

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и
инновационной работе ФГБОУ ВО
«Уфимский государственный
нефтяной технический университет»,
доктор технических наук, профессор



И.Г. Ибрагимов

«20» ноября 2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» на диссертационную работу Богатова Максима Валерьевича на тему «Влияние состава, структуры и свойств внутренних многофункциональных покрытий насосно-компрессорных нефтепромысловых труб на образование асфальтосмолопарафиновых отложений», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение

1. Актуальность темы выполненной работы

Актуальность темы диссертационной работы Богатова М.В. определяется недостаточной проработкой вопросов влияния состава, структуры и свойств внутренних покрытий на образование асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) в нефтепромысловых насосно-компрессорных трубах (НКТ). Наряду с коррозионным воздействием, образование АСПО на внутренней поверхности внутрискважинного оборудования является наиболее распространенным осложняющим фактором при добыче нефти, который приводит к сужению внутреннего сечения труб вплоть до полного зарастания и остановки дебита, большим экономическим потерям вследствие простоя оборудования и необходимости проведения очистных работ. В последние годы для предупреждения образования АСПО расширяется применение внутренних покрытий, которые зарекомендовали себя как надежное средство защиты от коррозии НКТ, поэтому вполне уместно называть данные покрытия многофункциональными. Это дает им такие преимущества как простота, долговечность, эффективность по сравнению с другими методами защиты от нежелательных отложений (ингибирование, нагрев электрическими кабелями и другие).

Однако в настоящее время отсутствуют лабораторные методики и оборудование, которые позволяли бы достаточно достоверно моделировать скважинные условия образования АСПО в серийных насосно-компрессорных трубах с внутренними многофункциональными покрытиями и надежно определять способность этих покрытий предотвращать образование АСПО в условиях эксплуатации НКТ. Сейчас в практической деятельности для тестирования труб с покрытием применяют опытно-промышленные испытания (ОПИ), которые являются очень дорогим, а также длительным видом испытаний.

На основании изложенного тема диссертационной работы Богатова Максима Валерьевича, посвященной исследованию взаимосвязи состава, структуры и свойств внутренних многофункциональных покрытий на НКТ с образованием АСПО, разработке методики и лабораторного циркуляционного стенда для оценки способности этих покрытий предотвращать образование АСПО в динамических условиях движущейся нефтяной среды, является актуальной и имеет большое научное и практическое значение.

2. Значимость для науки результатов диссертационного исследования автора

Для моделирования условий формирования АСПО на внутренней поверхности НКТ как в низкодебитных, так и высокодебитных скважинах были разработаны и изготовлены два лабораторных циркуляционных стенда, новизна и практическая значимость которых подтверждена патентами РФ на полезную модель и на изобретение. Данные стенды позволяют создавать поток нефтяной среды с различной скоростью и температурой и образовывать слой АСПО на внутренней поверхности сегментов серийных НКТ с различными видами внутренних поверхностей при различных температурах охлаждения.

Исследованы структурные составляющие, качественный фазовый состав, а также свойства наиболее распространенных внутренних многофункциональных покрытий (силикатно-эмалевое МК-5 и наполненные полимерные MPLAG 17 и ГИОТЭК 110 М на эпоксидно-фенольной основе) как в статических условиях отсутствия или неподвижной нефтяной среды, так и в динамических условиях движущейся нефтяной среды, а также связь их свойств с эффективностью защиты от образования АСПО.

В результате проведенных исследований установлено, что такие определенные в статических условиях отсутствия или неподвижной нефтяной среды свойства поверхности покрытий как шероховатость, адгезия парафина к сухой поверхности, угол смачивания сухой поверхности дистиллированной водой в отдельности не отражают в полной мере способность поверхностей

предотвращать образование АСПО в динамических условиях движущейся нефтяной среды.

Предложен оригинальный метод определения краевого угла смачивания поверхностей покрытия неподвижной нефтью в воде, результаты которого позволяют судить об олеофобности этих поверхностей. В результате определения краевого угла смачивания покрытий дистиллированной водой и нефтью в различных неподвижных средах (воздух, гексан и вода) подтверждено (особенно наглядно на примере силикатно-эмалевого покрытия МК-5), что для противодействия образованию АСПО поверхность покрытия должна быть одновременно гидрофильной и олеофобной для нефти в воде. В этом случае благодаря смачиваемости поверхности покрытия водой на ней образуется устойчивая водяная пленка с хорошей адгезией к покрытию, а благодаря олеофобности покрытия в воде капли нефти не смачиваются покрытием, имеют низкую адгезию, что затрудняет образование АСПО и приводит к их легкому вымыванию потоком нефтяной среды.

