

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора
Руслана Викторовича Агиней на диссертацию
Григория Геннадьевича Попова на тему: «Разработка метода защиты
промысловых нефтепроводов от ручейковой коррозии подбором
коррозионностойких сталей», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 25.00.19 - Строительство и
эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ

На отзыв представлена рукопись диссертационной работы и ее автореферат. Диссертационная работа состоит из оглавления, введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Содержит 105 страниц печатного текста, 6 таблиц, 52 рисунка, список литературы из 114 наименований. Содержание автореферата изложено на 20 страницах машинописного текста, в составе которого 7 рисунков и 2 таблицы.

1 Актуальность темы диссертационной работы

Промысловые трубопроводы являются технологическими трубопроводами, предназначенными для транспортирования нефти, конденсата, газа, воды на нефтяных, нефтегазовых, газоконденсатных и газовых месторождениях до установок комплексной подготовки сырья. При незначительной длине единичного промыслового трубопровода, суммарная протяженность промысловых трубопроводов, эксплуатируемых в РФ, выше протяженности магистральных трубопроводов нефти и газа и достигает 400 тыс. км.

Наибольший процент отказов происходит при транспортировке нефти по промысловым трубопроводам, удельная частота отказов промысловых трубопроводов достигает 0,25 ед./((км*год), что существенно выше, чем на магистральных трубопроводах. Анализ причин разрушений показывает, что основной причиной отказов (более 80%) является коррозия внутренней поверхности стенок труб на нижней образующей трубопровода.

В связи с вышеуказанным, тему диссертационной работы Попова Григория Геннадьевича «Разработка метода защиты промысловых

нефтепроводов от ручейковой коррозии подбором коррозионностойких сталей» следует считать актуальной, представляющей теоретический и практический интерес.

2 Научная новизна работы

Анализ пунктов научной новизны, сформулированных автором, позволяет заключить, что научная новизна, полученная автором диссертации, не вызывает сомнения и отражена, прежде всего, в предложенном кинетическом уравнении процесса ручейковой коррозии, отличающемся от известных моделей коррозионного разрушения тем, что учтен фактор изменяющегося во времени напряженно-деформированного состояния корродируемой стенки трубы, и указывающее, что скорость углубления дна ручейка, вследствие возрастания роли механохимического эффекта, возрастает по мере увеличения срока эксплуатации трубопровода.

Разработанная автором оригинальная методика испытания образцов, хотя и не может строго являться научной новизной, тем не менее является новой и полезной для поставленных задач, и представляет скорее практическую ценность.

3 Практическая значимость диссертационной работы

Предложенная автором методика испытаний трубопроводных сталей на стойкость к ручейковой коррозии и полученные результаты исследований являются актуальными и, несомненно, найдут практическое применение на предприятиях нефтяной отрасли в части обоснования выбора материалов для изготовления труб промысловых нефтепроводов, работающих в конкретных условиях.

4 Степень обоснованности и достоверности защищаемых положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

На защиту выносятся два положения, сформулированные автором:

1. Глубина коррозионного дефекта h_i промыслового нефтепровода в результате ручейковой коррозии определяется скоростью электрохимической коррозии его материала, протекающей с анодным контролем, а также

уровнем эквивалентных напряжений σ_0 в трубе и возрастает с увеличением времени эксплуатации трубопровода t_i в соответствии с зависимостью:

$$h_i = v_0 \cdot K_{\text{мх}(\varepsilon)} \cdot t_i + \frac{k_{\sigma} \sigma_0}{b} (e^{b \cdot v_0 \cdot K_{\text{мх}(\varepsilon)} t_i} - 1),$$

где v_0 – скорость коррозии ненапряженного материала трубы в водонефтяной эмульсии при интенсивном подводе кислорода к нижней образующей трубы и удалении образовавшихся продуктов коррозии, мм/год;

$K_{\text{мх}(\varepsilon)}$ – механохимический коэффициент степени деформации металла трубы;

k_{σ} – механохимический коэффициент, определяемый напряженным состоянием трубопровода, МПа⁻¹;

b – размерный коэффициент, зависящий от диаметра трубы, мм⁻¹.

2. Метод лабораторных испытаний трубопроводных сталей, моделирующий комплексное воздействие на трубопровод факторов, определяющих интенсивность ручейковой коррозии промысловых нефтепроводов.

При доказательстве *первого защищаемого положения* автором на основании результатов известных исследований разработана компьютерная модель напряженно-деформируемого состояния трубы с продольным надрезом, моделирующим след от ручейковой коррозии. С использованием модели выведено уравнение скорости коррозии металла дна ручейка для коррозионного разрушения с механохимическим эффектом.

Соискателем выполнена проверка выведенного уравнения на промысловом нефтепроводе с реальными эксплуатационными условиями. По результатам расчета видно, что с увеличением времени эксплуатации скорость коррозионного поражения дна ручейка возрастает. Глубины коррозионных поражений, полученные в результате расчета, имеют близкие значения с глубинами коррозионных поражений, наблюдаемых на реальных нефтепроводах, пораженных ручейковой коррозией.

