



V Международный
научно-практический семинар

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ
МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ,
ПОДВЕРЖЕННЫХ КОРРОЗИОННОМУ
РАСТРЕСКИВАНИЮ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ**

16–18 декабря 2020 г.



**ПРОГРАММА СЕМИНАРА.
ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,
г. Москва

Публичное акционерное общество «Газпром»
Общество с ограниченной ответственностью «Газпром ВНИИГАЗ»

V Международный научно-практический семинар

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ
ГАЗОПРОВОДОВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ КОРРОЗИОННОМУ
РАСТРЕСКИВАНИЮ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ**

16–18 декабря 2020 г.

Москва 2020

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Искренне рады приветствовать вас на V Международном научно-практическом семинаре «Повышение надежности магистральных газопроводов, подверженных коррозионному растрескиванию под напряжением».

За пять лет семинар зарекомендовал себя как уникальная отраслевая площадка для коллаборации специалистов, эксплуатирующих газопроводы, ученых и производителей новой техники и технологий в области управления и профилактики коррозионного растрескивания под напряжением магистральных газопроводов (КРН МГ).

Вызовы 2020 г. подтолкнули нас к организации мероприятия в онлайн формате на базе платформы webinar.ru, что дало возможность участия в семинаре большему числу представителей Администрации ПАО «Газпром», его дочерних обществ и организаций, научных работников вузов, научно-исследовательских институтов, специалистов диагностических и ремонтных организаций, а также производителей инновационной продукции и технологий.

Благодаря поддержке Департамента ПАО «Газпром» (Аксютин О.Е.) и Департамента ПАО «Газпром» (Касьян Е.Б.) наш семинар по праву можно считать международным отраслевым научно-образовательным мероприятием.

На семинаре будут представлены более 30 докладов и примут участие более 150 делегатов из России, Белоруссии, Казахстана, Китая, Кыргызстана, Кореи и Германии.

Благодаря содействию Научно-образовательного центра ООО «Газпром ВНИИГАЗ» семинар включен в перечень мероприятий по реализации Концепции развития корпоративной системы подготовки научных кадров ПАО «Газпром» и его дочерних организаций, впервые в его рамках состоится очная часть полноценного курса повышения квалификации.



Р.Р. Кантюков к.т.н.,
заместитель Генерального
директора по науке,
Председатель секции
«Транспорт и хранение газа»
ученого совета
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»



И.В. Ряховских к.т.н.,
Председатель
Организационного комитета
семинара, заместитель КНТЦ
коррозионного мониторинга и
защиты от коррозии
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»



А.Б. Арабей к.т.н.,
сопредседатель
Организационного комитета
семинара, научный
руководитель
междисциплинарного
направления «Эффективное
применение трубной
продукции для газовой
промышленности», главный
научный сотрудник
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Особое внимание к проблеме магистральных газопроводов, подверженных КРН, привлекает масштабность и многофакторность данного явления. Интересные аспекты для себя найдут инженеры и ученые в области трубной продукции, надежности, электрохимической коррозии, диагностики и ИТ-специалисты по предиктивному моделированию, математики, механики, физики, химии и материаловеды. Немаловажным фактором значимости КРН является его непосредственное влияние на надежность газотранспортной системы ПАО «Газпром» – ключевого звена энергетической безопасности нашей страны.

Экономические вызовы нашего времени делают более значимыми исследования в области малозатратных технологий ремонта и расчетных моделей оценки ресурса и работоспособности газопроводов в условиях КРН. Поэтому становятся востребованы научные разработки в области физико-химического моделирования и цифровизации процесса КРН на базе фундаментальных исследований коррозионно-механического разрушения сталей.

На семинаре будут представлены доклады по следующим актуальным тематикам:

- результаты экспериментальных исследований, физико-химического и математического моделирования процессов коррозионного и коррозионно-механического разрушения магистральных газопроводов;
- развитие нормативной базы и опыт эксплуатации магистральных газопроводов ПАО «Газпром», подверженных КРН;
- развитие технологий, материалов и оборудования для ремонта и технического диагностирования магистральных газопроводов, подверженных КРН;
- проблемные вопросы внедрения разработок, направленных на профилактику развития КРН и подпленочной коррозии магистральных газопроводов;
- внедрение элементов интеллектуального анализа данных технического диагностирования и информации о поврежденности магистральных газопроводов.

По итогам семинара лучшие доклады будут рекомендованы к представлению на Международной конференции «Газотранспортные системы: настоящее и будущее» (GTS-2021). Будет издан специализированный выпуск научно-технического сборника «Вести газовой науки», входящего в перечень ВАК. Статьи по тематике КРН следует направлять до конца апреля 2021 г. на официальный адрес семинара: SCC@vniigaz.gazprom.ru.

В завершение хотим пожелать успешной работы всем участникам семинара. Уверены, что совместными усилиями мы сможем достичь значительных успехов как в понимании механизма КРН и отдельных его аспектов, так и в нормативно-техническом регулировании процесса эксплуатации магистральных газопроводов, подверженных стресс-коррозии, разработке требований к новым видам трубной продукции и защитных покрытий, а также внедрении современного оборудования и технологий для диагностирования и ремонта трубопроводов.

ПРОГРАММА

V Международного научно-практического семинара

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ КОРРОЗИОННОМУ РАСТРЕСКИВАНИЮ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

Онлайн-формат

п. Развилка

ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

16 декабря 2020 г.

Время московское

9.00–9.10	Подключение участников семинара
9.10–9.30	ОТКРЫТИЕ СЕМИНАРА Кантюков Р.Р. заместитель Генерального директора по науке ООО «Газпром ВНИИГАЗ» Ряховских И.В. заместитель начальника Корпоративного научно- технического центра коррозионного мониторинга и защиты от коррозии ООО «Газпром ВНИИГАЗ» Анисимова Н.А. заместитель начальника Научно-образовательного центра ООО «Газпром ВНИИГАЗ»
9.30–9.50	Коррозионное растрескивание под напряжением магистральных газопроводов. Задачи и перспективы решения Ряховских Илья Викторович (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)
9.50–10.10	Коррозионное растрескивание металла труб на магистральных газопроводах: ретроспектива и новые задачи Арабей Андрей Борисович (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

<p>10.10–10.30</p>	<p>Воздействие высоковольтных линий передачи постоянного тока на коррозионностойкость стальных трубопроводов</p> <p style="text-align: right;">Хань Янь (НИИ трубной продукции Китайской национальной нефтегазовой корпорации)</p>
<p>10.30–10.50</p>	<p>Установление нормативных требований к проектированию, строительству и реконструкции магистральных газопроводов на участках потенциального возникновения дефектов КРН</p> <p style="text-align: right;">Леонович Игорь Александрович (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)</p>
<p>10.50–11.10</p>	<p>Предотвращение развития коррозионно-механического разрушения при проведении работ по переизоляции ЛЧ МГ</p> <p style="text-align: right;">Терентьева Марина Владимировна (Ухтинский государственный технический университет)</p>
<p>11.10–11.30</p>	<p>Применение методов машинного обучения для выявления аномалий, в том числе КРН, полученных с использованием магнитных снарядов-дефектоскопов и ультразвуковых автоматизированных диагностических комплексов</p> <p style="text-align: right;">Яруллин Адель Айдарович (Университет Иннополис)</p>
<p>11.30–11.50</p>	<p>Применение математических автоматизированных алгоритмов для решения задач прогноза поврежденности труб дефектами коррозионного растрескивания под напряжением и кинетики их развития</p> <p style="text-align: right;">Малеева Марина Алексеевна (Институт физической химии и электрохимии РАН)</p>
<p>11.50–12.10</p>	<p>Прогнозирование возникновения дефектов КРН линейной части МГ на основе результатов технического диагностирования</p> <p style="text-align: right;">Качура Назар Анатольевич (ООО «Газпром трансгаз Сургут»)</p>

12.10–12.30	<p>Стабилизация трещин КРН за счет послойной неоднородности кристаллографической текстуры и остаточных напряжений в стальных трубах магистральных газопроводов</p> <p style="text-align: right;">Крымская Ольга Александровна (НИЯУ «МИФИ»)</p>
12.30–13.30	Перерыв
13.30–13.50	<p>Влияние неравномерности распределения остаточных и эксплуатационных механических напряжений в трубах магистральных газопроводов на возникновение дефектов КРН</p> <p style="text-align: right;">Погуляев Степан Иванович (ООО «Газпром трансгаз Ухта»)</p>
13.50–14.10	<p>Стресс-коррозия на линейной части магистральных газопроводов. Проблемные вопросы</p> <p style="text-align: right;">Закирьянов Марс Васильевич (ООО «Газпром трансгаз Уфа»)</p>
14.10–14.30	<p>Опыт принятия проектных решений по предотвращению КРН</p> <p style="text-align: right;">Беляков Алексей Александрович (ООО «Газпром проектирование»)</p>
14.30–14.50	<p>Стресс-коррозионные дефекты в ОАО «Газпром трансгаз Беларусь». Первый опыт</p> <p style="text-align: right;">Мажуга Егор Геннадьевич (ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»)</p>
14.50–15.10	<p>Оценка влияния внутрстенных расслоений на работоспособность газопроводных труб</p> <p style="text-align: right;">Кашковский Роман Владимирович (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)</p>
15.10–15.30	<p>Обеспечение надежности магистральных газопроводов в условиях стресс-коррозионной повреждаемости</p> <p style="text-align: right;">Лабынцев Виталий Викторович (ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург»)</p>

15.30–15.50	<p>Влияние циклической нагрузки на развитие ранее образованных коррозионно-механических трещин в малоуглеродистой стали X70</p> <p>Жедулов Сергей Александрович (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)</p>
15.50–16.30	<p>Обсуждение в формате круглого стола на тему «Моделирование и прогнозирование КРН на МГ», формирование предложений для протокола</p>

17 декабря 2020 г.

