

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента Кудри Александра Викторовича на диссертационную работу и автореферат **Федотовой Анны Владимировны на тему «Коррозионно – механическое разрушение соединительных деталей нефтепромысловых трубопроводов»**, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук **по специальности 2.6.17. Материаловедение**

### **АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исходя из текущей ситуации, можно сделать вывод о значимости темы диссертационной работы Федотовой А. В. поскольку на сегодняшний день, вопрос обеспечения достаточного уровня эксплуатационной надежности нефтепромысловых трубопроводов остается открытым. Это связано с постоянным увеличением интенсивности добычи и агрессивностью добываемых сред. В большинстве месторождений присутствуют такие вещества, как сероводород, углекислый газ, хлориды, вода, бактериальная зараженность и другие, которые способствуют сульфидному и водородному растрескиванию, углекислотной и бактериальной коррозии нефтепромыслового и нефте-газо-транспортирующего оборудования.

Российская Федерация эксплуатирует более 200 тысяч километров внутрипромысловых трубопроводов, на которых ежегодно происходит более 25 тысяч инцидентов, часто с разливом перевозимых жидкостей. Трубопроводные системы состоят из линейных участков, выполненных из труб, и соединительных деталей. Соединительные детали трубопроводов, как правило, подвержены более интенсивному коррозионно-механическому разрушению по сравнению с линейными участками из-за высоких гидравлических нагрузок. Именно в соединительных деталях изменяется направление потока и формируются зоны турбулентности и застоя, что приводит к усиленному коррозионно-механическому разрушению.

Несмотря на более усложняющиеся условия эксплуатации, соединительные детали трубопроводов до сих пор выпускаются из традиционных сталей, таких как сталь 20, 20Ф, 20пс, 17Г2, 09Г2С с низкими механическими и коррозионными свойствами. Очевидно, что

эксплуатационные характеристики соединительных деталей должны быть не ниже, чем у линейных участков трубопроводов. Для решения этой проблемы необходимо создание специализированного производства соединительных деталей из сталей повышенной коррозионной стойкости в нефтепромысловых средах. Для этого необходимы надежные данные о особенностях коррозионно-механического разрушения соединительных деталей в существующих трубопроводах, что требует проведения лабораторных и промысловых испытаний.

### НАУЧНАЯ НОВИЗНА И НАУЧНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

1. В данном исследовании было проведено сравнение коррозионно-механического разрушения соединительных деталей и линейных участков нефтепромысловых трубопроводов. Были выявлены особенности формирования продуктов углекислотной коррозии на поверхности сталей, покрытых плотным слоем высокотемпературной окалины. Показано, что свойства осаждающихся карбонатов в продуктах коррозии в сходных деталях значительно отличаются от карбонатов на линейных участках трубопроводов.

2. Также впервые были получены результаты изменения скорости коррозии каждого вида соединительных деталей с течением времени эксплуатации. Было отмечено, что в застойных зонах соединительных деталей преобладает биологическая коррозия в качестве вида разрушения.

3. Представлена последовательность изменения структуры и механических, а также коррозионных свойств сталей с ростом температуры отпуска. Исследование показало, что для сталей с низкоуглеродистой речной структурой, не содержащих карбидов, отпуск до 600°C оказывает незначительное влияние на коррозионную стойкость в агрессивных нефтепромысловых средах.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Результаты работы были внедрены на АО «Трубодеталь» при выполнении НИОКР «Исследование СДТ, изготовленных из труб 05ХГБ АО «ВМЗ», предложенные режимы термической обработки СДТ позволили получить высокое качество продукции на уровне группы прочности К52 с сохранением требуемых коррозионных свойств. Продукция по предложенной

технологии поставлена на производства и поставляется в адрес компаний ПАО «НК» Роснефть», ООО «Газпром Нефть» и успешно эксплуатируется на месторождениях Западной Сибири.

