



Текущие и перспективные проекты ПАО «Газпром» по совершенствованию нормативной базы в области профилактики развития стресс-коррозии магистральных газопроводов

Андрей Юрьевич МИХАЛЕВ

Заместитель начальника отдела Департамента 623 ПАО «Газпром», канд. техн. наук



Наименование деятельности ПАО «Газпром»,
подлежащей стандартизации

Пункт 3

Меры по профилактике развития стресс-коррозионных повреждений на магистральных газопроводах и трубопроводах компрессорных станций



Структурное подразделение ПАО «Газпром»,
ответственное за стандартизацию

Управление 623/1 Департамента 623 (О.Е. Аксютин)



Организация, ответственная за методическое
обеспечение деятельности по стандартизации

ООО «Газпром ВНИИГАЗ»



Публичное акционерное общество «Газпром»
(ПАО «Газпром»)

ПРИКАЗ

« 31 » ЯНВАРЯ 2017 г.

№ 60

О направлениях деятельности по стандартизации в ПАО «Газпром»

В целях совершенствования деятельности Системы стандартизации ПАО «Газпром» и во исполнение пунктов 5.3.2 и 5.3.4 стандарта организации СТО Газпром 1.0-2009 «Система стандартизации ПАО «Газпром. Основные положения», утвержденного приказом ОАО «Газпром» от 07 декабря 2009 г. № 379,

ПРИКАЗЫВАЮ:

1. Утвердить:
 - 1.1. Перечень организаций, ответственных за методическое обеспечение деятельности по стандартизации в соответствующих областях (приложение № 1).
 - 1.2. Направления деятельности структурных подразделений ПАО «Газпром», подлежащих стандартизации (приложение № 2).

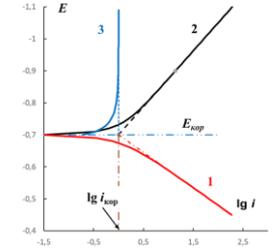
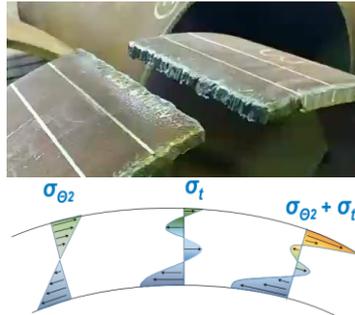
Председатель Правления



А.Б. Миллер

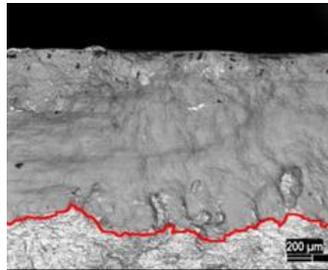
2.21.000633

СТО Газпром 2-5.1-1290-2023 «Методы лабораторных испытаний металла труб МГ на КРН» стандартизирована 21 методика лабораторных исследований и испытаний образцов трубной стали



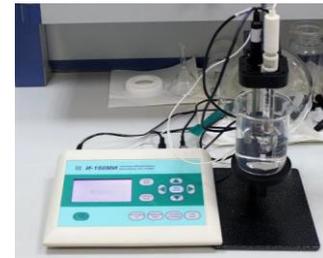
Коррозионно-механические испытания

Коррозионно-электрохимические исследования



Неразрушающий контроль

Методики оценки ОН, фрактографии и металлографии



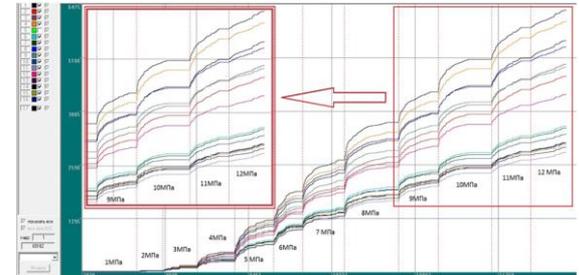
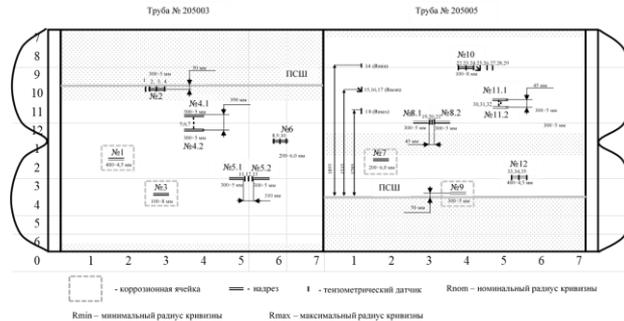
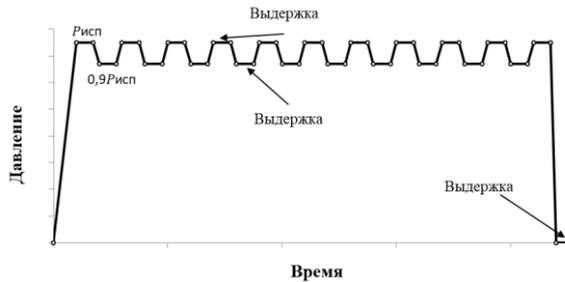
Химико-аналитические исследования