Продолжение работы семинара. Доклады участников	
9.00–9.10	Подключение участников семинара
9.10–9.30	Исследование возможности оценки размеров стресс-коррозионных дефектов методами неразрушающего контроля. Подходы к категорированию труб с дефектами в трассовых условиях Каверин Александр Александрович (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)
9.30–9.50	Перспективы применения систем мониторинга технического состояния для оптимизации критериев оценки трещиноподобных дефектов газопроводов Никулина Дарья Павловна (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)
9.50–10.10	Внедрение и функционирование системы идентификации дефектов коррозионного растрескивания под напряжением в ООО «Газпром трансгаз Москва» Егудкин Денис Валерьевич (ООО «Газпром трансгаз Москва»)
10.10–10.30	Оптимизация методики диагностирования и оценки технического состояния газопроводов, подверженных коррозионному растрескиванию под напряжением Присяжный Андрей Юрьевич (ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»)
10.30–10.50	Возможности выявления стресс-коррозионных дефектов под напряжением на магистральных газопроводах, условия их развития Комаров Дмитрий Валерьевич (ООО «Газпром трансгаз Самара»)
10.50–11.10	Разработка технологии по обнаружению коррозии на трубопроводах с помощью нейросетей Цветков Николай Викторович (ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург»)

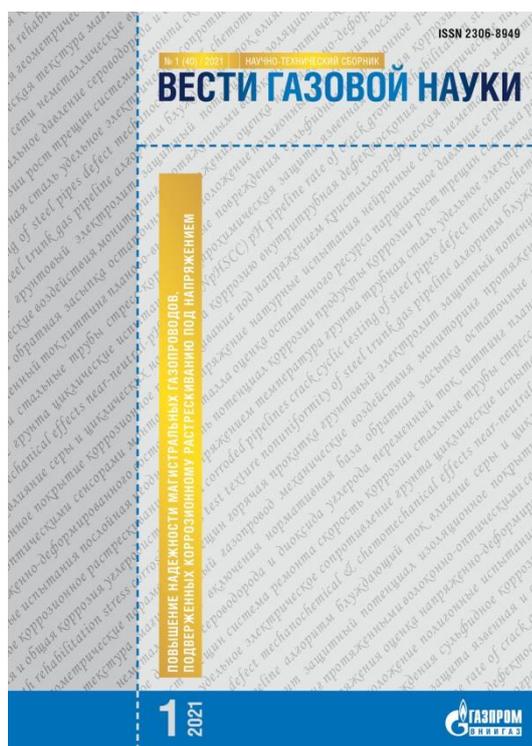
11.10–11.30	<p>Внедрение новых решений, направленных на выявление и интерпретацию трещиноподобных дефектов на объектах ЕСГ</p> <p style="text-align: right;">Ведерников Кирилл Александрович (ООО «Газпроект-ДКР»)</p>
11.30–11.50	<p>Идентификация и ранжирование по глубине дефектов типа КРН при контроле с применением сканера-дефектоскопа внутритрубного автономного роботизированного А2072 INTROSCAN</p> <p style="text-align: right;">Тычинин Иван Александрович (АО «ИнтроСкан Технолоджи»)</p>
11.50–12.10	<p>Автономные системы комплексного мониторинга магистральных газопроводов семейства А-LINE</p> <p style="text-align: right;">Елизаров Сергей Владимирович (ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ»)</p>
12.10–12.30	<p>Предиктивные возможности метода акустической эмиссии при поиске потенциально опасных участков зарождения дефектов КРН</p> <p style="text-align: right;">Кузьмин Алексей Николаевич (ООО «Стратегия НК»)</p>
12.30–13.30	Перерыв
13.30–13.50	<p>Профилактика развития процессов коррозионного и коррозионно-механического разрушения трубопроводов ЕСГ на базе риск-ориентированного обследования методом магнитной томографии</p> <p style="text-align: right;">Камаева Светлана Сергеевна (ООО НТЦ «ТРАНСКОР-К»)</p>
13.50–14.10	<p>Комплексный подход в повышении надежности магистральных газопроводов, подверженных коррозионному растрескиванию под напряжением</p> <p style="text-align: right;">Науменко Александр Николаевич (ООО «Газпром трансгаз Югорск»)</p>
14.10–14.30	<p>Автоматизированный контроль качества изоляционных работ и послеремонтная вихретоковая дефектоскопия как средство снижения риска аварий по причине КРН</p> <p style="text-align: right;">Рыбалко Сергей Валерьевич (ООО «НПП «Нефтегаздиагностика»)</p>

14.30–14.50	<p>Повышение эффективности диагностики газотранспортной системы посредством применения методов электропотенциального и вихретокового контроля</p> <p>Новокшонова Ольга Дмитриевна (ООО «НПП «Машпроект»)</p>
14.50–15.10	<p>Обеспечение безопасной эксплуатации магистральных газопроводов в условиях стресс-коррозионной повреждаемости</p> <p>Савеня Сергей Николаевич (ЧПОУ «Газпром колледж Волгоград»)</p>
15.10–15.30	<p>Отводы холодного гнущья и дефекты на них. Проблемы выявления и оценки</p> <p>Кадылкин Михаил Анатольевич (ООО «Газпром трансгаз Казань»)</p>
15.30–15.50	<p>Автоматизирование процесса составления коррозионной карты</p> <p>Десятков Алексей Юрьевич, (ООО «Газпром трансгаз Чайковский»)</p>
15.50–16.10	<p>Результаты исследования акустико-эмиссионных параметров стеклопластиковых трубопроводов для разработки методики диагностирования</p> <p>Медведев Кирилл Алексеевич (ООО «Научно-технический центр «ЭгидА»)</p>
16.10–16.30	<p>Обнаружение и контроль стресс-коррозионных трещин с помощью вихретоковых матриц</p> <p>Панков Владимир Вячеславович (ООО "Олимпас Москва")</p>
16.30–16.50	<p>Повышение стабильности работы термоэлектрических генераторов катодной защиты газопроводов</p> <p>Коржув Михаил Александрович (ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН)</p>
16.50–17.20	<p>Обсуждение в формате круглого стола на тему «Техническое диагностирование МГ, подверженных КРН», формирование предложений для протокола</p>

18 декабря 2020 г.

Продолжение работы семинара. Курсы повышения квалификации	
10.00–10.10	Подключение участников семинара
10.00–11.30	Лекция 1. Коррозионное растрескивание под напряжением магистральных газопроводов Ряховских Илья Викторович заместитель начальника Корпоративного научно-технического центра коррозионного мониторинга и защиты от коррозии ООО «Газпром ВНИИГАЗ» кандидат технических наук
11.30–12.00	Перерыв
12.00–13.00	Лекция 2. Диагностика коррозионного состояния объектов ЕСГ с применением методов неразрушающего контроля Каверин Александр Александрович начальник лаборатории предиктивного моделирования поврежденности линейно-протяженных и площадных объектов ЕСГ Корпоративного научно-технического центра коррозионного мониторинга и защиты от коррозии ООО «Газпром ВНИИГАЗ»
13.00–13.45	Лекция 3. Коррозия под отслоением защитного покрытия магистральных газопроводов: механизмы, закономерности и профилактика Кашковский Роман Владимирович ведущий научный сотрудник лаборатории физико-химического моделирования и профилактики коррозионно-механического разрушения объектов ЕСГ Корпоративного научно-технического центра коррозионного мониторинга и защиты от коррозии ООО «Газпром ВНИИГАЗ» кандидат химических наук
13.45–14.00	Подведение итогов семинара
ЗАКРЫТИЕ СЕМИНАРА	

В 2021 году запланирован специализированный выпуск научно-технического сборника «Вести газовой науки» (входит в перечень ВАК) по теме «**Повышение надежности магистральных газопроводов, подверженных коррозионному растрескиванию под напряжением**»



По итогам семинара лучшие доклады будут рекомендованы к публикации.

Срок предоставления материала

Статьи по тематике КРН следует направлять до конца апреля 2021 г. на официальный адрес семинара: SCC@vniigaz.gazprom.ru

Объем

Рекомендуемый объем печатной работы – 12 страниц (редактор MS Word, 1,5 интервал, 14 кегль), включая рисунки (не более 5), таблицы, библиографический список.

Более подробная информация доступна по ссылке:

<http://vesti-gas.ru/ru/avtoram/trebovaniya-k-statyam>

С работами прошлых лет вы можете ознакомиться по ссылкам:

<http://vesti-gas.ru/ru/content/glavnaya/no-3-27-2016-povyshenie-nadezhnosti-magistralnyh-gazoprovodov-podverzhennyh>

<http://vesti-gas.ru/ru/content/home/no-3-40-2019-povyshenie-nadezhnosti-magistralnyh-gazoprovodov-podverzhennyh>

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Коррозионное растрескивание под напряжением магистральных газопроводов. Задачи и перспективы решения

Ряховских И.В.

ООО «Газпром ВНИИГАЗ»
I_Ryakhovskikh@vniigaz.gazprom.ru

Важным элементом энергетической безопасности России является крупнейшая в мире газотранспортная система ПАО «Газпром» (ГТС), протяженность которой на территории страны составляет более 170 тыс. км. Около 80 % магистральных газопроводов (МГ) большого диаметра в составе ГТС эксплуатируется за пределами нормативного срока службы защитных покрытий. В местах отслоения защитных покрытий при доступе коррозионной среды к поверхности труб происходит образование и развитие эксплуатационных повреждений, часть которых имеют природу коррозионного растрескивания под напряжением (КРН) и впоследствии становятся основной причиной аварий МГ.

Доклад представляет собой современный панорамный взгляд на повышение эффективности эксплуатации и обеспечения целостности МГ в условиях риска КРН. Изложены проблемные вопросы совершенствования диагностических комплексов, связанные с противоречием между требованиями нормативных документов по ремонту и реальной практикой эксплуатации МГ, подверженных КРН.

На базе современных представлений о кинетике КРН трубопроводов в околонеutralных электролитах представлена концепция формирования сбалансированных требований к техническому диагностированию и ремонту МГ на основе оценки их ресурса, которая поэтапно внедряется в Систему управления техническим состоянием и целостностью ГТС.

Представлены планы развития корпоративного экспериментального комплекса ПАО «Газпром» для оценки ресурса труб с дефектами КРН и испытания ремонтных конструкций. Показаны перспективные направления инновационного развития технологий, материалов и оборудования для ремонта и технического диагностирования МГ. Освещены перспективы предиктивного моделирования процесса стресс-коррозии и его программной реализации применительно к задачам эксплуатации и ремонта МГ.

Коррозионное растрескивание металла труб на магистральных газопроводах: ретроспектива и новые задачи

Арабей А.Б.

ООО «Газпром ВНИИГАЗ»
A_Arabey@vniigaz.gazprom.ru

Проблема коррозионного растрескивания металла труб (КРН, стресс-коррозия) магистральных газопроводов (МГ) остается одним из главных факторов риска аварийных разрушений подземных трубопроводов МГ, составляя не менее 50 % от общего числа причин аварий, доходя в некоторые годы до 70–80 %.

