



VI МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕМИНАР

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ
ГАЗОПРОВОДОВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ
КОРРОЗИОННОМУ РАСТРЕСКИВАНИЮ
ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

17–21 октября 2022 г.
г. Кисловодск



ОЦЕНКА РАЗМЕРОВ ДЕФЕКТОВ КРН И КАТЕГОРИРОВАНИЕ ТРУБ В ТРАССОВЫХ УСЛОВИЯХ

РЯХОВСКИХ ИЛЬЯ ВИКТОРОВИЧ

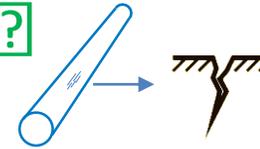
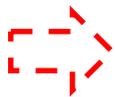
Начальник КНТЦ управления техническим состоянием и целостностью производственных объектов
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», канд. техн. наук

КАВЕРИН АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ

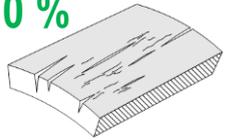
Начальник лаборатории ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

>180 000 км МГ
в составе ГТС ПАО «Газпром»

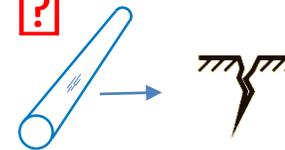
Порядка **65 %**
трубопроводов ГТС
находятся в зоне риска КРН
из-за износа защитных покрытий



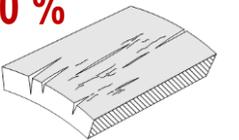
$\leq 10\%$



Повреждение КРН с глубиной $< 10\%$ от толщины стенки труб



$> 10\%$



Повреждение КРН с глубиной $> 10\%$ от толщины стенки труб

Вихретоковая дефектоскопия,
магнитопорошковый контроль

Контролируемая шлифовка,
магнитопорошковый контроль, ВИК

Ультразвуковая
толщинометрия

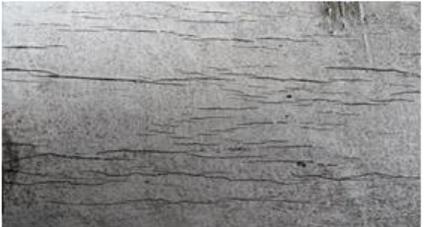


Цель:

- повышение точности технического диагностирования и оптимизация технологических операций в процессе категорирования и отбраковки труб с дефектами КРН

Задачи:

- выполнить экспериментальные исследования методов, технологий и приборов НК для оценки условных размеров стресс-коррозионных дефектов;
- оценить влияние на результаты оценки глубины стресс-коррозионных трещин их протяжённость, плотность в колонии и величиной раскрытия;
- разработать рекомендации по применению комплекса средств НК при диагностировании труб для оценки размеров;
- выбор оптимального комплекса средств НК для оценки размеров дефектов КРН.



Ультразвуковые (УЗК) дефектоскопы;



Ультразвуковой
модель А1550
Частота 7,5 мГц
(ООО «АКС»)



Ультразвуковой
модель Скаруч
Частота 5,5 мГц
(ООО «Алтес»)

Электропотенциальный (ЭП) трещиномер:

- 2 типа датчиков (1x4, 2x2)



Электропотенциал.
модель 281М
2 x2 4x1
(ООО «НПП «Машпроект»)



Вихретоковые (ВК) дефектоскопы, с различным типом преобразователей (ВТП) ВТП с $D > 10$ мм; ВТП с $D 5-10$ мм; ВТП с $D < 5$ мм



Вихретоковый
модель МВД-2
датчик – 25x35 мм
(ООО «НПП
«Нефтегаздиагностика»)



Вихретоковый
модель ВД1
датчик - Ø2мм, - Ø8мм
(ООО «Константа»)



Вихретоковый
модель ВД-70
датчик - <5 мм
датчик – Ø10мм
(ООО «НПП «Луч»)



Вихретоковый
модель ВИД-345
датчик 25x25мм
(ООО «НПП
«Машпроект»)



Вихретоковый
модель ВД-90 НП
датчик - Ø1,8мм
датчик - Ø4,5мм
(АО «НИИИН
МНПО «Спектр»)



Вихретоковый
модель ВД-100
датчик - Ø1,5мм
датчик – Ø3,0мм
(ООО
«Алтек-Наука»)

