ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический

университет»

На правах рукописи

04201455804

Алборов Алан Дзамболатович

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ

ТРУБОПРОВОДОВ МЕТОДАМИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОЦЕНКИ

РАЗВИТИЯ СТРЕСС-КОРРОЗИИ МЕТАЛЛА

Специальность: 05.02.13 - Машины, агрегаты и процессы (в нефтегазовой отрасли)

Диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор П.С. Кунина

Краснодар-2013

2

Содержание

Введение 4

1 АНАЛИЗ ПРИЧИН ПОВРЕЖДЕНИЙ И АВАРИЙ

НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ 9

1.1 Основные факторы, влияющие на эксплуатационную надежность нефтегазопроводов 9

1.2 Повреждения и аварий на магистральных и линейных 13

нефтегазопроводах 13

1.3 Оценка повреждений на магистральных и линейных нефтегазопроводах 23

1.4 Цели и задачи исследований 27

2 ПОВРЕЖДЕНИЕ МЕТАЛЛА ТРУБ И СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИИ В

КОРРОЗИОННЫХ СРЕДАХ 28

2.1 Испытание на стойкость к сероводородной коррозии 28

2.2 Конструктивная надежность и безопасность магистральных трубопроводов 32

2.3 Проблема снижения безопасности вследствие стресс-коррозионного растрескивания трубных сталей и методы ее решения 35

2.4 Факторы, влияющие на стресс-коррозионное повреждение металла труб 42

Выводы 49

3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ СКЛОННОСТИ

МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ К СТРЕСС-КОРРОЗИОННОМУ

РАЗРУШЕНИЮ 50

3.1 Разработка методики и образца для испытания труб большого диаметра

50

3.2 Испытание трубных сталей на склонность к стресс-коррозионному разрушению 64

3.3 Циклическая трещиностойкость трубных сталей 72

3.4 Влияние величины микропластических деформации на процесс за

рождения трещин в коррозионных средах 87

Выводы 94

4 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ 95

з

4.1 Исследование развития поверхностных трещин 95

Выводы 111

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСБСИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ 112

Список литературы 114

Приложение

4

Введение Актуальность проблемы

Трубопроводный транспорт углеводородов - сложная техническая си¬стема с мощным энергетическим потенциалом. Он обеспечивает подачи уг-леводородами на 35 % территории страны, где проживает более 60 % населе¬ния. Протяженность магистральных нефтегазопроводов в России в настоящее время составляет 231,2 тыс. км, в том числе газопроводов - 161 тыс. км, нефтепроводов -50,6 тыс. км, нефтепродуктопроводов - 19,6 тыс. км.

Несмотря на то, что системы трубопроводного транспорта в настоящее время выполняют свои функции по бесперебойному снабжению потребите¬лей нефтью, газом, нефтепродуктами, на нефтегазопроводных магистралях имеют место отказы и аварии. Как и все оборудование, основные фонды тру-бопроводного транспорта подвержены процессу старению, причем износ трубопроводов идет по нарастающей. Сроки эксплуатации трубопроводного транспорта в РФ газопроводов 35 % и нефтепроводов 75 % более 20 лет, га¬зопроводов 15 % и нефтепроводов 37 % более 30 лет. Особую опасность представляет разрушение конструкций по причине коррозионного растрески¬вания под напряжением (КРН), так как более половины отказов магистраль¬ных газопроводов происходит именно по этой причине, а на газопроводах диаметром 1220 мм, 1420 мм около 75 % от общего числа отказов. Выход из строя такой конструкции во время ее эксплуатации неизбежно приводит к большому материальному ущербу, разрушению оборудования и загрязнению окружающей среды, а нередко и к человеческим жертвам, так как зона рас¬пространения негативного воздействия может простираться на расстояния до десятков километров. Своевременная диагностика повреждений трубопро¬водов может значительно сократить риск возникновения аварийных и опас¬ных ситуаций, поэтому оценка технического состояния магистральных газо-

5

проводов, подверженных стресс-коррозии, является актуальной научно-практической задачей.

Цель работы

Разработка методики оценки технического состояния магистральных трубопроводов, подверженных стресс-коррозии ультразвуковыми приборами серии УСД.

Для достижения поставленной цели были определены следующие за¬дачи исследования:

1. Разработать методики и установки для оценки склонности металла труб и сварных соединений к стресс-коррозии.

2. Разработать образцы, имитирующие напряженно-деформированное состояние реального трубопровода.

3. Повысить точность определения начала процессов зарождения и раз-вития стресс-коррозионных трещин и поверхностных повреждений в металле труб и сварных соединениях.

4. Разработать рекомендации и мероприятия по снижению уровня по-вреждений магистральных трубопроводов.

Научная новизна

1. Разработана методика оценки технического состояния магистраль¬ных трубопроводов подверженных стресс-коррозии ультразвуковыми прибо¬рами серии УСД.

2. Создана модель для оценки безопасности и эксплуатационной надеж-ности трубопроводов, длительно эксплуатируемых в сложных, агрессивных условиях. В лабораторных условиях получены стресс-коррозионные трещины на сталях Ст20, Х46, Х70, которые свидетельствуют о сложной природе их об-разования и о многостадийном процессе, происходящем, с течением времени, при контакте напряженного металла труб с околотрубной коррозионной средой.