### ОБОСНОВАННОСТЬ И ДОСТОВЕРНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

Достоверность диссертационной работы обеспечена не только корректностью поставленных задач, но и применением проверенных экспериментальных методов, использованием современного испытательного и исследовательского оборудования, а также обоснованностью используемых приближений, соответствием результатов теоретического анализа экспериментальным данным и непротиворечивости полученных выводов и заключений существующим представлениям.

### АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

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, цель и задачи исследований сформулированы, научное и прикладное значение работы подчеркнуто, основные положения, предлагаемые на защиту, перечислены, представлена структура диссертационной работы, а также информация об апробации работы и публикациях автора.

*В первой главе.* Проведен аналитический обзор и определена цель исследования. Приведены представления о механизмах и кинетике коррозионного разрушения линейных участков и соединительных деталей трубопроводов в агрессивных нефтепромысловых средах. Показано, что в трубопроводных системах с силовыми деформациями обусловлены более высокими гидродинамическими нагрузками по сравнению с линейной частью, обусловленными изменением характера и направления течения транспортируемой среды.

*Во второй главе.* Указаны объекты и методы исследований. Стали 05ХГБ, 08ХМФЧА и 13ХФА, которые являются наиболее перспективными из нового поколения низкоуглеродистых низколегированных трубных сталей с бейнитной закаливаемостью, рассматриваются как основные при производстве соединительных деталей трубопроводов. Стали 09ГСФ и 20-

КСХ, традиционно используемые в производстве соединительных деталей трубопроводов, использовались для проведения сравнительных испытаний.

*В третьей главе.* Приведены результаты долговременных 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 соединительных деталей трубопроводов (отводы, переходы, тройники одного и разных диаметров), что позволило оценить интенсивность коррозионно-механического разрушения всех компонентов трубопроводных систем в одинаковых условиях эксплуатации. Результаты исследований показали, что скорость коррозионного разрушения соединительных деталей трубопроводов и ее изменение со временем определяется воздействием двух разрушающих процессов: углекислотной и бактериальной коррозии, которые меняются со временем. В соединительных деталях трубопроводов коррозионно-механическое разрушение происходит более интенсивно, чем на линейных участках трубопровода.

*В четвертой главе.* Рассмотрена технология производства соединительных деталей трубопроводов с высокими механическими и коррозионными свойствами из сварной трубы-заготовки. Сварные нефтегазопроводные трубы, изготовленные из листовой стали, имеют преимущества перед цельнотянутыми трубами, такие как низкая себестоимость, размерная стабильность и более высокая коррозионная стойкость внутренней поверхности трубы (зона ликвации расположена в средней части листа). Однако механические и коррозионные свойства сварных соединений могут быть ниже, что ограничивает их применение. В данной работе было определено, что технология формообразования отводов из сварной трубы-заготовки 05ХГБ обеспечивает гомогенность структуры и свойств соединительных деталей. Дальнейшее улучшение эксплуатационных свойств соединительных деталей рассматривается в следующей главе.

*В пятой главе.* Представлены результаты исследований по выбору оптимального состава и структурного состояния, обеспечивающего сочетание высоких механических свойств и стойкости соединительных

деталей трубопроводов в углекислых нефтепромысловых средах. С использованием отработанной технологии формообразования из сварной трубы-заготовки и по предложенным режимам термообработки для стали 05ХГБ (закалка с 920°С в воду и отпуск при 400°С) была изготовлена промышленная партия соединительных деталей. Со времени внедрения данной технологии в середине 2020 года ни одного случая коррозионного разрушения (отказа) соединительных деталей не было обнаружено на месторождениях Западной Сибири (ООО "Газпром Нефть").

*В заключении.* Сформулированы выводы и представлены основные научные и практические результаты работы. Представленные выводы автора отражают результаты собственных исследований и соответствуют поставленным перед исследователем задачам.

#### СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ РАБОТЫ УКАЗАННОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Тема диссертационной работы и ее содержание полностью соответствуют паспорту специальности 2.6.17. Материаловедение, отрасль науки – технические науки пунктам №1,3,5,6,9:

п.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».

п.3. – «Разработка научных основ выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций».

