

Утверждаю
Декан учреждения образования
Гомельский государственный
технический университет
имени П.О. Сухого
Доктор технических наук, профессор
А.В. Путято
2024 г.



ОТЗЫВ ОППОНИРУЮЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Учреждения образования

«Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»
на диссертационную работу Попковой Юлии Ивановны
**«Повышение коррозионной стойкости и эксплуатационной надежности
подземного оборудования нефтедобывающих скважин»,**
представленную к защите на соискание учёной степени кандидата
технических наук по специальности
05.16.09 – «Материаловедение (машиностроение)»

Экспертиза диссертации, автореферата и основных публикаций по теме диссертационной работы проводилась в соответствии с приказом №165 от 03.05.2024.

1. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки

Диссертация Попковой Ю.И. «Повышение коррозионной стойкости и эксплуатационной надежности подземного оборудования нефтедобывающих скважин» по решаемым в ней задачам, объекту и предмету исследований, полученным результатам, основным выводам и положениям соответствует отрасли «технические науки» и паспорту специальности 05.16.09 – «Материаловедение (машиностроение)», утвержденному Приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 29.11.2023 г. №293, в следующих пунктах областей исследований:

п. 2 – Закономерности изменения механических, физических, физико-химических и других эксплуатационных свойств материалов в условиях их практического использования в определенных областях, и взаимосвязь этих изменений с изменением их фазового и химического состава.

п. 5 – Методы улучшения технологических (обрабатываемости, деформируемости, свариваемости и др.) и эксплуатационных (циклической прочности, износостойкости, теплостойкости, коррозионной стойкости и др.)

свойств материалов и изделий из них. Покрытия, изменяющие эти свойства и методы управления их качеством.

п. 8 – Методы прогнозирования и оценки остаточного ресурса материалов при их эксплуатации в различных областях. Методология выбора материалов для изготовления конкретных изделий для соответствующих отраслей.

2. Научный вклад соискателя в решение научной задачи с оценкой его значимости

В качестве основной цели диссертационных исследований Попковой Ю.И. выбрано повышение надежности подземного оборудования, эксплуатируемого в условиях углекислотной коррозии в скважинных средах нефтяных месторождений Припятского прогиба. В соответствии с поставленной целью решен ряд задач, среди которых особую актуальность имеют следующие:

- разработка методики и оборудования для проведения стендовых коррозионных испытаний трубных сталей с применением реальных скважинных сред;

- изучение влияния состава и структуры трубных сталей на их коррозионную стойкость в различных скважинных средах и эксплуатационных условиях;

- разработка научных основ выбора материалов насосно-компрессорных труб с повышенной коррозионной стойкостью для условий нефтяных месторождений Республики Беларусь;

- адаптация метода прогнозирования скорости коррозии с целью оценки остаточного ресурса насосно-компрессорных труб в условиях нефтедобывающих скважин Припятского прогиба.

В результате проведенных исследований разработана методика проведения стендовых коррозионных испытаний, обеспечивающая протекание одинаковых с результатами натурных исследований механизмов коррозии сталей насосно-компрессорных труб. Установлены закономерности влияния на коррозионную стойкость состава и структуры трубных сталей, характеристик скважинных сред и условий эксплуатации, что позволило продлить срок службы насосно-компрессорных труб и исключить отказы в работе подземного оборудования по причине сквозной язвенной и эрозионной коррозии. Определены условия применения и ограничивающие факторы для насосно-компрессорных труб с внутренним эпоксидно-фенольным покрытием, что позволило рекомендовать данную технологию в качестве альтернативной ингибиторной защите от коррозии для высокодебитных скважин при отсутствии условий возникновения эрозионной коррозии.

Адаптировать с учетом региональных особенностей нефтяных месторождений Беларуси методику прогнозирования скорости коррозии трубной стали, что сделало возможным расчетным методом определять ресурс насосно-компрессорных труб, заблаговременно внедрять антикоррозионные мероприятия и устранить тем самым преждевременные отказы в работе.