Результаты проведенных ВНИИГАЗом работ позволили уже в первом десятилетии 2000-х гг. обеспечить уровень плотности потока отказов на МГ, определяемый мировым сообществом как *низкий*, – не более 0,2 аварии/1000 км в год. Несмотря на постоянное расширение ареала МГ, пораженных КРН, этот уровень остается постоянным благодаря внедрению новых, все более эффективных мер, основанных на углубленных знаниях о природе КРН.

Изначальной причиной КРН на МГ стало ошибочное техническое решение организаторов-создателей газотранспортных сетей в Северной Америке (США, Канада), а впоследствии перенятое в СССР, – защищать трубопроводы от коррозии липкими полимерными лентами путем механизированного нанесения их в трассовых условиях.

Так в составе магистральных газопроводов «Газпрома» (176 тыс. км) не менее 100 тыс. км имеют такое изоляционное покрытие.

Потеря изолирующих свойств и деградация покрытий из липких полимерных лент через 10–15 лет эксплуатации привела к контакту оголенного металла с грунтовым электролитом, чем включила механизм стресс-коррозии, который стал явлением мирового масштаба, проблемой для всех ведущих газотранспортных компаний мира: в Северной и Южной Америке, Австралии, Европе.

Стресс-коррозионные повреждения в виде отдельных, а чаще множественных колоний трещин развиваются достаточно долго – от 15 до 25–30 лет. Консолидация колонии в магистральную трещину происходит медленно, а аварийное разрушение наступает неожиданно.

Накопленные данные позволяют говорить о локальном анодном растворении на несовершенствах поверхности металла труб и сварных стыков как о причине зарождения множественных микродефектов. В дальнейшем они развиваются в стресс-коррозионные трещины вдоль оси трубопровода поперек направления вектора главных растягивающих напряжений. В редких случаях повышенных изгибающих или комбинированных нагрузок на трубопровод наблюдаются трещины поперек оси трубопровода.

Главной профилактической мерой является своевременное обнаружение и устранение опасных стресс-коррозионных повреждений. Пока, основываясь на достигнутом в предыдущий период уровне знаний, все трубы, где дефектоскопия показала наличие трещин, вне зависимости от глу-

бины заменяются на новые. Основные затраты при ремонте таких участков приходится на покупку новых труб.

Во ВНИИГАЗе научно обосновали возможность оставлять в эксплуатации трубы с глубиной трещин менее 0,10 толщины стенки, доля которых составляет до 50 % от длины ремонтируемого участка, при условии переизоляции таких труб специальным покрытием с ингибитором КРН. Внедрение данной технологии позволит снизить затраты на закупку новых труб, увеличить протяженность ежегодно ремонтируемых участков газопроводов.

В обозримом будущем предстоит все более широкое распространение водородных технологий в энергетике. Европа планирует постепенный переход на безуглеродную экономику к 2050 г., что потребует использования действующих трубопроводных систем для магистрального транспорта метано-водородных, в последующем водородно-метановых смесей и, возможно, чистого водорода.

В связи с этим практически значимой становится задача оценки водородной деградации металла труб действующих газопроводов как фактора риска усугубления накопленных системой стресс-коррозионных повреждений.

Установление нормативных требований к проектированию, строительству и реконструкции магистральных газопроводов на участках потенциального возникновения дефектов КРН

Васильев Г.Г., Леонович И.А.

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
srgnp@gubkin.ru

Коррозионное растрескивание под напряжением (КРН) за последние 20 лет стало одной из основных причин возникновения аварий и отказов на объектах магистрального трубопроводного транспорта газа. Количество выявляемых и ремонтируемых дефектов КРН ежегодно возрастает, в отдельных эксплуатационных дочерних обществах диагностика и ремонт таких дефектов становится главной задачей системы поддержания эксплуатационной надежности трубопроводов.

В сложившейся ситуации актуальной задачей является установление особых требований к проектированию, сооружению и реконструкции участков трубопроводов, расположенных на территории, способствующей возникновению и развитию дефектов КРН. Для таких участков могут быть установлены как комплексные, так и отдельные требования по группам факторов, влияющих на дефекты КРН: внешняя среда, механические напряжения в металле стенки трубы, противокоррозионная изоляция трубопровода, металлургические характеристики металла.

Существующий механизм установления обязательных требований к процессам проектирования, строительства и реконструкции опирается на требования Технического регламента о безопасности зданий и сооружений, который позволяет посредством ссылки на требования сводов правил и национальных стандартов устанавливать отдельные требования к видам безопасности, включая механическую безопасность объекта капитального строительства.

Предотвращение развития коррозионно-механического разрушения при проведении работ по переизоляции ЛЧ МГ

Терентьева М.В., Семиткина Е.В.

Ухтинский государственный технический университет
marina_tufyakova@mail.ru,
ekaterina-semitkina@mail.ru

При производстве работ в трассовых условиях процесс замены изоляционного покрытия осуществляется механическим способом при помощи специализированных машин, образующих изоляционную колонну.

Одной из ключевых операций при проведении переизоляции в трассовых условиях является очистка дефектного изоляционного покрытия, качество которой будет определять ресурс новой изоляции и трубопровода в целом.

Наиболее применяемым на сегодняшний день остается комплекс машин, основанный на механическом способе очистки самоходными конструкциями при помощи скребков и щеток. Но как показывает практика, данные конструкции довольно громоздкие для использования в трассовых условиях, требуют значительного количества расходных материалов, не обеспечивают высокого качества очистки, повреждают поверхность трубы, кроме того, происходит загрязнение окружающей среды отходами очистки.

Современным и быстроразвивающимся способом обработки металлов является лазерная очистка металла от изоляции, основанная на использовании коротких лазерных импульсов, которые направляются на очищаемую поверхность, испаряя при этом изоляцию и одновременно прогревая поверхность.

При проведении работ с помощью лазерного комплекса отпадает необходимость в приобретении двух очистных машин и одной подогревающей машины в рамках одной колонны. Обработываемый материал не разрушается в процессе лазерного воздействия, обеспечивается более высокая степень очистки по сравнению с аналогами, низкая эксплуатационная стоимость и экологичность.

Применение методов машинного обучения для выявления аномалий, в том числе КРН, полученных с использованием магнитных снарядов-дефектоскопов и ультразвуковых автоматизированных диагностических комплексов

Яруллин А.А.¹, Загидуллин Б.А.¹, Нагматуллин Т.Р.¹, Мирсаитов Ф.Н.¹, Садыков Р.З.¹, Романов А.А.¹, Ряховских И.В.², Каверин А.А.²

¹АНО ВО «Университет Иннополис»

²ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

f.mirsaitov@innopolis.ru

Представлены результаты применения алгоритмов машинного обучения при анализе проведенного внутритрубного диагностирования магнитными снарядами-дефектоскопами и ультразвуковыми автоматизированными диагностическими комплексами.

Показаны подходы к формированию и проверке метрик качества сверхточной нейросетевой модели по распознаванию и определению геометрических размеров аномалий. В подтверждение справедливости применения данных метрик приводятся примеры распознавания на основе трассовых данных.

В докладе рассмотрены значимые признаки при решении задачи распознавания, соображения по целесообразности объединения групп дефектов, а также их классификации для возможности применения машинных алгоритмов. Рассмотрены решения проблемы несбалансированной выборки и обучения сверхточной нейросетевой модели на «зашумленной разметке». С целью оптимального обучения машинных алгоритмов даны предложения по подходу к разметке аномальных областей исходя из результатов анализа множества дефектограмм.

Таким образом, доказана работоспособность и применимость машинных алгоритмов при решении задачи идентификации, локализации, определения геометрических размеров аномальных областей на данных внутритрубного диагностирования магнитными снарядами-дефектоскопами и ультразвуковыми автоматизированными диагностическими комплексами, а также преимущество в скорости обработки.

Применение математических автоматизированных алгоритмов для решения задач прогноза поврежденности труб дефектами коррозионного растрескивания под напряжением и кинетики их развития

*Малеева М.А.¹, Маршаков А.И.¹, Игнатенко В.Э.¹,
Богданов Р.И.², Ряховских И.В.²*

¹Институт физической химии и электрохимии РАН

²ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

marina.maleeva@gmail.com

Задача эффективной и безопасной эксплуатации магистральных газопроводов (МГ) является одной из приоритетных, в то же время значительное влияние на работоспособность МГ оказывает образование и развитие эксплуатационных дефектов, наиболее опасными из которых являются трещины коррозионного растрескивания под напряжением (КРН) на внешней стенке трубопровода. Поэтому актуальным является прогнозирование поврежденности труб такими дефектами, а также скоростей их развития.

В докладе обоснован выбор и проведена алгоритмизация оптимальной методики прогнозирования развития различных видов эксплуатационных дефектов, а именно дефектов коррозии, трещин КРН и усталости на базе физико-химических моделей их развития с учетом данных эксплуатационной документации и технологических параметров МГ, результатов комплексных коррозионных обследований, в том числе агрессивности грунта в отношении КРН и коррозии, результатов анализа отечественных и зарубежных нормативных документов и стандартов. Создан программный комплекс на языке Python, позволяющий в оперативном режиме проводить расчет и визуализировать полученные данные, что позволит упростить работу инженеров при выборе оптимальной стратегии защиты трубопроводов.

На МГ также регулярно проводятся обследования с помощью внутритрубных инспекционных приборов (ВИП) для выявления различного рода дефектов с целью контроля технического состояния газопроводов и прогноза объемов замены труб при проведении их капитального ремонта (КР). При этом точность прогноза на основе данных ВИП не всегда удовлетворительна. В частности, с недостаточной точностью выявляются дефекты КРН глубиной менее 20 % от толщины стенки трубы.

Для улучшения результатов прогноза протяженности замены труб при КР в том числе подверженных КРН были автоматизированы и апробированы – прогноз по «модели ВТД» с использованием только данных ВИП и прогноз по «модели газопровод – аналог» с использованием данных ВИП, корреляционных зависимостей влияния шести основных факторов на КРН, а также результатов дополнительных шурфов. Проведено имитационное статистическо-вероятностное моделирование прогноза поврежденности участков МГ с использованием указанных моделей, рассчитана точность прогноза для каждой модели. Предложено уравнение расчета оптималь-

ного количества дополнительных шурфовок для уточнения модельного прогноза. Показано, что количество шурфовок определяется протяженностью исследуемого участка и предположительной оценкой доли труб с искомыми дефектами.

Список литературы

1. DIN 50929 part 3. Probability of corrosion of metallic materials when subject to corrosion from the outside. Buried and underwater pipelines and structural components.

2. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – 12-е изд. – М.: Юрайт, 2015. – 479 с.

3. Thompson S.K. Sampling / S.K. Thompson. – 3rd ed. – Wiley, 2012. – 445 p.

Прогнозирование возникновения дефектов КРН линейной части МГ на основе результатов технического диагностирования

Качура Н.А., Аронов С.Я., Щепкина Т.Д.

ООО «Газпром трансгаз Сургут»
KachurANA@surgut.gazprom.ru

Коррозионное растрескивание под напряжением (КРН) линейной части магистральных газопроводов (ЛЧ МГ) является одной из главных причин их разрушения. В связи с приоритетностью обеспечения и управления промышленной безопасностью опасных производственных объектов существует необходимость периодического диагностического обследования МГ. Определение опасных стресс-коррозионных участков, способных повлиять на безопасную эксплуатацию трубопровода, является одним из наиболее значимых факторов определения необходимости технического диагностирования и капитального ремонта ЛЧ МГ.

В докладе рассматривается способ автоматизации процесса определения участков ЛЧ МГ с наибольшей вероятностью возникновения КРН. Определение срока проведения очередного технического диагностирования участка ЛЧ МГ производится на основе совокупной оценки рассматриваемых участков и определения удельной ожидаемой частоты возникновения аварий. Балльная оценка суммирует наиболее значимые факторы, влияющие на вероятность нарушения целостности трубопровода по результатам анализа данных последнего технического диагностирования: полевых обследований, внутритрубной дефектоскопии (ВТД), технического диагностирования в шурфах, оценки работоспособности, а также данных ведомостей устранения дефектов в рамках капитального ремонта.

Сравнение данных по результатам ВТД и натурного обследования в шурфах при капитальном ремонте на участках МГ выявило низкую чувствительность датчиковой системы магнитных дефектоскопов, используемых при ВТД, в отношении выявления трещиноподобных дефектов. Из этого следует вывод, что результаты ВТД не могут выступать объективным источником данных для статистической обработки стресс-коррозионных дефектов. Согласно результатам исследований последних десятилетий, значимыми факторами, обуславливающими возникновение КРН на ЛЧ МГ, являются технология и качество изготовления труб, наличие водотоков на трассе ЛЧ МГ и повышенный уровень грунтовых вод, состояние изоляционного покрытия, повышенная температура трубы (близость к компрессорной станции), коррозионная активность грунта. Таким образом, балльная оценка стресс-коррозии определяется комбинированным действием растягивающих напряжений в стенке трубы и агрессивных условий внешней и внутренней (по отношению к трубе) сред по результатам комплексного технического диагностирования.

При накоплении достаточного количества статистических данных по результатам обследований (таких как ВТД, наземное обследование, неразрушающий контроль при капитальном ремонте и других диагностических работ) возможно повышение достоверности определения участков ЛЧ МГ с КРН за счет применения технологии нейросетевого моделирования. Использование таких технологий позволит ранжировать участки ЛЧ МГ по категории вероятности возникновения КРН. Точность прогнозирования повышается с учетом уточнения и расширения количества факторов, провоцирующих процесс КРН, и постоянным аккумулированием и анализом данных по результатам технического диагностирования.

Стабилизация трещин КРН за счет послойной неоднородности кристаллографической текстуры и остаточных напряжений в стальных трубах магистральных газопроводов

Перлович Ю.А.¹, Исаенкова М.Г.¹, Крымская О.А.¹, Морозов Н.С.¹,
Минушкин Р.А.¹, Ряховских И.В.²

¹НИЯУ «МИФИ»

²ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

OAKrymskaya@mephi.ru

В работе продемонстрировано влияние неоднородности количественных текстурных и структурных параметров по толщине стенки труб из стали категории прочности X70 на их склонность к КРН. Исследованы кристаллографическая текстура, структура и остаточные напряжения основного материала труб после длительной эксплуатации в составе магистральных газопроводов (МГ), а также различных зон технологических сварных швов. Выявлены механизмы снижения скорости развития трещин КРН при достижении слоя, в пределах которого текстурные параметры значительно изменяются. На основе анализа полученных данных выработаны критерии классификации труб: при значениях степени выраженности текстуры на внешней поверхности трубы выше 3 большинство трещин с высокой степенью вероятности (90 %) не развивается глубже 15 % от толщины стенки трубы. На основе экспериментальных данных продемонстрировано, что характер распределения остаточных макронапряжений по толщине стенки различных труб практически идентичен: растягивающая на внешней поверхности тангенциальная составляющая линейно снижается практически до нулевых значений в районе 20 % от толщины стенки.

По полученным результатам предложены рекомендации по учету количественных текстурных и структурных параметров, а также остаточных макронапряжений при оценке скоростей развития трещин КРН и их стабилизации.

Влияние неравномерности распределения остаточных и эксплуатационных механических напряжений в трубах магистральных газопроводов на возникновение дефектов КРН

Поголяев С.И.

ООО «Газпром трансгаз Ухта»
spoguliaev@sgp.gazprom.ru

Трубы большого диаметра, применяемые при сооружении магистральных газопроводов, выполнены методом формовки из листовой стали. При операциях гибки листов и последующей их сварки неизбежно образуются зоны остаточных напряжений, которые по периметру труб распределены неравномерно. Кроме того, сам профиль такой трубы отличается от идеальной окружности с вариацией локального радиуса кривизны в большую или меньшую сторону вблизи среднего значения, равного номинальному. Такое непостоянство локального радиуса кривизны позволяет описать трубу как многоугольник со сглаженными углами. В различных зонах неидеального профиля трубы от внутреннего давления трубы возникают отличающиеся по уровню кольцевые напряжения. Неравномерность распределения остаточных и эксплуатационных напряжений в совокупности могут как ускорять, так и замедлять процесс возникновения и развития дефектов коррозионного растрескивания под напряжением (КРН).

Вышеизложенное подтверждается измерениями локального радиуса кривизны по периметру до и после разрезки колец, вырезанных из труб магистральных газопроводов. Кроме того, результаты электротензометрии во время гидравлических испытаний труб также показали различный уровень упругих деформаций в местах установки датчиков в зонах, отличающихся кривизной профиля. Для оценки влияния неравномерности распределения остаточных и эксплуатационных напряжений на возникновение и рост трещин КРН был выполнен анализ распределения зон трещиноподобных дефектов по данным внутритрубного обследования и диагностики в шурфах с использованием наружных сканеров-дефектоскопов. Результаты анализа по одношовным и двухшовным трубам выявили зоны, вероятность наличия КРН в которых высока, эти зоны располагаются как вблизи продольного сварного шва в области подгибки кромок, так и на некотором удалении от него.

Практическая значимость выполненного анализа заключается в установлении потенциально опасных мест расположения дефектов КРН на поверхности труб с целью оптимизации диагностических работ. К тому же уточнение уровня напряженного состояния в этих зонах позволит провести достоверную экспертную оценку несущей способности трубы с дефектами КРН.

Стресс-коррозия на линейной части магистральных газопроводов. Проблемные вопросы

Закирьянов М.В., Гильмутдинов Д.В.

ООО «Газпром трансгаз Уфа»
itc-mzakiryarov@ufa-tr.gazprom.ru

ООО «Газпром трансгаз Уфа» эксплуатирует более 4700 км магистральных газопроводов и газопроводов-отводов, из них 1630 км газопроводов диаметром 1020–1420 мм. Большинство газопроводов большого диаметра эксплуатируется с возрастом более 30 лет с пленочным изоляционным покрытием трассового нанесения, срок службы которого составляет в среднем 8–12 лет.

В докладе приводятся данные проведенных внутритрубных и шурфовых обследований за 2019–2020 гг. на газопроводах DN1220–1420 мм и отмечается, что наибольшее число дефектов КРН было идентифицировано на трубах, при изготовлении которых формируется высокий уровень остаточных напряжений, в частности, на трубах спиралешовной и двухшовной конструкции.

В целом, для эффективного решения вопросов, связанных с актуальной отраслевой проблемой образования и развития дефектов КРН, а также повышения надежности газопроводов считаем необходимым:

- 1) повысить точность идентификации выявляемых при ВТД дефектов и их параметров для оптимизации затрат на эксплуатацию, а также обоснованного выбора методов ремонта дефектных участков газопроводов;
- 2) выполнить доработку нормативных документов в части оценки прочности труб с трещинами поперечного направления (в развитие СТО Газпром 2-2.3-173-2007);
- 3) разработать рекомендации для прогнозной (на 5–10 лет вперед) оценки технического состояния участков газопроводов, подверженных КРН.

Опыт принятия проектных решений по предотвращению КРН

Беляков А.А.

Нижегородский филиал ООО «Газпром проектирование»
abelyakov@gazpromproject.ru

Обеспечение безопасности магистрального газопровода является приоритетной задачей для всех дочерних обществ ПАО «Газпром», в том числе его проектных организаций.

Одной из основных причин возникновения аварийных ситуаций на магистральных газопроводах (МГ), наряду с браком выполнения строительно-монтажных работ, является коррозионное растрескивание под напряжением (КРН).

Несмотря на имеющиеся вопросы к природе данного явления, оно представляет собой коррозионно-механическое разрушение наружной поверхности труб МГ вследствие длительного воздействия на металл грунтовых вод, обладающих специфическими коррозионными свойствами, а также воздействия растягивающих внешних нагрузок, обусловленных давлением газа и воздействия внутренних нагрузок, созданных в процессе изготовления и эксплуатации труб.

На основании анализа проведенных исследований можно сделать вывод, что для участков, предрасположенных к КРН, характерно:

- их приуроченность к отрицательным формам рельефа (понижения, западины, эрозионные врезы овражно-балочной и гидрографической сети);
- преобладание в геологическом разрезе в интервале глубины заложения газопровода связных (суглинки, глины) грунтов, которые характеризуются очень высокой влагоемкостью при слабой водоотдаче;
- переменное смачивание уложенного газопровода при сезонном колебании уровня грунтовых вод.

Задачей проектировщика является минимизация воздействия данного явления на газопровод путем разработки комплекса мероприятий и технических решений в соответствии с требованиями нормативных документов, а также исходя из опыта проектирования, анализа выявления стресс-коррозионных дефектов и др.

Стресс-коррозионные дефекты в ОАО «Газпром трансгаз Беларусь». Первый опыт

Мажуга Е.Г., Гриб С.В.

ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»
y.mazhuha@btg.by

В 2020 г. в ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» впервые обнаружены дефекты, имеющие стресс-коррозионное происхождение (КРН). На линейной части магистральных газопроводов КРН выявлено по результатам плановой внутритрубной диагностики на выходном шлейфе и участке между охранными кранами № 320 и № 321 компрессорной станции.

По итогам анализа результатов локального обследования и лабораторных исследований темплетов труб с КРН выявлены следующие закономерности:

- максимальная концентрация и глубина трещин фиксируется на термоупрочненных спиралешовных трубах класса прочности К60;
- трещины преимущественно расположены в опорной части газопровода, в том числе на двухшовных трубах вдоль продольного шва;
- отмечено значительное количество труб, на которых трещины пересекают заводские спиральные швы либо расположены в зоне термического влияния кольцевого сварного шва;
- КРН зафиксировано на трубах со слабой адгезией защитного покрытия, в местах наличия гофр и складок;
- трубы с дефектами КРН расположены преимущественно в лесных массивах с глинистыми грунтами;
- наиболее подверженными КРН оказались участки магистральных газопроводов через 10–15 км после компрессорных станций.

Оценка влияния внутритрубных расслоений на работоспособность газопроводных труб

Кантюков Р.Р.¹, Ряховских И.В.¹, Кашковский Р.В.¹, Лопаткин В.А.¹,
Игошин Р.В.², Султангареев Р.Х.³, Соколов С.И.⁴

¹ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

²ПАО «Газпром»

³ООО «Газпром трансгаз Казань»

⁴ООО «Газпром трансгаз Чайковский»

R_Kashkovskiy@vniigaz.gazprom.ru

Влияние внутритрубных расслоений на работоспособность труб, эксплуатирувавшихся более 45 лет в составе действующего магистрального газопровода (МГ), исследована в рамках настоящей работы. Рассматриваемый газопровод сооружен в 1971 г. из импортных труб классов прочности X53 и X56. Расслоения внутритрубных стенок были впервые обнаружены в конце 1980-х гг., к настоящему времени количество обнаруженных труб с расслоениями не превышает 1 % от общего числа труб МГ.

Лабораторные исследования трубной стали показали, что ее химический состав и стандартные механические свойства соответствуют нормируемым значениям. Отмечено повышенное, но допустимое для труб диаметром 1020 мм содержание неметаллических включений в стали.

На основе анализа режимов транспорта газа по газопроводу за период 2009–2019 гг. сформирована модель его эксплуатации, включающая поочередно повторяющиеся сочетания амплитудных и пульсационных циклов нагружения. С целью оценки работоспособности труб был сооружен исследовательский стенд, содержащий трубные фрагменты с протяженными зонами внутритрубных расслоений. Стенд подвергали циклическим испытаниям внутренним давлением, моделирующим 20 лет эксплуатации данного газопровода согласно рассчитанной модели нагружения [1].

По итогам проведенного комплекса исследований определены критерии выборочного ремонта труб на исследуемом участке МГ, а также даны рекомендации по оптимизации методики технического диагностирования МГ и способах повышения выявляемости расслоений средствами внутритрубной диагностики [2].

Список литературы

1. Кантюков Р.Р. Оценка работоспособности труб с внутритрубными расслоениями / Р.Р. Кантюков и др. // Безопасность труда в промышленности. – 2020. – № 9. – С. 63–70.

2. Kantyukov R.R. The impact of internal stratifications on the performance of oil and gas pipes / R.R. Kantyukov, I.V. Ryakhovskikh, R.V.Kashkovskiy // Engineering Failure Analysis. – 2021. – Vol. 120C. – p. 105091. – doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.105091/

Обеспечение надежности магистральных газопроводов в условиях стресс-коррозионной повреждаемости

Лабынцев В.В.¹, Савеня С.Н.²

¹ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург»

²ЧПОУ «Газпром колледж Волгоград» ПАО «Газпром»

vitaliy.labyntsev@mail.ru

В докладе рассматриваются проблемы обеспечения надежности магистральных газопроводов (МГ) Единой системы газоснабжения в условиях стресс-коррозионной повреждаемости.

В настоящий момент потери газа и материальный ущерб при авариях по причине стресс-коррозии превосходят таковые от аварий по всем остальным причинам.

Важным фактором развития процессов стресс-коррозии являются уровень растягивающих напряжений в трубопроводных конструкциях и агрессивность почвогрунтов в околотрубном пространстве, воздействующих на дефектную структуру трубных сталей. Стресс-коррозия проявляется в виде колоний трещин, развитие которых приводит к протяженным разрывам.

Соответственно, применяемые методы оценки и предупреждения стресс-коррозионной повреждаемости трубопроводов должны быть, прежде всего, направлены на выявление специфических для данного вида разрушений факторов, включая влияние напряжений и микробиологическую активность.

Изложенные в докладе доводы, факты и обоснования на основе практических исследований авторов позволяют констатировать следующее:

- проблема стресс-коррозии на действующих МГ относится, прежде всего, к числу проблем коррозионно-механического разрушения сталей и сплавов и должна решаться с учетом закономерностей протекания процессов деградации и разрушения конструкционных материалов, работающих в условиях переменного нагружения и воздействия агрессивных сред;
- авторами предлагается на основе применения обобщающих коэффициентов, характеризующих суммарное воздействие основных негативных факторов (напряженно-деформированного состояния, коррозионной агрессивности грунта и состояния изоляционного покрытия), обеспечить выделение потенциально опасных участков газопровода, наиболее подверженных стресс-коррозии;
- работы по профилактике стресс-коррозионного разрушения следует включить в обязательный комплекс изысканий для проектных институтов при выборе трассы прохождения новых газопроводов.

Влияние циклической нагрузки на развитие ранее образованных коррозионно-механических трещин в малоуглеродистой стали X70

Ряховских И.В.¹, Богданов Р.И.¹, Исаенкова М.Г.², Жедулов С.А.¹

¹ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

²НИЯУ МИФИ

S_Zhedulov@vniigaz.gazprom.ru

Проблема коррозионного растрескивания под напряжением (КРН) является актуальной для широкого спектра конструкционных материалов, эксплуатируемых в условиях воздействия растягивающих напряжений и коррозионно-активной среды. Наибольшее распространение на территории РФ данный процесс получил на крупнейшей в мире газотранспортной системе (ГТС) ПАО «Газпром».

Большая часть магистральных газопроводов (МГ) в составе ГТС эксплуатируется за пределами нормативного срока службы защитных покрытий. В результате этого при доступе коррозионной среды к металлу труб происходит образование и развитие трещиноподобных повреждений, образованных по механизму КРН.

Данная работа посвящена установлению закономерностей влияния циклической нагрузки на развитие трещин в трубах, изготовленных из малоуглеродистой стали X70, в процессе длительной эксплуатации в составе МГ.

В ходе работы было разработано и изготовлено приспособление для проведения испытаний на модельных образцах металла труб. Представлены результаты циклических испытаний стальных образцов с естественными трещинами КРН и искусственными дефектами (пропил) различной глубины. Естественные трещины глубиной до 34 % толщины стенки трубы начинали развиваться при напряжении 484 МПа после 11750 циклов. При глубине дефекта 50 % толщины стенки трубы его развитие наблюдается уже после 3600 циклов и при нагрузке 396 МПа. Все естественные трещины КРН росли равномерно без хрупкого разрушения материала по направлению, перпендикулярном оси трубы. Образование трещин из искусственного пропила глубиной от 40 % толщины стенки трубы начинается после 3500 циклов и при нагрузке равной 484 МПа, что в 1,5 раза больше проектных нагрузок.

Также установлено внешнее отличие в развитии трещин КРН и искусственных. Дефекты КРН имеют тенденцию к ветвлению в отличие от естественных трещин.

Исследована микроструктура, текстура, а также поверхность излома образцов. Выявленные закономерности влияния циклической нагрузки на развитие ранее образованных трещин КРН могут быть использованы при разработке многостадийной кинетической модели образования и развития КРН в условиях эксплуатации МГ.

Исследование возможности оценки размеров стресс-коррозионных дефектов методами неразрушающего контроля. Подходы к категорированию труб с дефектами в трассовых условиях

*Каверин А.А.¹, Липовик А.В.¹, Ряховских И.В.¹,
Селиванов А.А.², Сахон А.В.²*

¹ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

²ПАО «Газпром»

A_Kaverin@vniigaz.gazprom.ru

Общий износ магистральных газопроводов (МГ) выдвигает перед газовыми компаниями на первый план задачи планирования и рационального распределения финансовых средств на их техническое диагностирование и ремонт. Особенно востребованы разработки малозатратных технологий ремонта газопроводов с дефектами коррозионного растрескивания под напряжением (КРН), при применении которых важнейшим аспектом является классификация дефектов по степени опасности на основании результатов приборного контроля труб. Данные технологии ремонта труб требуют решения задач по точной локализации наиболее глубоких трещин и достоверной оценки их размеров в колониях трещин КРН методами неразрушающего контроля (НК) в трассовых условиях.

Представлены основные результаты исследовательских испытаний приборов НК применительно к задаче оценки размеров колоний стресс-коррозионных трещин на поверхности труб, эксплуатируемых в составе МГ и отличных по типоразмеру, свойствам и химическому составу. Приведены установленные закономерности между показаниями приборов, реализующих ультразвуковые, вихретоковые, электропотенциальные методы НК, и фактическими размерами трещин. Достоверность результатов исследований и выводов подтверждена стандартизированными методами оптической электронной микроскопии и рентгеновской томографии при верификации размеров трещин в местах максимальных показаний приборов.

Представлены практические рекомендации по применению приборов НК для оценки глубин стресс-коррозионных трещин и возможности данного подхода к задаче категорирования и отбраковки труб МГ.

Перспективы применения систем мониторинга технического состояния для оптимизации критериев оценки трещиноподобных дефектов газопроводов

Никулина Д.П.¹, Ляпичев Д.М.^{1,2}

¹РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

²ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

nikulina.d@gubkin.ru

Влияние сложного напряженно-деформированного состояния (НДС) металла труб на зарождение и развитие дефектов газопроводов, в том числе дефектов коррозионного растрескивания под напряжением (КРН), достаточно хорошо изучено, вместе с тем при оценке работоспособности труб с дефектами применяются консервативные критерии, полученные для наихудшего сочетания нагрузок и воздействий на дефектный участок газопровода.