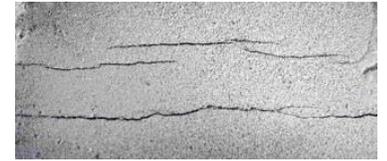
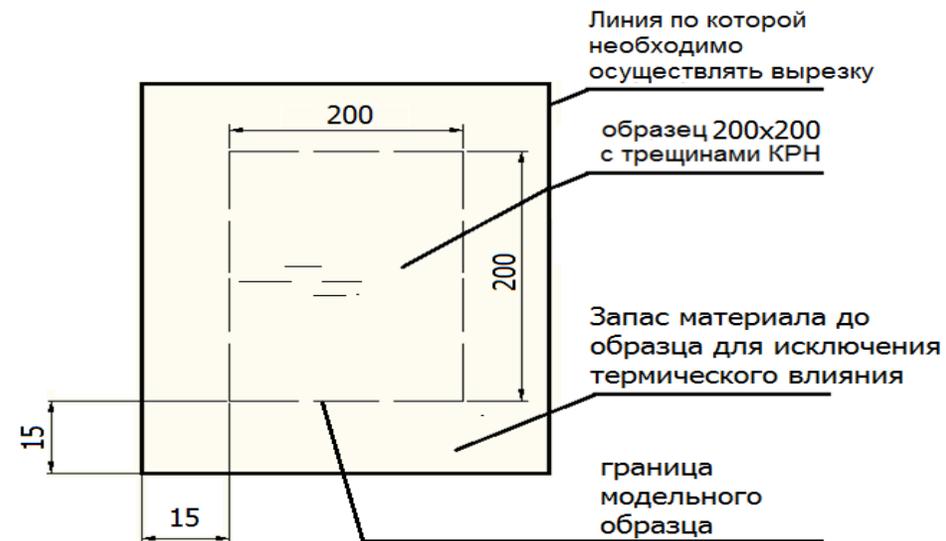
Подготовлено: **более 100** образцов

Отобрано: **63** образца труб с КРН:

Размеры: 200x200÷400x600 мм

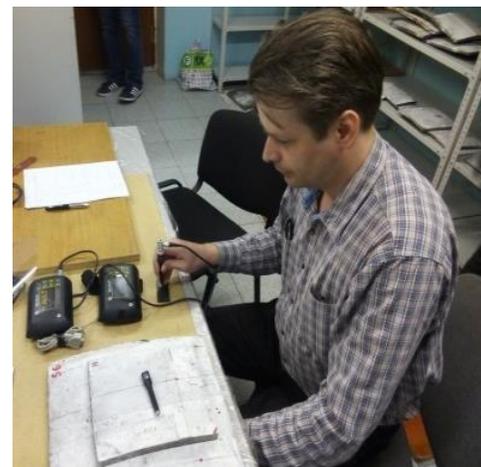
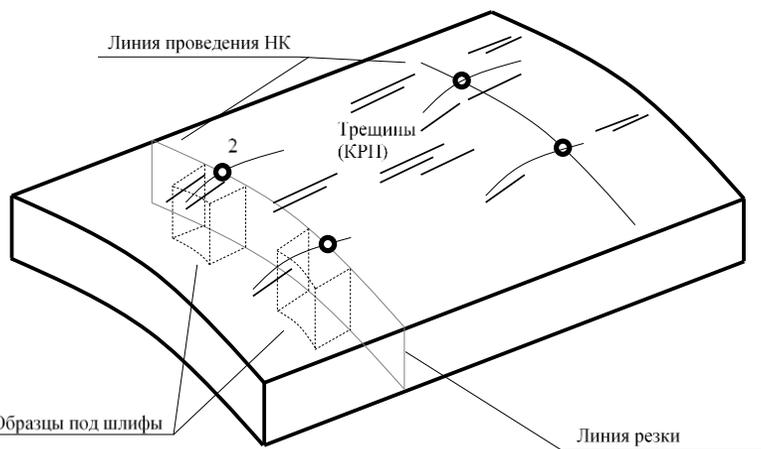
Трещины : глубина 0,3÷10,0 мм
плотность 1÷15 ед./см²

сталь: класс X60÷X70
толщ. стенки 9,0÷18,7 мм





105 точек контроля
5 замеров в каждой точке
более 7600 замеров

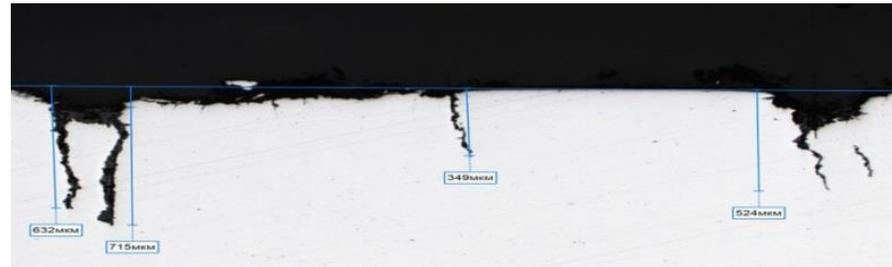


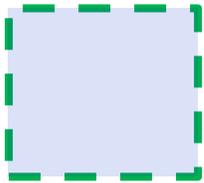
Металлографические исследования образцов из темплетов