Р Газпром 2-4.1-1296-2023 «Методика гидравлических испытаний труб МГ с дефектами КРН»



Ключевые аспекты

- ✓ Воспроизведение условий испытания, соответствующих реальным историческим данным по эксплуатации участка МГ
- ✓ Верификация и корректировка математических моделей кинетики развития эксплуатационных дефектов и предельной несущей способности дефектных труб
- ✓ Оценка эффективности и совершенствование технологий ремонта дефектных труб и их допуск к опытной эксплуатации в составе МГ



Р Газпром XXXX-2024 «Методика испытания кольцеобразных образцов труб МГ на КРН»



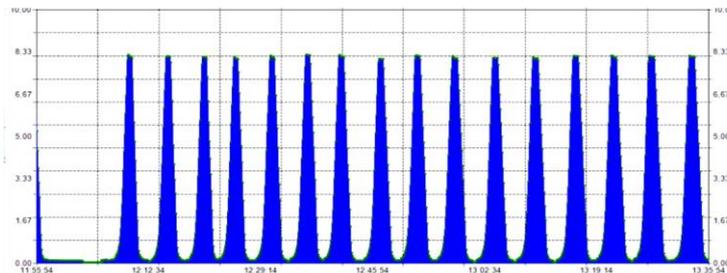
Ключевые аспекты

- ✔ Кратное снижение металлоемкости и трудоемкости проведения гидравлических испытаний трубных фрагментов
- ✔ Оценка остаточного ресурса в локализованной зоне дефектной трубы, нивелирование взаимодействия близкорасположенных дефектов различных типов на результаты испытаний
- ✔ Повышение точности оценки ресурса труб за счет учета остаточных напряжений и геометрии



Наименование испытуемого изделия:

ВСИКРН-01.001.02.00.000



Испытательная камера
Ø 1220-1420

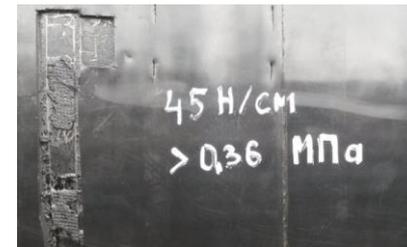
Р Газпром 27.3-3.1-004-2023 «Типовая программа опытной эксплуатации труб с дефектами КРН и технологий их ремонта в составе МГ»



Впервые в практике ПАО «Газпром» регламентированы процедуры допуска труб с дефектами КРН к опытной эксплуатации в составе действующих МГ

Основные разделы Программы

- 1) «Объект опытной эксплуатации»
- 2) «Цель и задачи опытной эксплуатации»
- 3) «Общие положения»
- 4) «Место проведения опытной эксплуатации»
- 5) «Основания для проведения опытной эксплуатации»,
- 6) «Порядок проведения опытной эксплуатации»,
- 7) «Оценка агрессивности грунтового электролита на участке магистрального газопровода для опытной эксплуатации»
- 8) «Неразрушающий контроль труб»
- 9) «Дистанционный контроль напряжений и деформаций труб в области дефектов КРН»
- 10) «Оценка и оформление результатов опытной эксплуатации»



Р Газпром 28.2-018-2024 «Методика ранжирования дефектов КРН труб опытных участков МГ по степени опасности, оценки ресурса и порядок назначения способа ремонта»



Впервые в практике ПАО «Газпром» регламентировано ранжирование дефектов КРН труб ЛЧ МГ на основании собственной многостадийной кинетической модели КРН