Современный уровень развития технологий мониторинга позволяет выполнять оценку НДС металла труб и соединительных деталей газопроводов с высокой точностью, а также фиксировать историю его изменения в процессе эксплуатации. Объем и полнота данных, получаемых при длительном непрерывном мониторинге, позволяют применить для оценки работоспособности труб с дефектами современные методы механики разрушения и перейти к использованию критериев оценки, зависящих не только от геометрических размеров дефектов, но и от фактического НДС газопроводов, а также истории его изменения.

Кроме того, внедрение средств непрерывного мониторинга позволит оптимизировать технические требования к диагностическому оборудованию, в частности, к минимальному размеру выявляемых дефектов для газопроводов с различным НДС. Также применение такого подхода оптимизирует затраты на обслуживание и ремонт газопроводов, во многом определяющие себестоимость транспорта газа.

Внедрение и функционирование системы идентификации дефектов коррозионного растрескивания под напряжением в ООО «Газпром трансгаз Москва»

Егудкин Д.В.

ООО «Газпром трансгаз Москва»
d.egudkin@gtm.gazprom.ru

Основания внедрения системы идентификации дефектов коррозионного растрескивания под напряжением (далее – системы).

Концепция функционирования системы.

Цели и задачи системы.

Бизнес-процесс системы.

Организационно-методологическое сопровождение функционирования системы.

Принципы обеспечения единых подходов к реализации основных мероприятий функционирования системы.

Промежуточные результаты.

Литература

Временная инструкция по планированию диагностических обследований и ремонта технологических трубопроводов компрессорных станций – Газпром ВНИИГАЗ, 2016.

Р Газпром (проект) «Магистральные газопроводы. Диагностическое обследование. Стресс-коррозионные дефекты труб. Методика оценки».

СТО Газпром 2-2.3-760-2013 «Инструкция по идентификации коррозионного растрескивания под напряжением металла труб как причины отказов магистральных газопроводов».

Оптимизация методики диагностирования и оценки технического состояния газопроводов, подверженных коррозионному растрескиванию под напряжением

Присяжный А.Ю., Киценко П.Л., Гуляев С.А.

ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»
lab-kmp-dkrn@inbox.ru

Коррозионное растрескивание под напряжением (КРН) является одной из главных причин возникновения аварий на газопроводах. СТО Газпром 2-2.3-173-2007, регламентирующий обследования газопроводов, подверженных КРН, не позволяет с достаточной степенью достоверности выявить границы участков, поврежденных КРН, и выполнить их ранжирование, в результате этого информация о техническом состоянии газопроводов, подверженных КРН, трактуется неверно.

Проведение анализа и обобщение факторов, способствующих развитию КРН, позволило разработать модель «ситуации КРН» (далее – модель), при которой возможно появление и последующие развитие стресс-коррозионных дефектов. Модель основана на совпадении системообразующих факторов КРН. Основываясь на модели, предложен методологический подход по выделению потенциально опасных стресс-коррозионных участков. Помимо этого были пересмотрены ранжировочные факторы, представленные в СТО Газпром 2-2.3-173-2007, с целью получения более достоверных показателей факторов риска стресс-коррозии.

Предложенный методологический подход позволяет более точно выделять и ранжировать участки, поврежденные КРН.

Литература

СТО Газпром 2-2.3-173-2007.
СТО Газпром 2-2.3-760-2013.
СТО Газпром 2-2.3-412-2010.

Возможности выявления стресс-коррозионных дефектов под напряжением на магистральных газопроводах, условия их развития

Комаров Д.В.^{1,2}, Антипов С.В.¹

¹ООО «Газпром трансгаз Самара»

²Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева
D.Komarov@samaratransgaz.gazprom.ru,
S.Antipov@samaratransgaz.gazprom.ru

В работе приведена статистика стресс-коррозионных дефектов под напряжением (КРН), выявленных на объектах ООО «Газпром трансгаз Самара». Рассмотрены диагностические возможности выявления указанных дефектов внутритрубными магнитными снарядами и методами НК в шурфах. На основании материалов отбраковки, полученных в ходе капитального ремонта на линейном участке магистрального газопровода (Ду1400, протяженность участка 25 км, срок эксплуатации на момент проведения ремонта 34 года), выполнен анализ факторов, влияющих на развитие дефектов КРН. Описана связь между геометрическими параметрами дефектов, позволяющая оценивать глубины трещин по внешним параметрам [1]. Проведены механические испытания образцов, содержащих трещины, циклическим нагружением [2], а также микрорентгеноспектральный анализ металла и продуктов коррозии.

Список литературы

1. Афанасьев А.В. Возможность оценки глубины стресс-коррозионных дефектов стенки труб линейной части магистральных газопроводов по внешним параметрам / А.В. Афанасьев, А.А. Мельников, Д.В. Савин, Д.В. Жуков, М.И. Васьков // Ползуновский Вестник. – 2018. – № 4. – С. 170–175.
2. Афанасьев А.В. Циклические испытания стресс-коррозионных трещин стальных газопроводных труб при отсутствии коррозионной среды / А.В. Афанасьев, А.А. Мельников, М.И. Васьков, Д.Н. Бельков // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2018. – № 8. – С. 589–595.

Разработка технологии по обнаружению коррозии на трубопроводах с помощью нейросетей

Брюханов М.А., Пичугин З.А., Цветков Н.В.

ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург»
TSNV97@yandex.ru

Помимо балльной системы оценки предрасположенности участка трубопровода к коррозии существует разработка компании АМТ, выполненная по заказу ВНИИГАЗа на основе данных участка Пунгинского ЛПУ МГ, принадлежащего ООО «Газпром трансгаз Югорск». Несмотря на попытку использования нейросетевого модерирования для решения проблемы и создания прототипа программного комплекса, данная разработка имеет ряд существенных недостатков, связанных с технологией и методами, положенными в основу.

Предлагаемое решение основывается на использовании современных методов моделирования. Предполагается опытный выбор наиболее подходящей архитектуры нейросети или метода машинного обучения, возможно также комбинирование различных методов. Предполагается создание программного комплекса, который объединит всю необходимую информацию для определения возможности образования коррозии на участке, и в качестве результата выполнения программы будет получена вероятность появления коррозионных образований на трубопроводе.

Необходимо собрать и обработать данные с различных участков трубопроводов. Требуется составить базу входных параметров с совершенно разных участков, что позволит применять технологию на разных участках с различными характеристиками.

Таким образом, предлагаемое решение проблемы обнаружения коррозионных образований на трубопроводах имеет большой потенциал к успешной реализации.

Внедрение новых решений, направленных на выявление и интерпретацию трещиноподобных дефектов на объектах ЕСГ

Гурин Д.А., Ведерников К.А., Волков С.А.

ООО «Газпроект-ДКР» (ГК «Диаконт»)
vedernikov@diakont.com

В настоящее время АО «Диаконт» осуществляет разработку диагностических модулей нового поколения, цель которых – обеспечить полное выполнение действующей редакции Технических требований к автоматизированным диагностическим комплексам (АДК) для внутритрубной диагностики (ВТД) технологических трубопроводов (ТТ) компрессорных станций (КС) ПАО «Газпром».

Применение АДК нового поколения позволяет повысить эффективность диагностики за счет проведения видов неразрушающего контроля НК, ранее не выполнявшихся существующими диагностическими комплексами при ВТД ТТ КС, внесенными в существующий реестр роботизированных диагностических комплексов для ВТД ТТКС ПАО «Газпром».

Таким образом, благодаря АДК нового поколения разработки АО «Диаконт» проведение комплексной сплошной (по требованиям СТО Газпром 2-2.3-328-2009) диагностики трубопровода – ВТО, ВИК КСС, ВИК ПСС, ВИК основного металла труб, ВИК основного металла СДТ, УЗК и УЗТ основного металла труб, УЗК и УЗТ основного металла СДТ, контроль адгезии основного металла труб, контроль адгезии основного металла СДТ, профилометрия основного металла труб, профилометрия основного металла СДТ – возможно за один проход. А также УЗК КСС, УЗК ПСС, определение пространственного положения трубопровода.

В октябре 2020 г. на стендовом этапе ведомственных испытаний ПАО «Газпром» были представлены опытные образцы новых модулей, возможностями которых в совокупности (в отношении трещиноподобных дефектов) являются выявление и интерпретация:

- 1) трещиноподобных дефектов основного металла труб, ориентированных вдоль оси трубопровода;
- 2) трещиноподобных дефектов основного металла труб, ориентированных перпендикулярно оси трубопровода (в кольцевом направлении);
- 3) плоскостных дефектов кольцевых сварных соединений.

По результатам постобработки первичной диагностической информации УЗК контроля многоканальным модулем происходит выявление и идентификация различных типов дефектов, в том числе и трещиноподобных дефектов/механических повреждений.

Существующие технологии не позволяют однозначно идентифицировать тип дефекта в отношении трещиноподобных дефектов и механических повреждений.

С целью разделения трещиноподобных дефектов и механических повреждений, имеющих одинаковую отражающую поверхность для УЗК каналов наклонного ввода и идентификации конкретного вида дефекта, ГК «Диаконт» были проведены комплексные экспериментальные исследо-

вания и сформированы требования к методам, оборудованию и технологиям, направленным на разделение дефектов на трещиноподобные дефекты и механические повреждения. По результатам данных работ был представлен модуль МПД, содержащий УЗК каналы прямого ввода с узкой апертурой, предназначенные для измерения остаточной толщины в зоне трещиноподобного дефекта/механического повреждения (в зоне трещиноподобного дефекта изменение толщины стенки трубы не будет зафиксировано) и определения по данному параметру конкретного типа дефекта.

Вышеуказанные возможности выявления и интерпретации дефектов реализуются посредством анализа достоверной первичной диагностической информации, приходящей с диагностического комплекса без дополнительной математической обработки, и не требуют проведения дополнительных шурфовок на реальных объектах для перекалибровки первичных данных.

Стоит отметить, что параллельно разработкам новых модулей и методов контроля ООО «Газпроект-ДКР» совместно с АНО ВО «Университет Иннополис» выполняют работы в рамках НИОКР ПАО «Газпром» по теме «Разработка интеллектуальной системы диагностики технического состояния компрессорных станций с применением комплекса роботизированных средств и передачи данных в реальном времени».

Одним из наиболее ожидаемых результатов данной работы является возможность идентификации трещиноподобных дефектов по первичной диагностической информации без участия человека, что позволит исключить влияние человеческого фактора при обработке данных, выявлении и интерпретации трещиноподобных дефектов.