В результате исследований на разработанных лабораторных циркуляционных стендах образцов серийных насосно-компрессорных труб с различными внутренними покрытиями были получены и объяснены зависимости между количеством асфальтосмолопарафиновых отложений на внутренней поверхности труб и такими основными параметрами потока нефтяной среды как градиент температуры, скорость потока и время воздействия. Выявлено, что способность покрытий защищать НКТ от образования АСПО уменьшается в следующей последовательности: силикатно-эмалевое покрытие, полимерные покрытия, стальной образец без покрытия, которая соответствует результатам опытно-промышленных испытаний. Таким образом, проведение испытаний на разработанных лабораторных стендах в динамических условиях потока нефтяной среды позволяет наиболее точно смоделировать образование АСПО на внутренней поверхности НКТ в скважинах и оценить эффективность внутренних многофункциональных покрытий в предотвращении образования асфальтосмолопарафиновых отложений в трубах.

3. Значимость для производства результатов диссертационных исследований автора

Предложены оригинальные методы определения истинной шероховатости поверхности покрытий и краевого угла смачивания поверхности покрытий нефтью в воде, которые позволяют более точно определять эти свойства покрытий.

Совокупные результаты определения краевых углов смачивания покрытий водой и нефтью в воде в статических условиях неподвижной нефтяной среды рекомендованы для первичной качественной оценки способности покрытия предотвращать выпадение АСПО в динамических условиях движущейся нефтяной среды.

Разработка лабораторных циркуляционных стендов позволила создать методику оценки эффективности многофункциональных покрытий в предотвращении образования АСПО на внутренней поверхности НКТ. Данные разработки применены в ООО «Научно-производственный центр «Самара» для оценки способности многофункциональных покрытий предотвращать образование АСПО или увеличивать межочистной период.

Результаты диссертационных исследований Богатова М.В. использовались на протяжении 2021-2022 годов ООО «РН-БашНИПИнефть», где выполнялись работы по формированию «Схемы испытаний НКТ с покрытием для применения на кластерах месторождений Компании», целью которых была замена опытно-промысловых испытаний на лабораторные (стендовые) испытания для сокращения времени принятия решений об эффективности предлагаемых покрытий. Решение о переходе на лабораторные испытания в Компании было принято в январе 2023 года, которому предшествовал НИОКР, в ходе которого проводились испытания различных типов покрытий (MPLAG 17, ГИОТЭК 110М, ТС3000F, МК-5). Методологически все проведённые стендовые испытания базировались на выводах, сделанных в диссертации Богатова М. В., а испытания проводились непосредственно на разработанном лабораторном циркуляционном стенде.

4. Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Разработанная Богатовым М.В. методика «Оценка эффективности применения защитных покрытий против отложений АСПО на испытательном циркуляционном стенде», а также результаты применения выводов диссертации Богатова М.В. в ООО «РН-БашНИПИнефть» по замене опытно-промысловых испытаний на лабораторные (стендовые) испытания для сокращения времени принятия решений об эффективности предлагаемых покрытий рекомендуются использовать также в таких компаниях как ПАО «Газпромнефть», ОАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «Сургутнефтегаз» и других.

5. Публикации, отражающие основное содержание диссертации

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 9 работах, в том числе 4 статьях в рецензируемом журнале «Нефтегазовое дело»,

входящем в базу данных RSCI и в 1-ю категорию K1 Перечня изданий, рекомендованных ВАК РФ для защиты диссертаций по специальности 2.6.17. Материаловедение, а также в 1 патенте РФ на полезную модель и 1 патенте РФ на изобретение.

Публикации и автореферат полностью отражают основное содержание диссертации.

6. Общая оценка диссертационной работы

В диссертационной работе Богатова Максима Валерьевича подробно изложены результаты исследования свойств внутренних многофункциональных покрытий насосно-компрессорных труб, их связи с процессом формирования асфальтосмолопарафиновых отложений из нефтяного флюида, разработаны лабораторные циркуляционные стенды для моделирования процесса образования отложений в НКТ из движущегося нефтяного потока и проведены испытания полноразмерных сегментов серийных НКТ с различными многофункциональными покрытиями, результаты которых коррелируют с результатами опытно-промышленных испытаний НКТ с такими покрытиями.

Представленные в диссертационной работе результаты позволяют на основе лабораторных исследований свойств покрытий в неподвижной нефтяной среде или в ее отсутствие предварительно качественно оценивать способность покрытий предотвращать образование АСПО на нефтепромысловом оборудовании, а по результатам исследований на лабораторных циркуляционных стендах с движущейся нефтяной средой достоверно оценивать эффективность применения внутренних покрытий в противодействии образованию АСПО в НКТ в скважинных условиях.