Многостадийная кинетическая модель КРН

Стадия 1 - развитие локального коррозионного повреждения

$$\frac{da}{dt} = K_0 (t - t_0)^{n_0 - 1}$$

Стадия 2 - образование и начальный рост трещин КРН

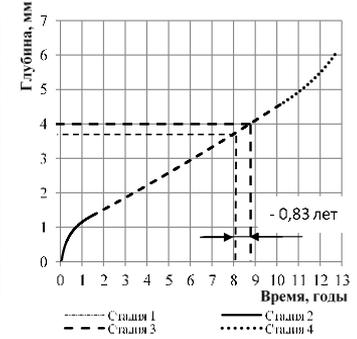
$$\frac{da}{dt} = r \cdot \exp\left(-\frac{a_{max}}{m}\right)$$

Стадия 3 - рост индивидуальной трещины КРН в колонии трещин

$$\frac{da}{dt} = \left(\frac{i_a^*}{1 - n_2} \cdot \frac{M}{z \cdot F \cdot \rho} \right)^{\frac{1}{1 - n_2}} \left(\frac{t_2}{\varepsilon_F} \right)^{\frac{n_2}{1 - n_2}} \cdot \left(\frac{2N}{N - 1} \right)^{\frac{n_2}{1 - n_2}} \cdot \left(\frac{\beta \cdot \sigma_T}{E \cdot r_0} \right)^{\frac{n_2}{1 - n_2}} \cdot \left(\ln \left(\frac{K^2 - K_{Isc}^2}{\pi \cdot r_0 \cdot \sigma_T^2} \right) \right)^{\frac{N+1}{N-1} \cdot \frac{n_2}{1 - n_2}}$$

Стадия 4 - развитие магистральной трещины КРН

$$\frac{da}{dt} = A_i \left[\left(N_b \frac{K_{max}}{f_b^{\gamma}} \right)^{n_3} + \left(N_l \frac{K_{max}^{\beta} \Delta K_l^{\alpha}}{f_l^{\gamma}} \right)^{n_3} \right]$$



Время, годы	Глубина, мм	Скорость, мм/год	Скорость, мкм/год	Скорость, мкм/сут	Скорость, мкм/ч	Скорость, мкм/мин	Скорость, мкм/сек	Скорость, мкм/мин	Скорость, мкм/сек	Скорость, мкм/мин	Скорость, мкм/сек
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13

Свидетельство о государственной регистрации ПЭВМ
№ 2023616426 от 27.03.2023

Реализация комплексной Программы испытания труб МГ с эксплуатационными дефектами

✓ Важность развития моделей развития дефектов труб озвучена Председателем Правления ПАО «Газпром» А.Б. Милером на ПМГФ-2023

✓ Реализация проекта предусмотрена «Программой создания корпоративного экспериментального комплекса для оценки работоспособности труб МГ с КРН и эффективности ремонтных технологий», утв. 07.12.2021 заместителем Председателя Правления – начальником Департамента ПАО «Газпром» Аксютиним О.Е.

✓ Испытания 20% типоразмеров труб должны обеспечить получение 80% информации о работоспособности труб в условиях риска проявления КРН

✓ Программа испытаний труб будет включать:

- сериальные испытания – площадка ООО «Газпром ВНИИГАЗ»
- периодические гидравлические испытания труб – площадки ГТО ПАО «Газпром»
- специальные исследования трубной стали – сторонние организации

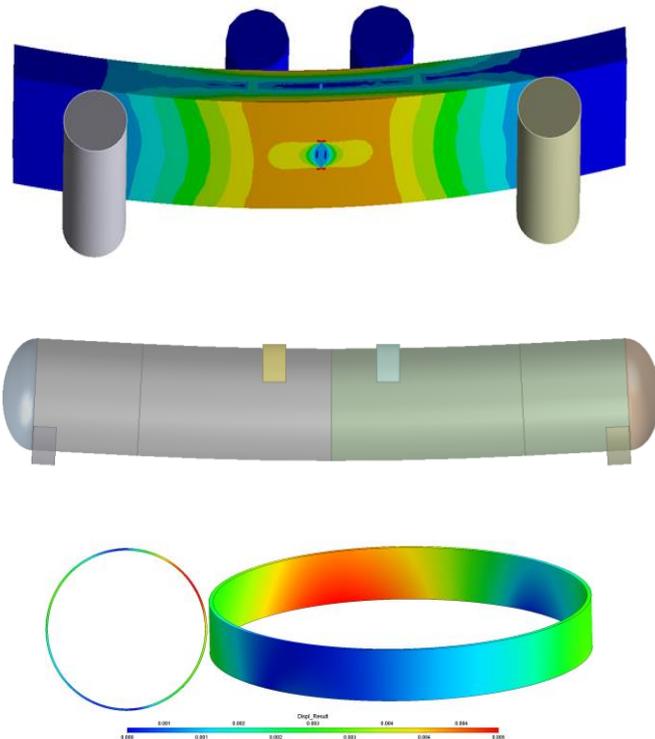


Разработка цифровых моделей ресурсных испытаний труб с дефектами и их программная реализация

