

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Пензенский
государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ПГУ»)

Утверждаю
Проректор по научной работе и
инновационной деятельности, д.э.н.,
профессор
Васин С.М.
2023 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Федотовой Анна Владимировны
на тему «Коррозионно–механическое разрушение соединительных
деталей нефтепромысловых трубопроводов», представленной на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.6.17. Материаловедение

1. Актуальность работы. Считать тему диссертационной работы Федотовой А. В. актуальной в связи с тем, в настоящее время остается не закрыт вопрос обеспечения необходимого уровня требований по эксплуатационной надёжности стоит для нефтепромысловых трубопроводов, что вызвано постоянным увеличением интенсивности добычи и агрессивности добываемых сред. В большинстве месторождений присутствуют в значительных количествах такие агрессивные составляющие, как сероводород, углекислый газ, хлориды, вода, бактериальная заражённость и др., что вызывает сульфидное и водородное растрескивание, углекислотную и бактериальную коррозии нефтепромыслового и нефтегазо транспортирующего оборудования. Всего на территории Российской Федерации находится в эксплуатации более 200 тыс. км внутрипромысловых трубопроводов, на которых ежегодно происходят свыше 25 тысяч инцидентов, часто сопровождающихся разливом транспортируемых сред. Трубопроводные системы состоят из прямолинейных участков, выполненных из труб и соединительных деталей (отводы, переходы, тройники и др.). Соединительные (фасонные) детали трубопроводов, как правило, подвержены более интенсивному коррозионно-механическому разрушению по сравнению с линейными участками, что связано с более высокими гидравлическими нагрузками. В соединительных деталях трубопровода (СДТ) меняется направление потока транспортируемой среды и образуются зоны турбулентности и застоя, что приводит к более интенсивному коррозионно-механическому разрушению. Не смотря на более жёсткие условия эксплуатации, СДТ продолжают изготавливать из традиционных сталей: сталь 20, 20Ф, 20пс, 17Г2, 09Г2С с низким уровнем механических и коррозионных свойств. Очевидно, что эксплуатационные свойства СДТ должны быть на уровне или выше, чем свойства линейных участков трубопроводов. Решение этого вопроса возможно на основе создания специализированного производства СДТ из сталей повышенной коррозионной стойкости в нефтепромысловых средах. Соответственно необходимы надёжные представления об особенностях коррозионно-механического разрушения соединительных деталей в составе действующих трубопроводов, что требует проведения ряда лабораторных и промысловых испытаний.

2. Объем и содержание диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и списка источников из 154 наименований. Работа содержит 153 страницы основного текста, 52 рисунка, 17 таблиц и 1 приложение.

Во введении. Обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследований, отмечено научное и прикладное значение работы, перечислены

основные положения, выносимые на защиту, приводится структура диссертационной работы, а также сведения об апробации работы и публикациях автора.

В первой главе. Представлен аналитический обзор и выполнена постановка задачи исследования. Приведены представления о механизмах и кинетике коррозионного разрушения линейных участков и соединительных деталей трубопроводов в агрессивных нефтепромысловых средах. Показано, что в трубопроводных системах СДТ испытывают более жесткие гидродинамические нагрузки по сравнению с линейной частью, что обусловлено изменением в них характера, а часто и направления течения транспортируемой среды.

Во второй главе. Обозначены объекты и методы исследований. Стали 05ХГБ, 08ХМФЧА и 13ХФА, наиболее перспективные из нового поколения низкоуглеродистых низколегированных трубных сталей с бейнитной закаливаемостью, рассматриваются как базовые для производства СДТ. Стали 09ГСФ и 20-кхс, традиционно применяемые для производства СДТ, используются для сравнительных испытаний.

В третьей главе. Представлены результаты длительных опытно-промышленных испытаний (ОПИ). Для проведения ОПИ на участке нефтесборочного коллектора Мамонтовского месторождения Западной Сибири был создан опытный стенд. В одну байпасную линию включены линейные участки (трубы) и основные виды СДТ (отводы, переходы, тройники одного и разных диаметров), что позволило в идентичных условиях эксплуатации оценить интенсивность коррозионно-механического разрушения всех составляющих трубопроводных систем. В результате исследований установлено, что скорость коррозионного разрушения СДТ и её изменение со временем эксплуатации определяется суперпозицией двух разрушающих процессов переменных во времени: углекислотная и бактериальная коррозии. В СДТ коррозионно-механическое разрушение зарождается и развивается более интенсивно, чем в прямолинейных участках трубопровода.