При доказательстве *второго защищаемого положения* соискателем разработан метод лабораторных испытаний, позволяющий ранжировать стали по стойкости к ручейковой коррозии, а также предоставлены результаты по его апробированию. Предложенный метод испытаний основывается на сформулированном автором уточненном механизме

ручейковой коррозии, где выделены основные условия, способствующие протеканию данного вида коррозионного разрушения в лабораторных условиях:

- использование в качестве рабочей среды водного раствора NaCl;
- непрерывная продувка раствора воздухом с целью обогащения его кислородом;
- нахождение анализируемого образца под воздействием остаточных растягивающих напряжений $\sigma_{ост}$, близких к уровню эквивалентных напряжений σ_0 в стенке трубопровода;
- наличие на поверхности напряженной части образца надреза формы ручейка, имеющей место при "ручейковой" коррозии;
- при периодической очистке надреза от продуктов коррозии.

Соискателем разработаны алгоритм подготовительных операций и алгоритм проведения основных испытаний, каждый пункт из которых обоснован и подтвержден дополнительными испытаниями и экспериментами.

Апробация предложенного метода коррозионных испытаний проведена на трубопроводных сталях 17ГС и стали 20. По результатам испытаний более стойкой является легированная сталь 17ГС, скорость коррозии которой в полтора раза меньше, чем углеродистой стали 20. При этом установленные значения скоростей коррозии обоих материалов имеют тот же порядок, что и демонстрируемый трубопроводными сталями в промысловых нефтепроводах при ручейковой коррозии.

Все защищаемые положения, сформулированные в диссертационной работе, соответствуют названию диссертации и цели исследования, являются обоснованными и опираются на результаты выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований.

5 Общая оценка содержания диссертации

Попов Григорий Геннадьевич выполнил работу на актуальную тему, подтвердил широкий кругозор, хорошее знание проблемы, умение самостоятельно планировать и вести теоретические и экспериментальные

исследования. Диссертация и автореферат написаны лаконично, хорошим литературным языком с корректным использованием научно-технической терминологии. Содержание автореферата соответствует основным идеям и выводам диссертации. На все используемые литературные источники имеются ссылки.

В диссертации приведено достаточное количество иллюстративного материала (рисунки, таблицы, графики) что обеспечивает наиболее полное понимание изложенной информации.

Основные научные результаты, полученные автором диссертации, достаточно полно отражены в 16 публикациях, в том числе в 3 публикациях в рецензируемых изданиях, рекомендованных Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

6 Замечания по диссертационной работе

1. Эффект «схлопывания» трубы внутрь при условиях, описанных в проведенном численном эксперименте (силовое воздействие только одного фактора – внутреннего избыточного давления), невозможен.

2. Автором поставлена цель работы – установить факторы, определяющие интенсивность ручейковой коррозии промысловых нефтепроводов, для последующей разработки научно-обоснованного метода по выбору коррозионностойких трубопроводных сталей. Из текста диссертации не очень понятно, достигнута ли эта цель? Разработан ли метод выбора сталей и в каком виде он представлен?

3. Автором, предложен экспоненциальный вариант аппроксимации зависимости, изображенной на рис. 3.3 (стр. 59). Почему отвергнута простая линейная аппроксимация, которая имеет простой физический смысл: напряжения в трубопроводе обратно пропорциональны остаточной толщине стенки труб или прямо пропорциональны глубине дефекта? Нелинейность может обуславливаться формой дефекта (канавочный, шпоночный и т.д.) и тем, что он растет не только его не только в глубину. Между тем, итоговое уравнение автора, описывающее ускоряющийся процесс коррозии, возражений не вызывает.

4. Чем обусловлено решение обдувкой воздухом надрезов образцов при проведении имитационных испытаний, учитывая, то, что в трубопроводе такое воздействие отсутствует?

5. Нет данных о планировании эксперимента, описанного в гл.4. Какое количество образцов стали использовалось для лабораторных экспериментов?

6. В диссертации указано, что расчет скорости коррозии по изменению линейных размеров проводится по формуле 4.6 (стр. 83), однако, не предоставлена информация, какое количество контрольных точек замера использовал автор.

7. В диссертационной работе автором в недостаточной мере предоставлена информация по проведению металлографии коррозионных образцов.

8. Отсутствуют сведения о внедрении результатов диссертационной работы.

7 Заключение

Диссертационная работа выполнена Поповым Григорием Геннадьевичем самостоятельно на достаточном научном уровне. Тема диссертации соответствует пункту 6 паспорта специальности 25.00.19 - Строительство и эксплуатация нефтегазоводов, баз и хранилищ.

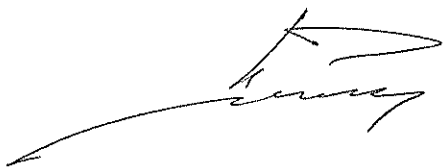
Приведенные в настоящем отзыве замечания не снижают научной и практической ценности диссертации, а имеют, главным образом, пожелания по дальнейшему развитию данного исследования.

Диссертация «Разработка метода защиты промысловых нефтепроводов от ручейковой коррозии подбором коррозионностойких сталей», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.19 - Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ, соответствует требованиям пунктов 2.1-2.6 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного

университета от 26.06.2019 № 839адм, а ее автор Попов Григорий Геннадьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.19 - Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ.

Официальный оппонент,

ректор федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ухтинский государственный технический университет», доктор технических наук по специальности 25.00.19 – Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ, профессор



Руслан Викторович Агине́й

10.09.2020г.

Даю согласие на внесение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Руслан Викторович Агине́й

Адрес: 169300, Республика Коми, г.Ухта, ул. Первомайская, д. 13

Телефон: 8(8216)774402, e-mail: rector@ugtu.net

Подпись официального оппонента, д.т.н., профессора, ректора федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ухтинский государственный технический университет» Агине́й Руслана Викторовича, заверяю

Специалист по кадрам I категории



Н. А. Минакова