Идентификация и ранжирование по глубине дефектов типа КРН при контроле с применением сканера-дефектоскопа внутритрубного автономного роботизированного A2072 IntroScan

Ворончихин С.Ю., Тычинин И.А.

АО «ИнтроСкан Технолоджи»
i.tychinin@introscan.ru

Для оценки технического состояния трубопроводных систем, находящихся в эксплуатации, был разработан инновационный внутритрубный сканер-дефектоскоп автономный роботизированный A2072 IntroScan. Кроме задач обнаружения и локализации необходимо оценивать тип и глубину дефектов. Для решения вышеуказанных задач проводятся работы по модернизации сканера-дефектоскопа.

В рамках работ по модернизации проведены испытания A2072 IntroScan в различных режимах зондирования (НЧ – 65 кГц, СЧ – 300 кГц), в стендовых и полевых условиях.

В ходе испытаний были локализованы дефектные зоны, произведена оценка типа дефектов, а также оценка/ранжирование локализованных дефектных зон по глубине.

По результатам испытаний произведена оценка качества выявления и идентификации дефектов типа КРН при проведении внутритрубной диагностики технологических трубопроводов с применением сканера-дефектоскопа A2072 IntroScan в различных режимах зондирования.

Автономные системы комплексного мониторинга магистральных газопроводов семейства A-LINE

Елизаров С.В.

ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ»,
serg@interunis-it.ru

Современный уровень развития телекоммуникационных технологий и приборов неразрушающего контроля позволяет в реальном масштабе времени получать и обрабатывать большой массив диагностических данных с различных объектов, в том числе и эксплуатирующихся в жестких погодных условиях на труднодоступных участках местности. Компания «ИНТЕРЮНИС-ИТ» предлагает широкий модельный ряд мониторинговых решений, в их числе автономные системы диагностики и мониторинга магистральных газопроводов. Под мониторингом следует понимать специально организованное систематическое наблюдение как за самим трубопроводом, так и за сопутствующими инженерными сооружениями. Данное наблюдение ведется непрерывно с помощью широкого набора различного типа датчиков, регистрирующих характеристики процессов, протекающих в материале конструкций и в окружающем пространстве. Система мониторинга решает следующие задачи: своевременное обнаружение дефектов в трубопроводах, определение их местоположения и слежение за развитием, контроль НДС трубопроводов в зонах максимальной концентрации напряжений; контроль эффективности электрохимической защиты на подземных трубопроводах; сбор и хранение данных, вывод оперативной информации в диспетчерскую; автоматизация анализа данных и снижение роли человеческого фактора в оценке результатов диагностирования; выдача предупреждающих сигналов о приближении аварийной ситуации и необходимости внеплановой остановки трубопроводов.

Предиктивные возможности метода акустической эмиссии при поиске потенциально опасных участков зарождения дефектов КРН

Кузьмин А.Н., Жуков А.В., Шитов Д.В.

ООО «Стратегия НК»
rukuzmin@yandex.ru

Цифровизация диагностических систем наряду с использованием искусственного интеллекта является современным мировым трендом. В частности, анализ результатов диагностики в многомерном пространстве диагностических признаков позволяет идентифицировать опасные дефекты, которые развиваются в процессе длительной эксплуатации. Отдельный интерес представляет задача выявления на ранней стадии развития дефектов коррозионного растрескивания под напряжением (КРН) магистральных газопроводов (МГ).

Одним из методов, позволяющим получить непосредственно информацию о стадиях развития и скорости роста дефектов КРН, является метод акустической эмиссии (АЭ). Известно, что образование и рост дефектов КРН имеет прямую взаимосвязь с повышенными значениями локальных полей напряжений, возникающих на участках газопроводов в результате их длительной эксплуатации. В частности, данный факт определяет высокие потенциальные возможности развития метода АЭ, прежде всего, с точки зрения оценки вероятности наступления предельного состояния объекта.

Целью настоящей работы являлось практическое обоснование возможности использования метода АЭ для выявления потенциально опасных мест зарождения КРН на эксплуатируемых объектах МГ и построение на этой основе технологии автоматизированного контроля таких участков. Основной проблемой построения технологии является формирование набора диагностических признаков на основе результатов комплексного технического диагностирования объекта контроля.

В работе представлены основные инновационные принципы новой технологии контроля, которые заключаются в применении систем цифровой фильтрации данных АЭ, последующей процедуры обнаружения и выделения полезного сигнала от дефекта, формирования многомерного пространства признаков наличия дефектов, а также построения системы поддержки принятия решения, построенной на принципах машинного обучения. Сделан вывод, что при комплексном техническом диагностировании участков МГ с применением метода АЭ появляется дополнительная возможность выявления с высокой степенью вероятности потенциально опасных зон зарождения КРН задолго до наступления предельного состояния объекта контроля. Данный способ оценки НДС МГ с применением метода АЭ может быть применен в процессе как периодического контроля, так и в условиях мониторинга технического состояния участков газопровода.

Профилактика развития процессов коррозионного и коррозионно-механического разрушения трубопроводов ЕСГ на базе риск-ориентированного обследования методом магнитной томографии

Камаева С.С.

ООО НТЦ «Транскор-К»
office@transkorworld.com

Проблема смягчения последствий возможных аварий по причине коррозионного растрескивания под напряжением (КРН/SCC) по-прежнему весьма актуальна для всего мира. Преобладающими для нефтегазового сектора техническими решениями являются технологии применения снарядов-дефектоскопов (ВТД). Однако по-прежнему имеются затруднения в части как выявления, так и правильной оценки степени опасности дефектов КРН, зачастую имеющих ничтожные геометрические размеры и развивающиеся нелинейно вплоть до разрушения. Решение данной проблемы затруднено по ряду причин.

Основной проблемой является невозможность с достаточной точностью учесть уровень локальных напряжений на конкретном участке трубопровода, особенно в случае, когда невозможно проведение ВТД. К подобным объектам относятся трубопроводы газокompрессорных и нефтеперекачивающих станций, ПХГ, химических и нефтегазохимических заводов, а также ряд промысловых трубопроводов. Доля таких трубопроводов по протяженности может достигать до 70 % от общей длины сетей. На решение данной проблемы направлена запатентованная в РФ, США и Канаде технология с применением метода магнитной томографии (МТМ), регламентированная российским нормативом РД 102-008-2002.

Практика последних лет показала, что наиболее перспективными инновационными методами выявления участков повышенных механических напряжений являются бесконтактные магнитные методы, основанные на эффекте Виллари, в частности, метод МТМ.

Перспектива применения МТМ для предотвращения подобных рисков обусловлена рядом преимуществ, включая такие, как:

- 1) не требует специальной подготовки трубопровода, его остановки или изменения режима работы;
- 2) наружное диагностирование позволяет обследовать объекты, не подлежащие ВТД и контактными методами дефектоскопии;
- 3) гарантирует достаточно высокую достоверность выявления участков с трещиноподобными дефектами и аномалиями НДС (не менее 75 %);
- 4) демонстрирует высокую производительность (до 7 км и более в день на 1 бригаду специалистов с портативным оборудованием);
- 5) выявляет широкий спектр дефектов основного и сварного металла и обеспечивает высокую точность оценки степени их опасности с учетом действующих нагрузок;
- 7) позволяет осуществить автоматический мониторинг развития трещиноподобных дефектов на участках любой протяженности и с любым временным интервалом с оформлением интерактивной трехмерной циф-

ровой модели – цифрового двойника – на всех этапах жизненного цикла трубопроводной инфраструктуры.

Таким образом, МТМ является перспективным инструментом выявления рисков КРН и повышения надежности трубопроводов, не подлежащих внутритрубному обследованию. Методология риск-ориентированного технического обслуживания – RBI (Risk based Inspection) на базе МТМ в перспективе послужит основой наилучшей доступной практики для предотвращения рисков лавинообразного разрушения трубопроводов, включая чрезвычайно ответственные, расположенные в подводных арктических зонах.

Автоматизированный контроль качества изоляционных работ и послеремонтная вихретоковая дефектоскопия как средство снижения риска аварий по причине КРН

*Рыбалко С.В., Рыбалко В.Г., Горбунов С.А.,
Старков И.В., Израилевская А.А.*

ООО «НПП «Нефтегаздиагностика»
pto@neftegazdiagnostika.ru

При контроле качества выполнения изоляционных работ проверяют толщину, адгезию и диэлектрическую сплошность защитного покрытия. Также для выявления дефектов основного металла труб в рамках предремонтной диагностики применяют вихретоковую дефектоскопию. Послеремонтная вихретоковая дефектоскопия не предусмотрена нормативно-технической документацией (НТД). Согласно НТД контроль толщины, адгезии, диэлектрической сплошности при переизоляции участков линейной части магистральных газопроводов (ЛЧ МГ) проводится в объемах, недостаточных для выявления пропусков антикоррозионного слоя под защитной оберткой, кроме того, контроль адгезии сопровождается нарушением целостности изоляции, что влечет за собой работы по восстановлению конструкции защитного покрытия. Существующий комплекс методов контроля качества трудоемок, не обеспечивает полного контроля вновь нанесенной изоляции по периметру газопровода и зависит от квалификации диагностов. Поскольку качество подготовки поверхности трубы зачастую не соответствует требованиям НТД, то в местах пропусков антикоррозионного слоя защитного покрытия создается идеальная среда для зарождения дефектов коррозионного растрескивания под напряжением (КРН). Через 5–10 лет после проведения капремонта они могут достичь критических размеров и привести к аварии. Существует статистика, которая указывает на недочеты при формировании состава механизированной колонны для переизоляции в части отсутствия послеремонтной дефектоскопии тела трубы на предмет наличия «раскрывшихся» дефектов КРН. Результаты анализа показывают: примерно 23 % от общего количества аварий происходит в промежутке до 2-х лет после проведения капремонта участков МГ. Данный факт означает, что при проведении внутритрубной диагностики снарядами-дефектоскопами и предремонтной диагностики портативными приборами пропускаются дефекты КРН с низкой степенью раскрытия берегов трещины. Пропущенный таким образом дефект раскрывается после проведения комплекса изоляционных работ, приводит к аварии. Послеремонтная вихретоковая дефектоскопия через слой изоляции позволит вовремя выявить такие дефекты до обратной засыпки участка. Коллектив авторов, получивший премию МТЭА за разработку портативных приборов для вихретоковой дефектоскопии тела трубы и измерения толщины изоляции, а также имеющий уникальный опыт расследования сотен аварий на ЛЧ МГ, предлагает изменить подход к контролю через изменения действующей НТД, а также разработку и промышленное внедрение автоматизированного комплекса для контроля качества изоляционных работ.