- 
 Оперативность и масштабируемость имитирования поведения дефектных труб и трубных фрагментов в условиях, приближенных к реальным условиям эксплуатации, при **должном уровне верификации** и валидации алгоритмов компьютерного моделирования физических процессов по результатам комплексных испытаний фрагментов труб

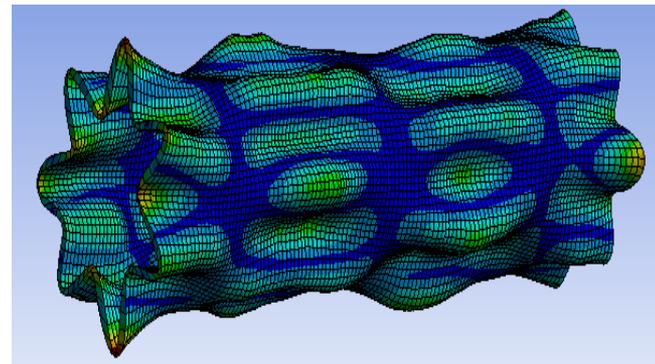
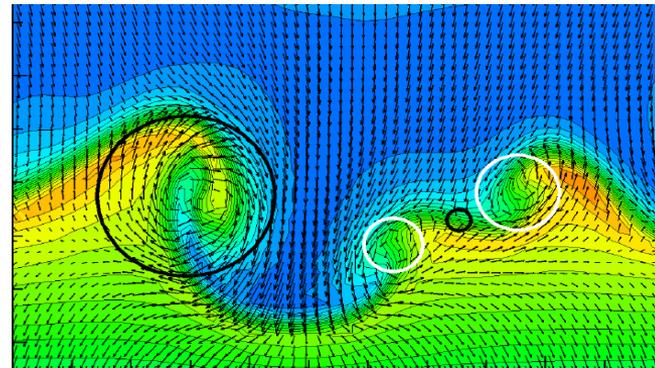
- 
 Совместная реализация в рамках Программы НТС с ГК Росатом проекта по созданию отечественного импортозамещающего ПО, базирующегося на собственных цифровых моделях развития дефектов труб и оценки их остаточного ресурса

- 
 Возможность коммерциализации разработанного программного продукта на рынке РФ среди нефтегазовых и трубных компаний



Исследование влияния высокочастотных низкоэнергетических колебаний на скорость роста трещин в металле труб МГ

- ✔ В трубах МГ вследствие турбулентности потока газа могут возникать высокочастотные низкоэнергетические колебания стенки трубы и провоцировать рост трещин
- ✔ Высокочастотные низкоэнергетические колебания стенки трубы могут ускорять время образования локального коррозионного поражения на поверхности трубы, а также провоцировать увеличение скорости роста трещин в трубной стали
- ✔ Учет фактических колебаний стенки трубы в кинетической модели роста дефектов позволит повысить точность прогнозирования ресурса труб с КРН
- ✔ Снижение затрат ПАО «Газпром» на техническое диагностирование и ремонт участков МГ за счет обоснованного увеличения междиagnostических интервалов и продления срока службы дефектных труб



1. Подготовить и направить в Департамент ПАО «Газпром» (О.Е. Аксютин) заявку на выполнение НИОКР по реализации комплексной Программы испытания труб МГ с эксплуатационными дефектами, включающую испытания труб современного производства из сталей класса прочности K65, K70 с имитаторами эксплуатационных дефектов.

Отв. ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Департамент ПАО «Газпром» (О.Е. Аксютин)

Срок: 1 кв. 2025 года

2. Подготовить и направить в Департамент ПАО «Газпром» (О.Е. Аксютин) предложения по изменению нормативной документации в части проверки свойств новой трубной продукции на устойчивость к возникновению и развитию эксплуатационных дефектов.

Отв. ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Департамент ПАО «Газпром» (О.Е. Аксютин)

Срок: 1 кв. 2025 года

Спасибо за внимание!