Характеристики темплетов:

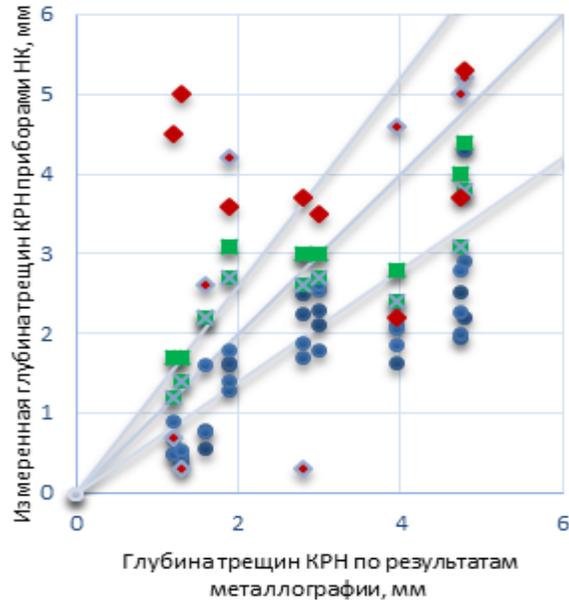
- Структура и хим. состав
- Плотность трещин, шт./мм
- Глубины трещин, мм



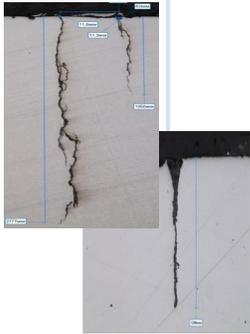


Данные измерений глубины групп трещин КРН приборами НК в зависимости от особенностей трещин КРН

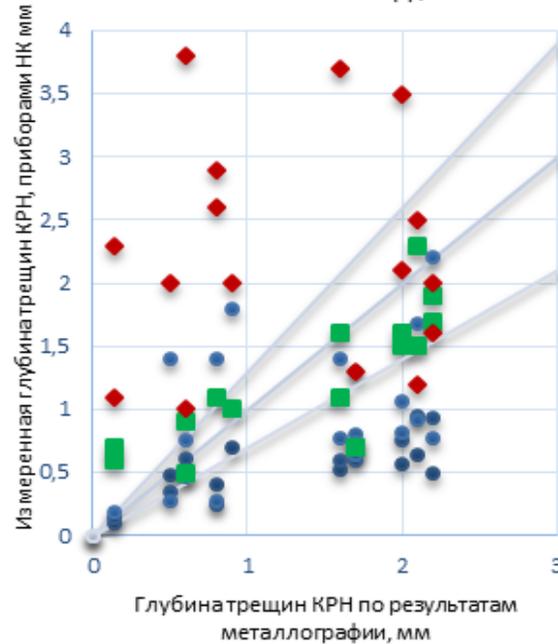
Замеры ортогональных трещин плотностью от 1 до 3 ед./см²



- Вихретоковый метод
- Электропотенциальный метод
- ◆ Ультразвуковой метод



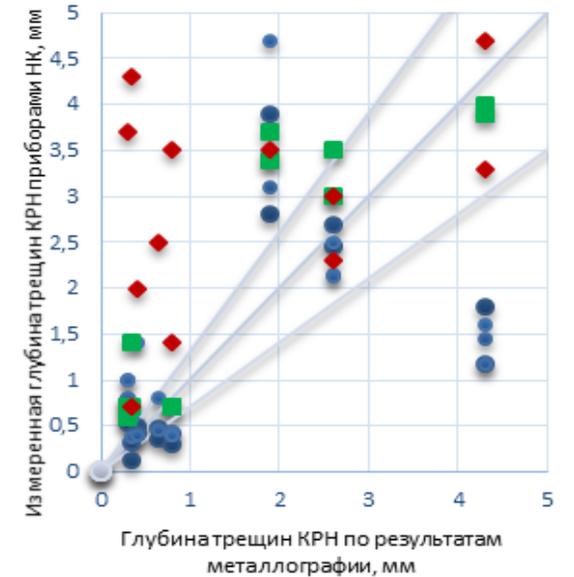
Замеры ортогональных трещин плотностью более 4 ед./см²