3. Установлено, что безопасность магистральных нефтегазопроводов и других энергонагруженных оболочковых конструкций зависит от структуры

6

материала, вида и уровня напряженно-деформированного состояния, корро-зионной активности внешней среды и параметров, характеризующих уста-лостную деградацию металла (срок эксплуатации, количество циклов нагру-жения).

4. Выявлена неравномерность распределения пластических деформа¬ций в поверхностном слое образцов стали Х70, в окружном направлении наблюдается неоднородность деформационных характеристик.

5. Установлено что, максимальная величина микропластических де¬формаций в локальных зонах происходит в поверхностном слое сварного шва и околошовной зоне и согласуется с тем, что большинство стресс-коррозионных разрушений газопроводов из стали Х70 происходит в сварном шве и околошовной зоне.

6. Определено, что ползучесть образцов в наводораживающих средах, связана с возникновением в неравновесных условиях отдельных микрообъе¬мов с высокой локальной концентрацией водорода;

7. Показано, что ползучесть трубчатых образцов в наводораживающих средах наряду с протеканием микропластических деформаций, сопровождается непрерывным накоплением повреждений и снижением пластичности.

Практическая значимость и реализация результатов работы

1. Уточнена оценка технического состояния магистральных газопрово¬дов подверженных стресс-коррозии;

2. Определены режимы безопасной эксплуатации магистральных тру-бопроводов с выявленными дефектами стресс-коррозии;

3. Определены степени опасности поврежденных участков магистраль¬ных трубопроводов по результатам ранжирования стресс-коррозионных де¬фектов с использованием данных диагностики;

4. Определены уровни опасности выявленных дефектов с помощью ультразвукового неразрушающего метода контроля, который позволяет уста-новить возможность или невозможность дальнейшей эксплуатации трубо-провода.

7

5. Результаты исследований использованы в учебном процессе Северо-Кавказского горно-металлургического института (государственный техноло¬гический университет), а также для совершенствования ультразвукового прибора марки УСД. Методика и результаты исследований предложены для внедрения в ООО «СпецРемДиагностика» г. Москва, в НЦ «Кропус» г. Но¬гинск, ОАО «ТРЕСТ ГИДРОМОНТАЖ» г. Владикавказ.

Обоснованность и достоверность результатов, научных положений и выводов, содержащихся в диссертационной работе, подтверждаются согла¬сованностью полученных результатов с известными теоретическими и экспе¬риментальными данными. Достоверность экспериментальных данных обес¬печивается использованием современных средств измерений и стандартных методик проведения исследований, а также методов статистической обработ¬ки данных.

Личный вклад автора заключается в выполнении основного объема теоретических и экспериментальных исследований, изложенных в диссерта-ционной работе, включая постановку цели и задач исследования, выборе ме¬тодик экспериментов, непосредственном участии в их проведении, анализе и обобщении экспериментальных результатов, формулировании обоснованных выводов, при составлении материалов публикаций и докладов.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Методика оценки технического влияния коррозионных сред на корро-зионные и стресс-коррозионные повреждения магистральных газопроводов.

2. Доказательство того, что неравномерность пластических деформа¬ции по поверхности металла является причиной зарождения коррозионных микротрещин.

3. Доказательство того, что ползучесть трубчатых образцов в наводо-раживающих средах наряду с протеканием микропластических деформации, сопровождается накоплением повреждении и снижением пластичности.

8

4. Утверждение, что безопасность функционирования магистральных газопроводов во многом зависит от структуры материала, вида напряженного состояния коррозионной среды и степени деградации металла.

Апробация работы. Материалы диссертационных исследований док-ладывались на семинарах в Северо-Кавказском горно-металлургическом ин-ституте (государственном технологическом университете), Кубанском госу-дарственном технологическом университете, на международной научной конференции «Устойчивое развитие горных территории».

Публикации результатов работы. По теме диссертации опубликовано 14 печатных работ, в том числе 5 в журналах рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, получено 3 патента РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав, основных выводов и рекомендаций, списка использованной литерату¬ры. Полный объем диссертации состоит из 120 страниц текста, 44 рисунка, 6 таблиц, 82 наименования использованной литературы.

Выводы

 Разработанныеобразцыиустановкапозволяютувеличитьточностьопределенияпроцессазарожденияиразвитиястресскоррозионныхтрещинвметаллетрубисварныхсоединениях

 Поверхностноактивныеэлементыкоррозионнойсредыспособствуютзарождениюмикропластическихдеформацийвзонедефектахарактеризующегосявысокимуровнемостаточныхнапряженийископлениемнеметаллическихвключений

 ПроцессмикропластическихдеформацииповерхностногослояинтенсифицируетсяподдействиемводородаВопрекираспространенномумнениюотомчтовводородосодержащихсредахпроисходитпроцессохрупчиваниявначальныйпериодпрималыхконцентрацияхводородспособствуетмикропластическимдеформациямудлинения

 ЛокальныемикропластическиетеченияповерхностногослояпроисходятпринапряженияхменьшихвеличинымикропластическогопределатекучестиВлокальныхобъемахувеличиваютсявнутренниенапряженияадополнительныйпритокатомарноговодородаспособствуетпротеканиюнеравномерныхпластическихдеформацийизарождениюстресскоррозионныхтрещин

 Пластическиедеформациитрубчатыхобразцоввнаводороживающихсредахнарядуспротеканиеммикропластическихдеформацийсопровождаетсянепрерывнымнакоплениемповрежденийиснижениемпластичности