п. 5. – «Установление закономерностей и критериев оценки разрушения материалов от действия механических нагрузок и внешней среды».

п. 6. – «Разработка и совершенствование методов исследования и контроля структуры, испытание и определение физико-механических и эксплуатационных свойств материалов на образцах и изделиях».

п. 9. – «Разработка способов повышения коррозионной стойкости материалов в различных условиях эксплуатации».

## ЗАМЕЧАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

1. Представляется, что положения научной новизны излишне детализированы, некоторые из можно было бы объединить, с учетом их внутреннего единства. Это же замечание также можно распространить и на выводы (11 штук), исключив повторы, например, п. 5 Практической значимости и вывод № 11 – об одном и том же.

2. В таблице 3 автореферата не лишним было бы привести расшифровку приведенных параметров

3. Неизменное замечание последних лет: в уже провозглашенную эпоху цифровизации при массовом распространении цифровых средств наблюдения и измерения изображений, программных продуктов, в частности в материаловедении, ограничиваться традиционными оценками структур качественного или полуколичественного описательного характера как-то уже не ... Важно понять, например, в какой мере неоднородность микроструктур, может внести свой вклад в формировании различий свойств, если же морфология структур исследуемых вариантов составов однородна, что вполне допустимо, то это также надо объективно показать (в масштабах образца, изделия). А это возможно только при массовых измерениях.

4. Относительно разработанной в работе методики, о чем свидетельствует п.1 Практической значимости (Разработана методика исследования состава и структуры продуктов коррозии, позволяющая установить связь морфологии продуктов коррозии с составами транспортируемой среды и корродирующего металла) и п. 1 Основных результатов и выводов (Предложенная методика исследования состава и структуры продуктов коррозии позволила систематизировать информацию по их строению и развитию коррозионного разрушения сталей в нефтепромысловых средах). То, что в работе такие исследования проводились сомнений нет, однако вычлнить алгоритм предложенных действий (их новизну) из текста диссертации достаточно трудно. Нельзя «вычислить» эту стадию работы и из её «содержания» (стр. 2-4 диссертации).

5. Фрактография могла бы получить большее применение в работе – при сопоставлении механизмов разрушения различных структур.

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

#### ОФОРМЛЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям и ГОСТ Р 7.0.11 - 2011. Текст диссертации написан грамотно, на высоком научном уровне и убедительно аргументирован. Содержание диссертации оснащено качественным иллюстративным материалом. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации, отражает ее основные положения и выводы, даёт представление об актуальности темы исследования, целях, задачах, объекте и предмете исследования, практической ценности и научной новизне, апробации и кратком содержании работы с описанием основных полученных экспериментальных результатов.

#### ПУБЛИКАЦИИ ПО РАБОТЕ

Основное содержание диссертационной работы достаточно полно отражено в 9 публикациях, в том числе 6 - 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, ссылки на источники по тексту диссертации приведены корректно.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Федотовой Анны Владимировны на тему «Коррозионно – механическое разрушение соединительных деталей нефтепромысловых трубопроводов» является законченной научной квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технологические решения, связанные с оптимизацией химического состава и структурного состояния сталей, используемых для производства соединительных деталей нефтепромысловых трубопроводов, обеспечивающие их высокие коррозионные и механические свойства.

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, содержание диссертационной работы полностью соответствуют паспорту специальности 2.6.17. **Материаловедение. Автор работы, Федотова Анна Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. **Материаловедение (технические науки).****

*На обработку персональных данных, связанных с защитой диссертационной работы Федотовой Анны Владимировны, согласен.*

Официальный оппонент,  
Заместитель заведующего кафедрой металловедения и физики прочности  
Федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Национальный исследовательский технологический  
университет «МИСИС»

доктор тех

05.16.01 –

профессор

работка металлов и сплавов,

Кудря Александр Викторович

13 октября 2023 г.

119049, Москва, Ленинский проспект, д. 4, стр. 1,

Электронная почта: avkudrya@misis.ru

Тел.: 8-495-638-4686

ПОДПИС  
Проректор  
и общим вс  
НИТУ МИС