- Вихретоковый метод
- Электропотенциальный метод
- ◆ Ультразвуковой метод



Замеры разветвленных и наклонных трещин



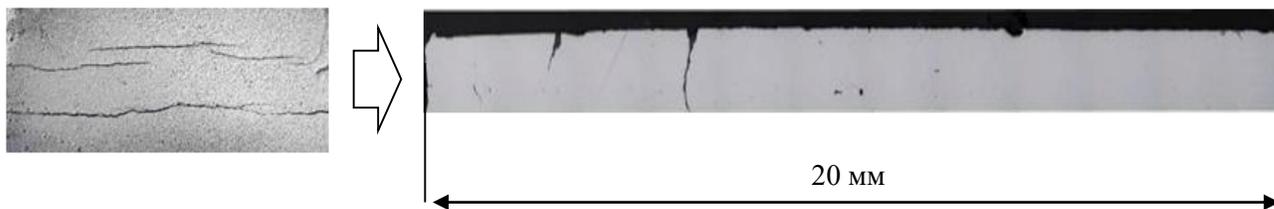
- Вихретоковый метод
- Электропотенциальный метод
- ◆ Ультразвуковой метод



Зоны повреждения КРН с различной плотностью трещин



а) зона повреждения КРН с высокой плотностью трещин (более 4 ед. см²) - погрешность при оценке глубины трещины до 50 % при контроле с применением ВТП D < 5 мм и до 65% с ВТП D > 10 мм; до 40 % для электропотенциальных трещиномеров.



б) зона повреждения КРН с невысокой плотностью трещин, не приводящая к существенной погрешности при оценке глубины дефекта КРН приборами НК (не более 30 %)

Зоны повреждения КРН с различной ориентацией трещин по глубине

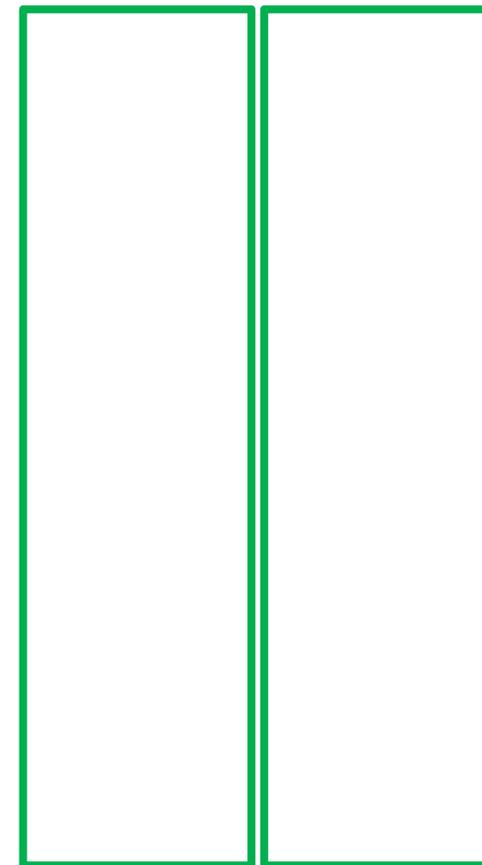


а) форма трещины КРН, не приводящая к существенной погрешности при оценке глубины дефекта КРН приборами НК (не более 30 %)



б) форма трещины КРН, оказывающая существенное влияние на оценку глубины дефекта КРН приборами НК (более 30 %)

Экспериментально установленные относительные погрешности измерений приборов НК при измерении глубин трещин КРН

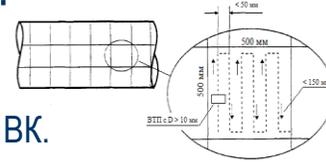


--	--

3. Классификация дефектов КРН по результатам оценки их глубины

1. Визуальный осмотр и ВК - поиск дефекта на контр. участке трубы:

- ВК проводят в динамическом режиме работы вихретоковых дефектоскопов ВТП с плоской рабочей поверхностью $D \gg 10$ мм;
- определяют условные границы, ориентацию дефекта и зоны с максимальными значениями ВК.



Незначительное поврежд.

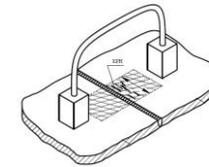
$$h_{max} \leq h_{доп}$$

Недопустимый дефект

$$h_{min} \geq h_{доп}$$

1 этап.
ранжируют
~ 60 %
дефектов КРН

2. МПК (200×200 мм) - визуализация и идентификация типа дефекта (продольный, поперечный дефект КРН).



Требует уточнения

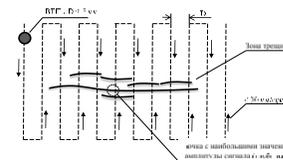
$$h_{min} < h_{доп} < h_{max}$$

СТО Газпром 2-2.3-760-2013

3. ВИК - длина, ширина и координаты дефекта КРН на трубе.