Внедрение методики «Оценка эффективности применения защитных покрытий против отложений АСПО на испытательном циркуляционном стенде» за счет замены опытно-промышленных испытаний на лабораторные исследования вносит значительный вклад в сокращение затрат и сроков принятия решений в нефтедобывающих компаниях об эффективности предлагаемых внутренних покрытий НКТ и в целом в уменьшение ущерба от действия такого распространенного осложняющего фактора при добыче нефти как асфальтосмолопарафиновые отложения. Результаты диссертационной работы могут быть использованы при разработке новых, более эффективных многофункциональных защитных покрытий для нефтепромыслового оборудования и тем самым вносят важный вклад в развитие материаловедения в нефтегазовой отрасли.

7. Замечания по диссертационной работе

В качестве замечаний следует отметить:

1. В главе 1 на стр. 41 и 43 диссертации при обсуждении роли температурного фактора в образовании АСПО и моделировании этого процесса даются ссылки на публикации 2022 года [55, 57] Илюшина П.Ю. с сотрудниками из Пермского политехнического университета, в которых оценивается влияние теплопроводности органических отложений на результат моделирования парафиноотложения. Но этот вопрос рассматривался ранее с 2017 года в УГНТУ в работах Сунагатуллина Р.З. с соавторами, в том числе в последней публикации [Динамическое моделирование теплогидравлической эффективности слоя асфальтосмолопарафиновых отложений в неизотермическом нефтепроводе. Нефтяное хозяйство. 2021. № 4. с. 118-123.]

2. В главе 3 при обсуждении имеющихся лабораторных стендов, моделирующих образование АСПО, не рассматривается теплогидравлический испытательный стенд для исследования процессов транспортировки тяжелой и битуминозной нефти, описанный в диссертации 2021 года Сунагатуллина Р.З. [34], выполненной в УГНТУ.

3. В главе 4 в таблице 7 приведены результаты по количеству отложений на сегментах НКТ с внутренними функциональными покрытиями и без них в лабораторном циркуляционном стенде, но не указано, на каком именно стенде (первого варианта или модернизированном) получены эти результаты и с использованием какой нефти (месторождение и состав?).

4. В главе 5 исследования на лабораторных циркуляционных стендах проводились с использованием только трех видов внутренних покрытий НКТ, хотя в диссертации рассматривается их гораздо больше, а также с использованием только одного состава нефти с Орьбашского месторождения.

Однако отмеченные недостатки не имеют принципиального значения и не могут заметно снизить научную и практическую ценность выполненной диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа Богатова Максима Валерьевича на тему «Влияние состава, структуры и свойств внутренних многофункциональных покрытий насосно-компрессорных нефтепромысловых труб на образование асфальтосмолопарафиновых отложений» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки лабораторных испытательных стендов и методик по определению эффективности многофункциональных покрытий нефтепромысловых насосно-компрессорных

труб в защите от асфальтосмолопарафиновых отложений, имеющие существенное значение для развития страны.

Рассматриваемые в диссертационной работе задачи соответствуют специальности 2.6.17. Материаловедение.

Представленная диссертация по своей актуальности, новизне, научной и практической значимости полученных результатов удовлетворяет требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Богатов Максим Валерьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Заключение принято по результатам обсуждения диссертационной работы на заседании кафедры «Материаловедение и защита от коррозии» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», деятельность которой соответствует тематике рассматриваемой диссертации, протокол № 4 от «15» ноября 2023 г.

Авторы отзыва дают согласие на обработку своих персональных данных.

Заведующий кафедрой «Материаловедение и защита от коррозии» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», профессор, доктор технических наук (05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (нефтегазовая отрасль)

Латыпов Олег Ренатович

Ученый секретарь кафедры «Материаловедение и защита от коррозии» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», кандидат технических наук (машиностроение в нефтегазовой отрасли)

ного
его

материаловедение

Ямщикова Светлана Алексеевна

Подписи Латыпова О.Р., Ямщиковой С.А. заверяю

Начальник отдела по работе с персоналом

Дадаян Ольга Анатольевна



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (ФГБОУ ВО УНТУ)

450064, Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1.

e-mail: info@rusoil.net

Телефон кафедры «Материаловедение и защита от коррозии» 8(347)242-08-36.

Электронный адрес кафедры «Материаловедение и защита от коррозии» mzk_usptu@mail.ru.