В четвертой главе. Посвящена вопросу отработки процесса производства СДТ для производства отводов с высокими механическими и коррозионными свойствами из сварной трубы-заготовки. Сварные нефтегазопроводные трубы, изготовленные из листовой стали, по сравнению с цельнотянутыми имеют следующие преимущества: низкая себестоимость, размерная стабильность и более высокая коррозионная стойкость внутренней поверхности трубы (зона ликвации расположена в средней части листа). Однако возможные более низкие механические и коррозионные свойства и дефекты сварных соединений часто ограничивают применение сварных труб. Определено, что технология формообразования отводов из сварной трубы - заготовки 05ХГБ обеспечивает однородность структуры и свойств отводов. Получение СДТ с более высокими эксплуатационными свойствами рассматривается в следующей главе.

В пятой главе. Представлены результаты исследований по выбору оптимального состава и структурного состояния обеспечивающее сочетание высоких механических свойств и стойкости СДТ в углекислых нефтепромысловых средах. По отработанной технологии формообразования из сварной трубы-заготовки по предложенным режимам термообработки для стали 05ХГБ (закалка с 920°C в воду и отпуск при 400°C) была изготовлена промышленная партия отводов. С середины 2020 года она эксплуатируется в условиях месторождений Западной Сибири (ООО «Газпром Нефть», за прошедшее время случаев коррозионного разрушения (отказов) отводов не отмечено.

В заключении. Сформулированы выводы и приведены основные научные и практические результаты работы.

Текст диссертации изложен грамотно, на хорошем научном уровне, убедительно аргументирован. Содержание диссертации дополнено качественным иллюстративным материалом. Представленные автором выводы отражают результаты собственного исследования и соответствуют поставленным перед исследователем задачам. Автореферат по содержанию соответствует тексту диссертации, отражает ее основные положения и

выводы, дает представление об актуальности темы исследования, целях, задачах, объекте и предмете исследования, практической ценности и научной новизне, апробации, внедрении и кратком содержании работы с описанием основных полученных экспериментальных результатов.

3. Научная новизна.

1. Показано сходство и отличия коррозионно-механического разрушения соединительных деталей и линейных участков нефтепромысловых трубопроводов. Для каждого из видов СДТ указаны места наиболее интенсивного коррозионного разрушения.

2. Установлены особенности и последовательность формирования продуктов углекислотной коррозии на поверхности сталей, покрытой плотным слоем высокотемпературной окалины. Показано, что в СДТ осаждающие карбонаты в продуктах коррозии имеют слоистое строение и резко отличаются от карбонатов на линейных участках трубопроводов.

3. Впервые для каждого вида СДТ получены результаты изменения скорости коррозии со временем эксплуатации. Отмечено, что в застойных зонах СДТ, биологическая коррозия является преобладающим видом разрушения.

4. Представлена последовательность трансформации структуры и изменение механических и коррозионных свойств низкоуглеродистого речного бескарбидного бейнита в стали 05ХГБ с ростом температуры отпуска. Показано, что для сталей со структурой низкоуглеродистого речного, бескарбидного бейнита отпуск до 600°C мало влияет на коррозионную стойкость в агрессивных нефтепромысловых средах.

4. Теоретическая значимость

1. Представленные результаты изменения скорости коррозии в процессе эксплуатации позволяют проводить теоретические оценки работоспособности и ресурсы трубопроводных систем.

2. Полученные представления об особенностях разрушения СДТ являются теоретической основой для разработки и создания СДТ повышенной стойкости и коррозионно-механическому разрушению в нефтепромысловых средах.

5. Практическая значимость и ценность работы.

1. Разработана методика исследования состава и структуры продуктов коррозии, позволяющая установить связь морфологии продуктов коррозии с составами транспортируемой среды и корродирующего металла.

2. Из цельнотянутой трубы стали 13ХФА и предложенной термической обработкой (двухкратная закалка + высокий отпуск) получена опытная партия СДТ (отводы, переходы, тройники) повышенной коррозионной стойкости. Их эксплуатация 3,5 года не вызвала значительных коррозионных повреждений.

3. Результаты сравнительного анализа скорости коррозионно-механического разрушения линейных участков и СДТ позволяют делать оценки надёжности и работоспособности нефтепромысловых трубопроводных систем.

4. Разработана новая упрощенная технология производства СДТ повышенной прочности и коррозионной стойкости из сварной трубы-заготовки стали 05ХГБ, и изготовлена промышленная партия отводов. Сокращение цикла термообработки (закалка + средний отпуск) и переход от цельнотянутой на сварную трубу-заготовку позволили на четверть уменьшить стоимость производства отводов.

5. Промышленная партия отводов, выполненная по разработанной технологии из сварной трубы, безаварийно эксплуатируется на месторождении ООО «ГазпромНефть» в Западной Сибири более 2-х лет.

5. Достоверность результатов исследований диссертационной работы обеспечена корректностью поставленных задач, использованием апробированных экспериментальных методов, а также обоснованностью используемых приближений и

совпадением результатов теоретического анализа с имеющимися экспериментальными данными.

6. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

По предложенной технологии из стали 13ХФА разработана опытная партия СДТ, которая успешно прошла промышленные испытания. Из стали 05ХГБ изготовлена промышленная партия отводов, которая успешно эксплуатируется с 2020 года. Эти разработки используются в АО «Турбодеталь» и рекомендуются для других предприятий, выпускающих СДТ.

7. Публикации и апробация основных результатов работы.

Основное содержание диссертационной работы достаточно полно отражено в 9 публикациях, в том числе 6 статей опубликованы в журналах из Перечня ВАК РФ, 3 работы в изданиях, индексируемых в Scopus. Имеется акт о практическом внедрении результатов работы. Использование в диссертации материалов других авторов отмечено в списке литературы, по тексту диссертации корректно приведены ссылки на источники.

8. Личный вклад автора. Все эксперименты в диссертации по подбору стали, режимов термической обработки СДТ и оценке влияния микроструктуры сталей на механические и коррозионные свойства выполнены при участии автора. Автор поставлен цели и задачи, выполнена разработка методологии исследований, проведена обработка результатов и сформулированы все основные положения, определяющие научную новизну и практическую значимость работы. Автор принял участие в разработке нормативно-технической документация (ТУ) и организации промышленного производства СДТ.

9. Замечания по диссертационной работе:

1. По результатам работы высокую работоспособность и надёжность соединительных деталей трубопроводов обеспечили выбор состава и термообработки используемой стали, однако целесообразность такого решения, по сравнению с простым увеличением толщины стенки, требует более подробного обоснования.

2. В работе показаны характерные места преобладающего разрушения СДТ после длительной эксплуатации (42 месяца) в байпасной линии нефтесборочного коллектора Мамонтовского месторождения, однако на сколько данная картина разрушения является общей, или характерна только для данных условий эксплуатации автор не рассматривает.

3. В главе 3 подробно рассмотрен механизм и кинетика коррозионного разрушения внутренней стенки с плотным слоем окалины, образовавшемся при термической обработке СДТ. Эти исследования не завершают естественный вывод о положительном влиянии плотного слоя окалины или необходимости его удаления.

4. В автореферате приведены сложные исследования по изучению изменения остаточных напряжений второго и третьего рода, а также плотности дислокаций в стали 05ХГБ с ростом температуры отпуска (табл.8), которые при обсуждении результатов не используются

5. В работе все оценки скорости коррозии сделаны гравитационным методом. Использование электро-химических методов измерения позволило бы получить дополнительную и надёжную информацию об изменении скорости коррозии от времени испытаний.

Указанные замечания не носят принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение.

Диссертационная работа Федотовой Анны Владимировны на тему «Коррозионно – механическое разрушение соединительных деталей нефтепромысловых трубопроводов» является законченной научной квалификационной работой, в которой решена имеющая важное хозяйственное значение научная проблема по определению подбора химического

состава и структурного состояния, обеспечивающего высокие коррозионные и механические свойства соединительных деталей нефтепромысловых трубопроводов.

Тема диссертационной работы и ее содержание полностью соответствуют паспорту специальности 2.6.17. Материаловедение, отрасль науки – технические науки: 1) Теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий; 3) Разработка научных основ выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций; 5) Установление закономерностей и критериев оценки разрушения материалов от действия механических нагрузок и внешней среды; 6) Разработка и совершенствование методов исследования и контроля структуры, испытание и определение физико-механических и эксплуатационных свойств материалов на образцах и изделиях; 9) Разработка способов повышения коррозионной стойкости материалов в различных условиях эксплуатации.

Диссертация соответствует всем требованиям ВАК, установленным п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. N 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Автор работы, Федотова Анна Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки).

Отзыв составлен на основании анализа диссертации, автореферата и обсуждения на научном семинаре кафедры «Сварочное, литейное производство и материаловедение» с привлечением сотрудников кафедры «Химия» протокол №1 от 8 сентября 2023 года.

Заведующий кафедры «Сварочное,
литейное производство и
материаловедение», к.т.н, д.ц.нт
(диссертация защищена по
специальности 05.02.01 материал

Логинов Олег Николаевич

Заведующий кафедры «Химия»,
д.т.н, профессор
(диссертация защищена по специа
05.17.03. Технология электрохими
процессов и защита от коррозии)

Перельгин Юрий Петрович

Подписи к.т.н., доцента, заведующей
материаловедение» Логинова О
«Пензенский государственный ун

арочное, литейное производство и
го кафедрой «Химии» ФГБОУ ВО
ыгина Ю.П. заверяю

Ученый секретарь ПП

« 11 » 09 2023 г.

/ Дорощева О.С.

Адрес организации:

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования): 440026 г. Пенза, ул. Красная, д. 40. Тел: (8412) 66-60-01, **E-mail:** cnit@pnzgu.ru