4. ВК, ЭПК - оценка глубины дефектов КРН:

- ВК в статическом режиме работы вихретоковых дефектоскопов ВТП «карандашной конструкции» с $D \leq 5$ мм и/или ЭПК



Незначительное поврежд.

$$h_{max} \leq h_{доп}$$

Недопустимый дефект

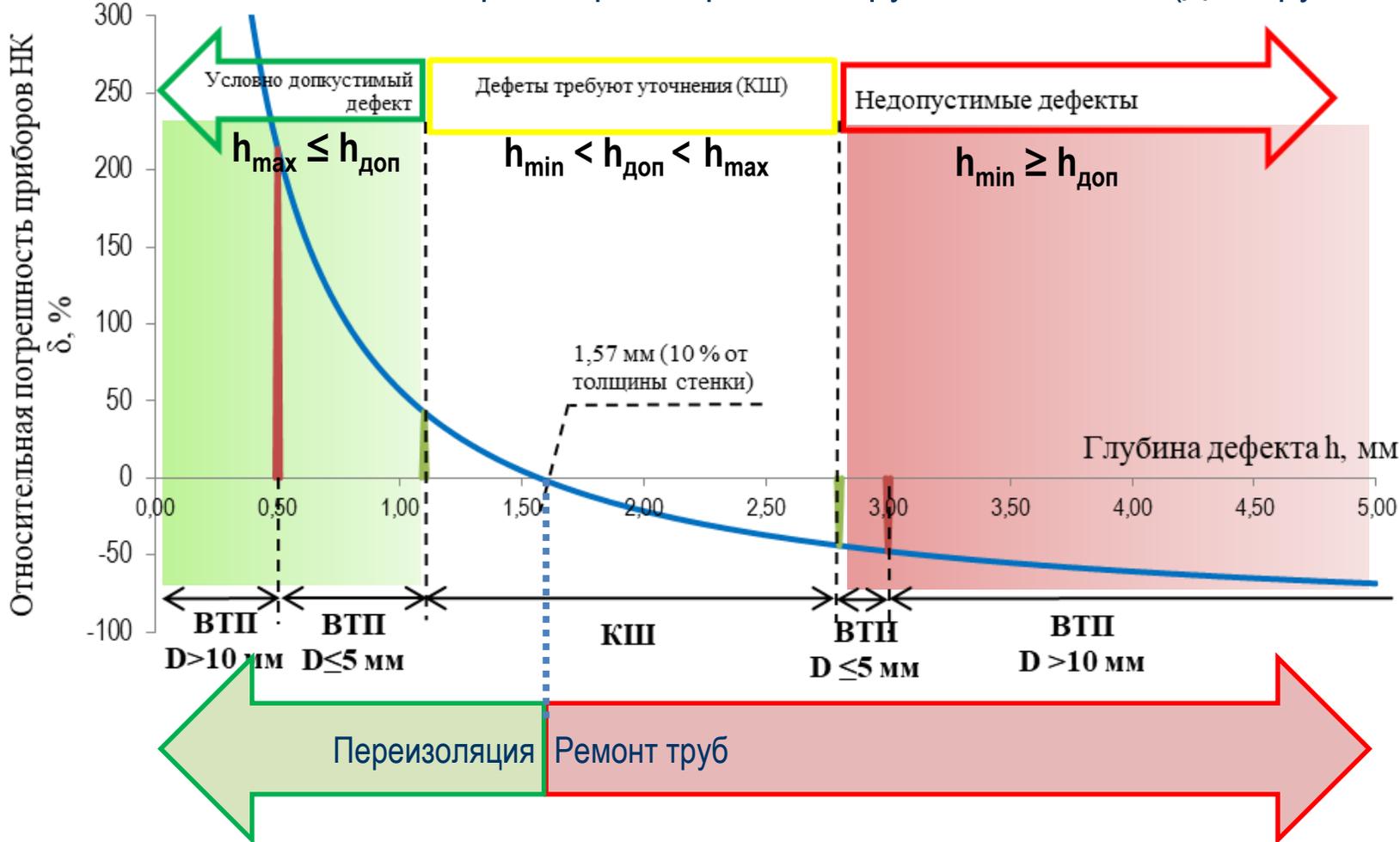
$$h_{min} \geq h_{доп}$$

2 этап.
ранжируют
~ 20 %
дефектов КРН

5. Контролируемая шлифовка «граничных» дефектов КРН

КШ
~ 20 %
дефектов КРН

Методы контроля при отбраковке труб с КРН < 10% (Для труб диаметром 1420x15,7 мм)



Этап 1. Поиск и определение границ дефектных участков вихрековым дефектоскопом с ВТИ $D \gg 10 \text{ mm}$, в динамическом режиме работы дефектоскопа

Этап 2. В обнаруженной дефектной зоне локализуют участки с максимальными значениями вихрекового дефектоскопа, размером порядка $200 \times 200 \text{ mm}$.
Оценка глубины трещин вихрековым дефектоскопом с ВТИ $D \gg 10 \text{ mm}$ в статическом режиме работы дефектоскопа и предварительное категорирование на классы, в зависимости от полученных значений



Этап 3. Проведение МИК локализованного дефектного участка $200 \times 200 \text{ mm}$ и идентификация дефекта на соответствие признакам КРН. Проведение ВИК и определение параметров дефекта КРН.