Повышение эффективности диагностики газотранспортной системы посредством применения методов электропотенциального и вихретокового контроля

Медведев А.Н., Щипцов В.С., Новокшонова О.Д.

ООО «НПП «Машпроект»
mail@mashproject.ru

Наличие масштабной газотранспортной системы в России выводит на первый план проблему растрескивания магистральных газопроводов под комбинированным воздействием растягивающего напряжения и коррозионности среды. Поиск и достоверное определение глубины стресс-коррозионных трещин является длительной и трудозатратной процедурой. Для экономии ресурсов обслуживающих организаций предлагается оборудование производства НПП «Машпроект»: магнитно-вихретоковый дефектоскоп ВИД-345 и электропотенциальный трещиномер 281М.

Данные приборы продемонстрировали высокое качество измерений на испытаниях в библиотеке образцов ВНИИГАЗа, что позволяет рекомендовать их как существенно более точные и позволяющие более оперативно проводить контроль. Так трещиномер 281М более достоверно, чем вихретоковые приборы определяет глубину трещины от 1,5 мм, а датчик ВИД-345 имеет большую контактную поверхность, чем основная доля аналогов, а также позволяет проводить контроль объектов контроля без их очистки.

Обеспечение безопасной эксплуатации магистральных газопроводов в условиях стресс-коррозионной повреждаемости

Савеня С.Н.

ЧПОУ «Газпром колледж Волгоград»
savalenka@yandex.ru

В работе рассматриваются проблемы безопасной эксплуатации магистральных газопроводов Единой системы газоснабжения в условиях стресс-коррозионной повреждаемости.

Важным фактором развития процессов стресс-коррозии являются уровень растягивающих напряжений в трубопроводных конструкциях и агрессивность почвогрунтов в околотрубном пространстве, воздействующих на дефектную структуру трубных сталей.

Автором предлагается на основе применения обобщающих коэффициентов, характеризующих суммарное воздействие основных негативных факторов (напряженно-деформированного состояния, коррозионной агрессивности грунта и состояния изоляционного покрытия), обеспечить выделение потенциально-опасных участков газопровода, наиболее подверженных стресс-коррозии.

Отводы холодного гнущья и дефекты на них. Проблемы выявления и оценки

Кадылкин М.А., Саубанов И.Ф.

ООО «Газпром трансгаз Казань»
m-kadylkin@tattg.gazprom.ru,
i-saubanov@tattg.gazprom.ru

В процессе проектирования и строительства линейной части магистральных газопроводов (МГ) предусматривается прокладка из прямолинейных участков и поворотов, выполненных в виде упруго-пластических изгибов (УПИ) либо с использованием отводов, как правило, холодного гнущья (ОХГ).

При проведении внутритрубного технического диагностирования (ВТД) выявляются зоны УПИ, превышающие проектные значения, с ранжированием по степени опасности. В то же время на ОХГ такие напряжения и степени их опасности никак не оцениваются.

К примеру, в текущем году на газопроводе-отводе к НКПУ по отчету ВТД выявлены 2 трубы с поперечными трещинами глубиной до 58 % на 59 и 59,3 км газопровода в месте перехода через овраг. Выявленные дефекты находились вне зоны УПИ, в связи с чем напряжение на участках не оценивалось. Учитывая, что порог обнаружения трещин средствами ВТД составляет более 20 % от толщины стенки, вероятность раннего обнаружения таких дефектов отсутствует.

При высоком уровне изгибных напряжений на ОХГ увеличивается скорость развития трещин. В настоящее время известна методика раннего выявления подобных участков путем анализа и сопоставления данных ВТД с проектной и исполнительной документацией с целью определения отступления от проектных решений, брака строительно-монтажных работ и других факторов, где имеются условия для осадки (прогиба) МГ в процессе эксплуатации. Практика показала, что данный процесс трудоемкий и не вся информация, имеющаяся в документации, достаточна для выявления указанных отступлений.

Авторами указывается на необходимость ввести оценку напряжения на ОХГ и степени их опасности на стадии ВТД.

Автоматизирование процесса составления коррозионной карты

Десятков А.Ю., Кокорин К.О.

ООО «Газпром трансгаз Чайковский»
desyatkovaleksey@gmail.com

Описание проблемы. Процесс составления коррозионной карты занимает достаточно много времени. Основной объем работы приходится на заполнение полей коррозионной карты с иллюстрацией объектов на трассе, типов грунтов и составление единого отчета.

Суть проекта. Проводим диагностику изоляционного покрытия трубопровода с помощью диагностического измерителя «ДИАКОР». Измеряем потенциал труба-земля, поляризационный потенциал, глубину залегания и ось трубопровода, градиенты напряжений переменного тока в земле, исследуем формы сигнала системы катодной защиты и определяем координаты в системе GPS. Преимущество данного прибора состоит в возможности записи измеренных данных во внутреннюю флэш-память с последующей передачей на компьютер. Но форма и вид перенесенных измерений не подходят для составления наглядной коррозионной карты.

Для решения данной проблемы и ускорения процесса составления отчета предлагается разработка программы, которая преобразует измеренные данные в нужный вид, что существенно сократит время на подготовку отчета.

Программа будет хранить все данные с обследований в единой базе данных. Интерфейс программы позволит в удобном виде получить отчеты за любой период и вывести их на экран в виде, удобном для анализа. Так же с помощью разработки можно будет автоматизировать процесс анализа коррозионных карт с дальнейшим выявлением проблемных участков.

Программа будет разрабатываться на языке программирования C# совместно с базами данных Access.

Результаты исследования акустико-эмиссионных параметров стеклопластиковых трубопроводов для разработки методики диагностирования

Медведев К.А.

ООО «НТЦ «ЭгидА»
diez163@gmail.com

В течение 2019 г. ООО «НТЦ «ЭгидА» и ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ» с участием НКО «Ассоциация «Ростехэкспертиза» на территории ООО «Татнефть-Пресскомполит» проводился ряд исследований, целью которых являлась разработка методики АЭ-контроля СПТ в процессе их эксплуатации.

По результатам проведенных исследований были получены следующие результаты.

Определены акустические параметры СПТ: коэффициент затухания – 2,96 дБ/м, скорость распространения АЭ-сигналов – 1304 м/с, рекомендуемое значение порога амплитудной дискриминации – 42 дБ.

В 60–80 % случаев разгерметизации СПТ предшествует уверенное превышение АЭ-активностью уровня 100 имп./с. В разных экспериментах длительность такого превышения составляла от 0 до 300 с и зависела от скорости нагружения, а также от того, насколько близко давление на выдержке, выбираемое с шагом 25 %, к разрушающему давлению.

Значения амплитуд, превышающие 60–80 дБ, соответствуют разрушению единичного волокна диаметром 20 мкм.

Наиболее информативным параметром для оценки технического состояния СПТ является АЭ-активность. Поэтому рекомендуется проводить нагружение без выдержек. Появление непрерывной АЭ следует считать признаком источника IV класса опасности. Превышение АЭ-активностью уровня 100 имп./с в течение 3–5 с следует считать признаком наличия источника III класса, а наличие линейного роста АЭ-активности с нагрузкой при значениях активности от 10 до 100 имп./с – источника II класса опасности. Наличие сигналов с амплитудой выше 60 дБ следует считать признаком наличия источника I класса опасности.

Повышение стабильности работы термоэлектрических генераторов катодной защиты газопроводов

Коржув М.А., Кротова М.А., Авилов Е.С., Катин И.В.

ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН
mkorzhuev@imet.ac.ru

В настоящее время термоэлектрические генераторы (ТЭГ) на основе среднетемпературных термоэлектрических материалов (ТЭМ) (n-PbTe, p-GeTe) широко используются в системах катодной защиты (КЗ) магистральных газопроводов. Характерные параметры ТЭГ КЗ составляют: температуры горячего и холодного спаев – $T_{гор} = 700\text{--}800\text{ К}$, $T_{хол} = 400\text{ К}$, рабочее напряжение до $U = 10\text{--}12\text{ В}$, рабочие токи I до $1\text{--}1,2\text{ А}$, мощность A до $10\text{--}16\text{ Вт}$. При этом нагрев горячих спаев ТЭГ осуществляется за счет сжигания газа, отбираемого от газопровода. Однако сплавы GeTe при температуре Кюри $T_c = 630\text{--}700\text{ К}$ претерпевают полиморфное превращение $\alpha \leftrightarrow \beta$ с изменением объема $\delta V \sim 1\%$, что ведет к растрескиванию р-ветви при термоциклировании вблизи T_c . Причина растрескивания связана с тем, что переход GeTe от хрупкого разрушения к пластичности происходит при $T > T_c > T_T \sim 0,8 T_m \sim 800\text{ К}$. (Здесь $T_m = 998\text{ К}$ – температура плавления GeTe, а T_T – температура Таммана, при которой активируется поверхностная диффузия атомов материала по границам кристаллических зерен, при этом материал становится пластичным). В работе показано, что при легировании GeTe рядом быстро диффундирующих примесей (Cu, Ag, La, Y и др.) в сплавах наблюдается соотношение $T_T < T_c$, при этом материал вблизи T_c становится сверхпластичным и не разрушается при термоциклировании. Соответственно ресурс работы системы КЗ повышается.

Работа выполнялась по государственному заданию № 075-00746-19-00.

Литература

Кротова М.А. Термоэлектрические и механические свойства поликристаллических сплавов GeTe, легированных иттрием / М.А. Кротова, Е.С. Авилов, М.А. Коржув // Деформация и разрушение материалов. – 2019. – № 9. – С. 2–11.

КУРАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Секретарь Оргкомитета	Кашковский Роман Владимирович	8 (925) 050-43-51
Организационные вопросы	Демьянов Кирилл Александрович	8 (916) 693-40-85
Курсы повышения квалификации	Анисимова Наталья Александровна	8 (498) 657-44-38

ЭЛЕКТРОННАЯ ВЕРСИЯ СБОРНИКА



<https://vniigaz.gazprom.ru/events/2020/v-nauchno-prakticheskij-seminar/>

142717, Российская Федерация, Московская обл., Ленинский р-н,
пос. Развилка, Проектируемый проезд № 5537, вл. 15, стр. 1
Тел.: +7 (498) 657-42-06, Факс: +7 (498) 657-96-05
vniigaz@vniigaz.gazprom.ru; vniigaz.gazprom.ru