Научная значимость результатов диссертации состоит в разработке теоретических положений, заключающихся в установлении закономерностей влияния на коррозионную стойкость насосно-компрессорных труб состава и структуры сталей, характеристик скважинных сред и условий эксплуатации нефтяных месторождений, осложненных углекислотной коррозией, попутно добываемые воды которых представляют собой крепкие рассолы хлоридно-кальциевого типа, в адаптации методики прогнозирования скорости коррозии стали насосно-компрессорных труб с учетом региональных особенностей нефтяных месторождений Беларуси, которые в совокупности можно оценивать как вклад в дальнейшее развитие научной методологии выбора материалов насосно-компрессорных труб в зависимости от степени коррозионной агрессивности скважинных сред.

3. Конкретные научные результаты (с указанием их новизны и практической значимости), за которые соискателю может быть присуждена искомая ученая степень

Соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук за новые научно обоснованные результаты:

1) разработку экспериментальной установки и методики проведения коррозионных испытаний сталей насосно-компрессорных труб в скважинной среде нефтяных месторождений, обеспечивающей протекание одинаковых с результатами натурных исследований механизмов коррозии;

2) установление закономерностей влияния на коррозионную стойкость состава и структуры трубных сталей, характеристик скважинных сред и условий эксплуатации, позволивших увеличить срок службы насосно-компрессорных труб с 1,5 до 5 лет и полностью исключить случаи их отказа по причине сквозной и эрозионной коррозии;

3) установление предельных условий применения защитного эпоксидно-фенольного покрытия внутренней поверхности труб, соответствующих температуре 90 °С, давлению 27 МПа и скорости потока 0,4 м/с, рекомендованного к использованию вместо ингибиторной защиты высокодебитных нефтяных скважин при отсутствии условий возникновения эрозионной коррозии;

4) адаптацию расчетного метода оценки скорости коррозии по стандарту NORSOK M-506 к условиям эксплуатации нефтяных месторождений Беларуси, обеспечившего сходимость реальных и расчетных данных с коэффициентом детерминации $R^2=0,984$, что позволило определять ресурс насосно-компрессорных труб и устранить их преждевременный выход из строя по причине сквозной коррозии;

5) разработку научно обоснованных принципов выбора марок стали насосно-компрессорных труб скважин нефтяных месторождений Припятского прогиба, позволившие получить на предприятиях РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» значительный экономический эффект.

Научная новизна

Экспериментально обосновано ранжирование скважинных сред нефтяных месторождений Припятского прогиба по степени коррозионной агрессивности на три группы, согласно значениями температуры ($< 40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $40 - 55\text{ }^{\circ}\text{C}$, $55 - 88\text{ }^{\circ}\text{C}$) и давления скважинной среды ($< 10\text{ МПа}$, $\geq 10\text{ МПа}$, $\geq 10\text{ МПа}$), соответствующих переходу от сплошной коррозии к локальной язвенной и до интенсивной локальной язвенной.

Впервые установлена связь содержания хрома, марганца и структуры трубной стали с коррозионными процессами, заключающаяся в изменении механизма коррозии со сплошного на локальный язвенный при содержании хрома 1 масс.% и марганца свыше 0,8 масс.%, увеличении скорости коррозии в 1,3 раза для сталей содержащих хром до 1 масс.% при наличии в них структуры Видманштетта (Widmansätt); для среднеуглеродистых марганцовистых сталей – в изменении механизма коррозии с локального язвенного на сплошной при увеличении балла зерна с 10 до 12.

Доказано увеличение стойкости среднеуглеродистых марганцовистых трубных сталей при их микролегировании бором, кальцием, ниобием и алюминием, обусловленное их влиянием на изменение балла зерна сталей с 10 до 12, что препятствует появлению локальных коррозионных повреждений.