Этап 4. Оценка глубины трещин в колонии КРН вихрековым дефектоскопом с ВТИ $D \leq 5 \text{ mm}$ в статическом режиме работы дефектоскопа и категорирование дефектов на классы, в зависимости от полученных значений.



Этап 5. Определение КШ глубины дефектов КРН.

Результаты апробация методики оценки глубины дефектов КРН при капитальном ремонте МГ

Апробация методики оценки глубины дефектов КРН приборами НК проведена на участке МГ «Ямбург-Западная граница СССР (Прогресс) ООО «Газпром трансгаз Н. Новгород».



✓ 1 этап (ВИД-345) – классифицировано 55 %, 2 этап (ВД1) – 29 % деф. КРН. КШ –16 % дефектов КРН

✓ Снижение объемов работ по КШ труб с дефектами КРН в 3,8 раз.

✓ Относительное снижение затрат на НК – 26 %

СОГЛАСОВАНО: [Подпись] Исполнительный директор ООО «Газпром трансгаз Н. Новгород»

УТВЕРЖДЕНО: [Подпись] Главный инженер ООО «Газпром трансгаз Н. Новгород»

РА. Сауровский

М.Ю. Волосинский

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

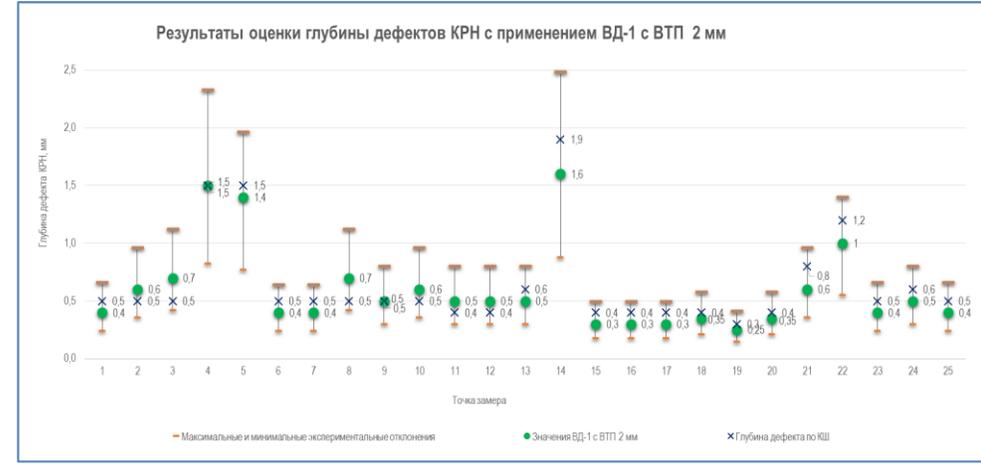
21

22

23

24

25



Управление техническим состоянием и целостностью газотранспортной системы ПАО «Газпром»

МАГИСТРАЛЬНЫЕ ГАЗОПРОВОДЫ. ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ. СТРЕСС-КОРРОЗИОННЫЕ ДЕФЕКТЫ ТРУБ. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ

Р ГАЗПРОМ 2-2.3-1251-2021

ИЗДАНИЕ ОФИЦИАЛЬНОЕ

Санкт-Петербург 2021

Рекомендации организации

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТЧЕТ

Рекомендации по применению методов неразрушающего контроля для определения размеров дефектов коррозионного растрескивания под напряжением при техническом диагностировании газопроводов

В настоящее время, для определения глубины локализованных повреждений КРН, в соответствии с Инструкцией по оценке дефектов труб и соединительных деталей при ремонте и диагностировании магистральных газопроводов, утвержденной заместителем Председателя Правления ОАО «Газпром» от 05.09.2013, применяются способ контрольной шифровки в комбинации с магнитопорошковым, ультразвуковым методами НК и визуальной оценкой (оптический метод) наличия на вышриффованной поверхности остаточных трещин.

