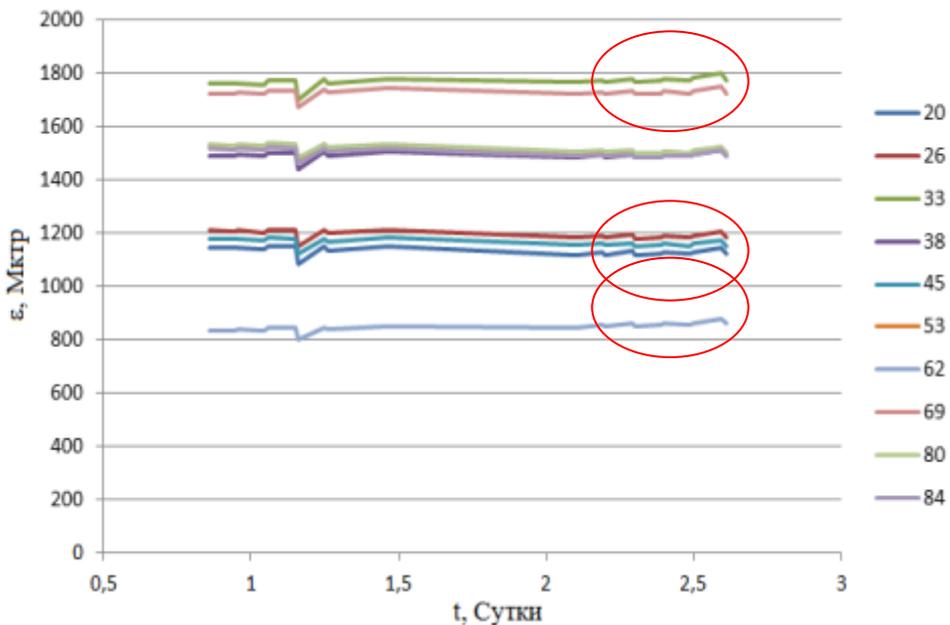
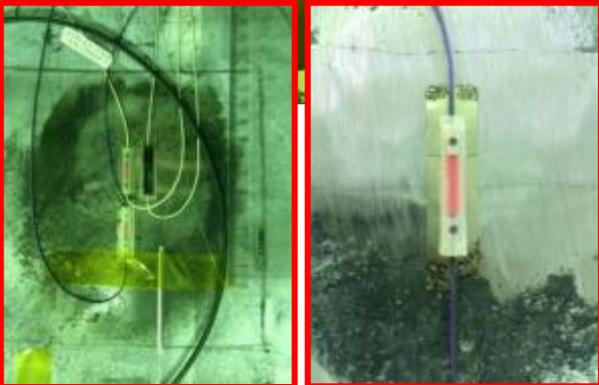


Анализируемый период эксплуатации участка МГ – 11 лет



Результаты анализа больших циклов:
 $N \sim 3$ в год, амплитуда более 10% от $P_{\text{ср}}$
 $f \approx 10^{-7}$ Гц
 $R = 0,66$

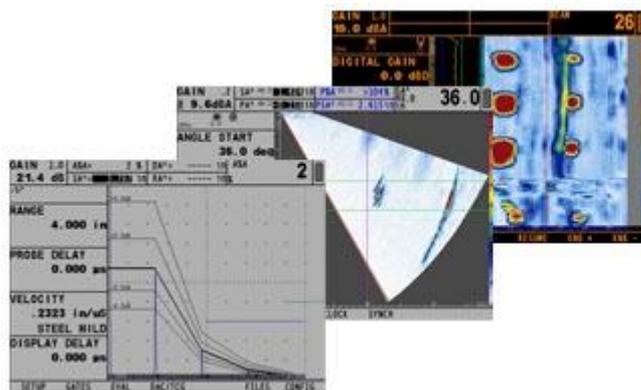
Результаты анализа минорных циклов:
 $N \sim 32$ в год, амплитуда менее 10% от $P_{\text{ср}}$
 $f \approx 10^{-6}$ Гц
 $R = 0,8$



- Применение системы на основе волоконно-оптических датчиков деформации в процессе эксплуатации магистрального газопровода позволит эксплуатировать и контролировать в режиме реального времени оставленные в составе магистрального газопровода стресс-коррозионные повреждения.
- Результаты проведенных лабораторных и натурных гидравлических испытаний показали высокую точность измерения системой изменения размеров стресс-коррозионных повреждений, при этом система позволяет учитывать температурный фактор при пересчете параметров металла труб.
- Волоконно-оптические датчики имеют коррозионно-стойкое исполнение и спроектированы таким образом, чтобы помещать их под изоляционное покрытие.
- Принцип передачи сигнала от датчиков к системе позволяет построить протяженные сети контроля, содержащие в своем составе множество датчиков, что дает возможность контролировать протяженные участки МГ, а также элементы МГ находящиеся на удалении от блока обработки данных.
- Требуется продолжение исследований с установкой датчиков на участке МГ с переизолированными стресс-коррозионными повреждениями для определения закономерностей кинетики их развития и консервации.

Благодарю за внимание!





Глубина дефекта измеренная Phasor XS	Глубина дефекта по результатам КИП	Расхождение измерений
1,8	1,6	0,2
0,5	0,4	0,1