Практическая значимость полученных результатов заключается в разработке установки и методики проведения ускоренных коррозионных испытаний трубных сталей, обеспечивших протекание механизмов коррозии, сопоставимых с натурными данными, что позволило сократить временные и финансовые затраты на проведение натурных испытаний различных марок сталей насосно-компрессорных труб в скважинных условиях; разработке требований к насосно-компрессорным трубам, обеспечивших повышенную их коррозионную стойкость в условиях нефтяных месторождений Припятского прогиба, а также определении условий применения и ограничивающих

факторов для трубных сталей насосно-компрессорных труб с различным содержанием хрома и насосно-компрессорных труб с внутренним полимерным покрытием, обеспечивших их обоснованное внедрение, что в совокупности позволило продлить срок службы насосно-компрессорных труб и исключить преждевременные отказы в работе скважин по причине коррозии.

Полученные соискателем научные результаты обладают высоким уровнем новизны, подтверждены эффективностью их практического применения и дают основание для присуждения соискателю искомой степени.

4.Замечания по диссертационной работе

1) Из текста диссертационной работы не совсем понятно, как решалась проблема щелевой коррозии, которая ранее были выявлена в условиях нефтяных месторождений Беларуси.

2) Основной акцент в работе сделан на добывающие скважины, эксплуатируемые установками электроцентробежных насосов. Возможно, соискателю стоило более подробно описать, выявлены ли случаи значительной коррозии насосно-компрессорных труб при эксплуатации скважин установками штанговых глубинных насосов.

3) В первой строчке диссертации и автореферата имеется предложение: «В Республике Беларусь на нефтяных месторождениях, приуроченных к Припятскому прогибу, ...» неуместно применен термин «приуроченных», имеющий смысловое отношение ко времени, а не к месторасположению, как следует из текста.

4) В тексте диссертации в третьей и четвертой главах используется термин «исследование закономерностей...», «определение закономерностей...». В соответствии с понятиями терминов «закономерность» и «зависимость» в диссертации представлены зависимости, а не закономерности.

Высказанные замечания не снижают научной значимости и практической ценности работы.

5.Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Основные результаты диссертации опубликованы в 17 научных работах, в том числе, 5 статьях в научных изданиях в соответствии с п. 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, 3 статьях в прочих научных изданиях, 3 статьях в научно-

технических сборниках и материалах конференций, 3 тезисах докладов на конференциях. По результатам исследований разработана нормативно-техническая документация (стандарт предприятия, регламент, методика).

Соискателем приведены ссылки на собственные публикации и на публикации, написанные в соавторстве, а также на использованные при написании литературные источники. Все положения, выносимые на защиту, подтверждаются ссылками на собственные публикации. Заимствований без цитирования и использования неавторских результатов не выявлено.

Диссертационная работа соответствует п. 20 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации. Уровень научной подготовки Ю.И. Попковой соответствует квалификации кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – «Материаловедение (машиностроение)».

6. Рекомендации по использованию результатов диссертации, которые могут найти практическое применение

Результаты диссертационной работы внедрены в условиях нефтяных месторождений РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» с целью предупреждения и защиты от коррозии насосно-компрессорных труб, продления их срока службы и исключения отказов в работе скважин по причине коррозии. Представленные научные результаты получают развитие при разработке антикоррозионных мероприятий для нефтяных месторождений, попутно добываемые воды которых представлены крепкими рассолами хлоридно-кальциевого типа, содержащими растворенных углекислый газ.

7. Заключение

Диссертационная работа Попковой Ю.И. по новизне, научной и практической значимости отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней и присвоении научных званий, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям по техническим наукам. Содержание автореферата и диссертационной работы соответствует специальности 05.16.09 – «Материаловедение (машиностроение)». Анализ опубликованных работ и содержания диссертации свидетельствует о том, что все основные результаты и положения, выносимые на защиту, обоснованы, достоверны и получены соискателем самостоятельно, что в итоге позволило ему внести существенный вклад в развитие актуальных направлений научных исследований в области материаловедения – развитие научных представлений о закономерностях влияния на коррозионную стойкость состава и структуры трубных сталей, характеристик скважинных и условий эксплуатации, и

решении практических задач повышения эксплуатационной надежности подземного оборудования нефтедобывающих скважин Припятского прогиба.