Для оптимизации объемов технического диагностирования при трассовой переизоляции протяженных участков ЛЧ МГ, специалистами ООО «Газпром ВНИИГАЗ» выполнены исследования в части применения методов НК при определении размеров дефектов КРН. Проведены испытания 12 приборов НК реализующих вищрекетовый (вищрекетовые дефектоскопы), ультразвуковой (ультразвуковые дефектоскопы) и электрический (электротензиональные трещиномеры) методы контроля. Перечень приборов НК (вищрекетовый и электрический методы контроля), используемых при проведении исследований, приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень приборов НК (вищрекетовый, электрический методы НК), представленные для проведения исследований

Тип, марка прибора	Тип датчика	Эффективный диаметр датчика	Организация разработчик
Вищрекетовые дефектоскопы			
ВД-70	ВТП ПН-6-ТД-С-003	D ≤ 3 мм	ООО «НИК «ЛУЧ»
	ВТП ПН-10-ТД-С-003	D > 4 мм	
ВД-1	Преобразователь №1	D ≤ 3 мм	ООО «КОНСТАНТА»
	Преобразователь №2	D > 4 мм	
ВД-90НП	Тип-1 (ИпА5.125.051)	D ≤ 3 мм	ЗАО «НИИИИ МНПО «Спектр»
	Тип-2 (ИпА5.125.052)	D > 4 мм	
ВД-100	ПН-7.5-АК-003	D > 4 мм	ООО «Алтек-Наука»
	ПН-4-002	D ≤ 3 мм	
ВДД-345	Штатный датчик N-345 (25×25 мм)	D > 4 мм	ООО «НИП «Машпроект»
МВД-2	Штатный датчик (35×45 мм)	D > 4 мм	ООО «НИП «Нефтегаздиагностика»
Электротензиональные трещиномеры			
281М	Датчик 2х2	-	ООО «НИП «Машпроект»
	Датчик 4х1	-	

В рамках исследований было отобрано и подготовлено более 60 образцов из фрагментов труб с дефектами КРН, глубиной от 0,1 мм до 10 мм и плотностью трещин от 1 до 15 единиц на квадратный сантиметр, определено более 100 точек для измерений, выполнено порядка 7600 замеров. Проведены металлографические исследования образцов с поврежденными КРН.

1.7. Влияние параметров трещины КРН на оценку их глубины вищрекетовым методом контроля:

1.7.1. Увеличение плотности трещин КРН приводит к завышению оценки глубины дефекта. Для вищрекетовых дефектоскопов, влияние рядом расположенных трещин,

2.1.1. Поиск и локализация дефектов проводят вищрекетовым методом контроля, с применением ВТП большого диаметра (ВТП D > 4 мм), в динамическом режиме работы дефектоскопа, на поверхности с шероховатостью не более 2,5 мм. Контролируемую

2.2.7. Повреждения КРН, с оценочной глубиной от 0,6 мм до 2,5 мм по показанию вищрекетового дефектоскопа с ВТП D > 4 мм.

– проявляют методом магнитопорошковой дефектоскопии.

глубины трещины, что возможно мер трещины в чений глубины, установленными (таблица 2).

ов фактически:

Электрический (оптотензиональный) метод НК	%	±0, %
	0	210
	1	24
	2	37
	3	41
	4	7
	5	37

по показани ов с точками

ется наиболее и затратным при овных размеров

уменьшается с ти контроля: > 4 мм) следует изводительность

нее 3 мм (ВТП ффектов КРН в ственного влияния на

срельств НК при ти дефектов КРН и по данным НК

2.1.1. Поиск и локализация дефектов проводят вищрекетовым методом контроля, с применением ВТП большого диаметра (ВТП D > 4 мм), в динамическом режиме работы дефектоскопа, на поверхности с шероховатостью не более 2,5 мм. Контролируемую

2.2.7. Повреждения КРН, с оценочной глубиной от 0,6 мм до 2,5 мм по показанию вищрекетового дефектоскопа с ВТП D > 4 мм.

– проявляют методом магнитопорошковой дефектоскопии.

исхождения трещины на 1). Наличие плотности бины трещины до 50 % мм.

в направлении 100 мм/с. максимальными 100 мм. Проводят для визуализации

в КРН проводят гическом режиме добных дефектов, ин КРН с шагом, мм показанные K_{t} менее трех раз, т. л. вые выбросы

и в среднем

и по показани з проведения вищрекетовых

ни в среднем

и до 2,3 мм мм, относят к ин в среднем от методом

и по контрольному 10% от толщине кой поверхности х в таблице 2.

и вищрекетовых %,

лубин в среднем

и вищрекетовых %,

лубин в среднем

До выхода Р Газпром, уже по результатам исследований Департаментом 308, Управление (В.А. Шлепкин) был подготовлен и направлен в ГТО информационный отчет (письмо от 10.12.2019 №03/08/1-13915), содержащий:

- основные результаты исследований;
- рекомендации по применению комплекса средств НК при диагностировании труб для оценки размеров и степени опасности дефектов КРН.

<#>

1. Проведены испытания приборов НК реализующих вихретоковый (вихретоковые дефектоскопы), ультразвуковой (ультразвуковые дефектоскопы), и электрический (электропотенциальные трещиномеры) методы контроля.
2. Установлены предельные погрешности измерений глубины дефектов КРН приборами НК, для ряда диапазонов фактических глубин трещин в колонии.
3. Подтверждено соответствие максимальных значений показаний вихретоковых дефектоскопов с точками максимальных глубин трещин в колонии дефектов КРН.
4. Определено влияние параметров трещин КРН, характеризующихся различной плотностью, глубиной, раскрытием и пространственной ориентацией по толщине стенки трубы, на оценку их глубин приборами НК.
5. Результаты исследований позволили разработать методику ранжирования выявленных дефектов КРН, оптимизирующую объемы НК и затраты на контролируруемую шлифовку труб в процессе категорирования и отбраковки труб при капитальном ремонте МГ.
6. Полученные результаты исследований, представляют практическое значение при автоматизации процесса технического диагностирования и категорирования труб с применением диагностических комплексов при трассовом ремонте протяженных участков МГ.



7. Приборы, реализующие **вихретоковый (ВК)** метод НК:
 - наиболее приемлемые в трассовых условиях работы;
 - целесообразно применение ВТП с диаметрами обмотки $D > 10$ мм (поиск, первичная оценка глубины) и ВТП с $D \leq 5$ мм (оценка глубины);
 - приемлемую для практики погрешность оценки трещин КРН глубиной порядка до 3 мм;
 - занижение показаний, при длине трещины соизмеримой с диаметром ВТП и менее.
8. Приборы, реализующие **электропотенциальный (ЭПК)** метод НК (трещиномеры):
 - наиболее точная оценка глубины трещин КРН при их глубине более 1 мм;
 - трудоемкость при выполнении подготовительных и технологических операций по НК;
 - необходимость точного позиционирования контактов преобразователя над одной трещиной в колонии.
9. Приборы, реализующие **ультразвуковой (УЗК)** метод НК:
 - наиболее точная оценка глубины трещин КРН при их глубине более 3 мм;
 - трудоемкость при выполнении подготовительных и технологических операций по НК;
 - требуется высокая квалификация дефектоскописта.

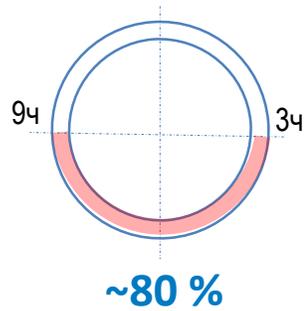


Продолжить развитие в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» корпоративной темплетотеки ПАО «Газпром» с единой базой фрагментов труб с различными типами дефектов (КРН, трещины различной ориентации, коррозия, заводские дефекты (корпоративную темплетотеку ПАО «Газпром»)) с целью последующего использования образцов при выполнении НИР ПАО «Газпром», организации испытаний штатных приборов неразрушающего контроля труб и проведении курсов повышения квалификации работников дочерних обществ ПАО «Газпром» и подрядных организаций.

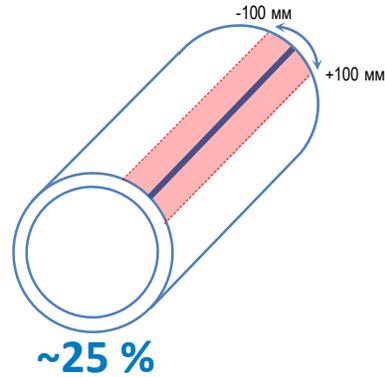


СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

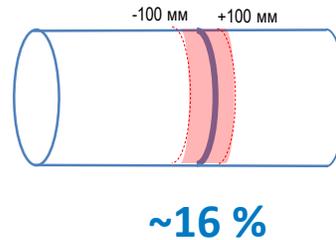
Распределение КРН на поверхности труб



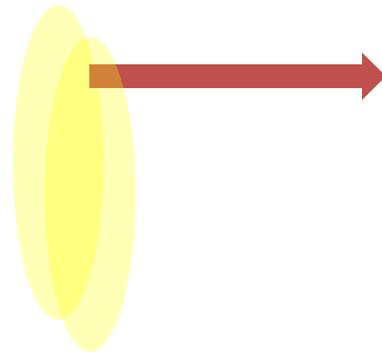
опорная часть труб
от 3 до 9 часов



зона, прилегающая к заводскому
сварному шву



околошовная зона
КСС



Трещины в колонии КРН различной формы и ориентации