На основании вышеизложенного Попкова Ю.И. заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – «Материаловедение (машиностроение)» за следующие результаты:

- разработку экспериментальной установки и методики проведения коррозионных испытаний сталей насосно-компрессорных труб в скважинной среде нефтяных месторождений, обеспечивающих протекание одинаковых с результатами натурных исследований механизмов коррозии;

- установление закономерностей влияния на коррозионную стойкость состава и структуры трубных сталей, характеристик скважинных сред и условий эксплуатации, позволивших увеличить срок службы насосно-компрессорных труб с 1,5 до 5 лет и полностью исключить случаи их отказа по причине сквозной и эрозионной коррозии;

- установление предельных условий применения защитного эпоксидно-фенольного покрытия внутренней поверхности труб, соответствующих температуре 90 °С, давлению 27 МПа и скорости потока 0,4 м/с, рекомендованного к использованию вместо ингибиторной защиты высокодебитных нефтяных скважин при отсутствии условий возникновения эрозионной коррозии;

- адаптацию расчетного метода оценки скорости коррозии по стандарту NOR-SOK M-506 к условиям эксплуатации нефтяных месторождений Беларуси, обеспечившего сходимость реальных и расчетных данных с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,984$, что позволило определять ресурс насосно-компрессорных труб и устранить их преждевременный выход из строя по причине сквозной коррозии;

- разработку научно обоснованных принципов выбора марок стали насосно-компрессорных труб скважин нефтяных месторождений Припятского прогиба, позволившие получить на предприятиях РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» значительный экономический эффект;

что **в совокупности** позволило повысить коррозионную стойкость и эксплуатационную надежность подземного оборудования нефтяных месторождений Припятского прогиба, попутно добываемые воды которых представлены крепкими рассолами хлоридно-кальциевого типа, содержащие растворенный углекислый газ, за счет выявленных закономерностей коррозионной деградации трубных сталей, разработки научно обоснованного выбора сталей насосно-компрессорных труб в зависимости от степени коррозионной агрессивности скважинных сред и данных о прогностических скоростях коррозии, необходимых для оценки остаточного ресурса насосно-

компрессорных труб в различных условиях. Положительные результаты практического использования результатов диссертации имеют важное значение для нефтедобывающей отрасли Республики Беларусь и заключаются в снижении эксплуатационных затрат на добычу нефти за счет продления срока службы насосно-компрессорных труб и исключения отказов в работе скважин по причине коррозии насосно-компрессорных труб. Общий экономический эффект с использованием полученных результатов составил 1,7 млн. бел. рублей.

Экспертом по диссертационной работе Попковой Ю.И., назначен кандидат технических наук, доцент Ю.Л. Бобарикин (приказ №165 от 03.05.2024).

Доклад Попковой Ю.И. по диссертационной работе «Повышение коррозионной стойкости и эксплуатационной надежности подземного оборудования нефтедобывающих скважин» и проект отзыва, подготовленный экспертом Бобарикиным Ю.Л. заслушаны на семинаре в УО «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 1 от «23» мая 2024 г.). Присутствовало 15 человек, из них 13 с ученой степенью. Отзыв обсужден и принят открытым голосованием с результатом: «за» – 13, «против» – нет, «воздержались» – нет.

Эксперт, к.т.н., доцент

Ю.Л. Бобарикин

Председатель семинара,
д.т.н., профессор

А.Б. Невзорова

Секретарь семинара,
к.т.н., доцент

З.Я. Шабакеева