

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки
и технологий» (преемник БашГУ)

Мустафина С. А.

«14» 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

**ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» на
диссертационную работу Секачёва Андрея Федоровича на тему
«Очистка технологических ёмкостей систем трубопроводного
транспорта от нефтешламов с использованием СВЧ нагрева»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности 2.8.5. Строительство и эксплуатация
нефтегазопроводов, баз и хранилищ (технические науки)**

Актуальность темы выполненной работы

Диссертационная работа Секачёва Андрея Федоровича посвящена исследованию процессов нагрева нефтяных сред в системах трубопроводного транспорта с использованием СВЧ электромагнитных волн с целью очистки технологических ёмкостей от накопленных отложений (нефтешламов). Мировая практика эксплуатации вертикальных стальных резервуаров показывает, что хранение нефти и тяжелых нефтепродуктов практически неизбежно приводит к образованию донных отложений, которые с течением времени уплотняются и уменьшают полезный объём. Кроме того, существующая тенденция строительства резервуаров в северных регионах с продолжительным периодом отрицательных температур негативно сказывается на производственных процессах очистки резервуаров, что подчеркивает масштабность и значимость проблемы, рассмотренной в диссертации.

На сегодняшний день имеются различные методы очистки резервуаров представляющие собой комплекс сложных технологических операций, среди которых наибольшей проблемой является подведение теплоты в донные отложения. Существующие методы имеют серьёзные экологические или экономические недостатки. В частности использование в качестве теплоносителя воды и пара приводит к образованию эмульсий, на утилизацию которых требуется дополнительные затраты и производственные мощности.

Таким образом, тема диссертационной работы Секачёва А. Ф. является актуальной и значимой для нефтяной промышленности, так как она связана с

важной для отрасли проблемой - очистка технологических ёмкостей систем трубопроводного транспорта от нефтешламов.

Содержание диссертации

Диссертационная работа изложена на 139 страницах машинописного текста, включает 12 таблиц, 43 рисунка, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы и четырёх приложений, включающих: решение задачи нестационарной теплопроводности в MatLab для расчета теплового поля, создаваемого биконическим рупорным излучателем, акт внедрения результатов исследования, патент на изобретение, патент на полезную модель.

В первой главе проведен обзор исследований, посвященных эксплуатации резервуаров и хранению нефти. Представлена классификация методов и способов снижения уровня асфальтосмолопарафиновых отложений в резервуарах. Проанализированы требования российской нормативной документации к методам очистки резервуаров. Проведен обзор научных трудов отечественных и зарубежных ученых, посвященных изучению изменения уровня отложений в резервуарах при хранении нефтей. Проведен анализ публикаций отечественных и зарубежных учёных о воздействии СВЧ ЭМ полей на нефтяные среды.

Во второй главе описаны устройства передачи СВЧ энергии в нефтяные среды. Выполнено планирование эксперимента по определению КПД передачи энергии СВЧ ЭМ поля в нефтяную среду в зависимости от содержания легких фракций углеводородов. Установлено, что для битуминозных и тяжелых нефтей с содержанием легких фракций более 10 % максимальный КПД передачи СВЧ энергии ЭМ поля достигает 75 %.

В третьей главе разработана математическая модель объёмного тепловыделения при воздействии СВЧ ЭМ поля. Модель учитывает направленное воздействие СВЧ ЭМ волн, создаваемых погружным излучателем, и волн, отраженных от стенок резервуара. В основе модели лежат уравнения классической электродинамики Максвелла и уравнение нестационарной теплопроводности. Допущения, положенные в основу модели, соответствуют требуемому уровню точности и включают в себя предположения об области поглощения электромагнитных волн, их распространения и постоянстве электрофизических параметров облучаемой среды.

Четвертая глава посвящена экспериментальному исследованию процесса СВЧ нагрева нефтяной среды. Представлена оригинальная установка для проведения эксперимента по нагреву нефтешлама биконическим рупорным излучателем. Полученное температурное поле нагреваемой среды сравнивалось с результатами физико-математической модели. Используя статистический критерий

Фишера, было установлено, что математическая модель адекватно соответствует экспериментальным данным. Представлена методика расчёта теплового режима нефтяной среды, облучаемой биконическим рупорным излучателем.

Научная новизна результатов диссертационной работы заключается в том, что:

- разработан метод разогрева нефтяных сред с повышенным содержанием тяжелых фракций внутри технологических ёмкостей с использованием погружных устройств СВЧ излучения;
- предложена математическая модель нагрева нефтешлама описывающая процесс объёмного тепловыделения энергии СВЧ ЭМ поля от погружного биконического рупорного излучателя с учетом падающих и отраженных СВЧ ЭМ волн;
- разработана методика расчёта температурных режимов, позволяющая определить время нагрева и количество погружных СВЧ излучателей для нагрева нефтешламов внутри технологических ёмкостей.
- создана уникальная экспериментальная установка и проведены исследования, в результате которых установлено влияние содержания легких фракций углеводородов в нефтяной среде на эффективность передачи энергии СВЧ электромагнитного поля в диапазоне исследованных частот.

Достоверность полученных результатов подтверждается соответствием численной модели с экспериментальными данными. Результаты, полученные с помощью метода конечных элементов в программном комплексе MathLab на основе разработанной в диссертационной работе численной модели, согласно критериям Фишера и Кохрена, адекватно коррелируют с результатами экспериментальных исследований. Экспериментальное определение коэффициента передачи СВЧ энергии в нефтяную среду проводилось с использованием метода планирования эксперимента.

Апробация работы

Основные положения, результаты и научная новизна диссертационной работы были доложены на 7 международных и всероссийских научно-практических конференциях, форумах и семинарах, указанных в автореферате диссертации.

Значимость результатов для науки и производства:

- экспериментально установленная зависимость КПД передачи энергии СВЧ ЭМ поля в нефтяную среду в зависимости от содержания легких фракций углеводородов имеет важное значение для расчета эффективности обработки битуминозных и тяжелых нефтей;
- экспериментально подтверждено, что предложенные способ и устройство передачи СВЧ энергии ЭМ поля в нефтяную среду позволяют уменьшить вязкость

нефтяных шламов тепловым СВЧ воздействием непосредственно внутри резервуара и использовать как основу технологии очистки нефтяных резервуаров; - разработанная технология разогрева нефтяных сред с повышенным содержанием тяжелых фракций внутри технологических ёмкостей для хранения углеводородов может быть использована при разработке технологического оборудования для удаления донных отложений.

Рекомендации по использованию результатов

Разработанная автором технология разогрева нефтяных сред может быть использована как для технологических емкостей в системе трубопроводного транспорта, так и для разогрева и извлечения нефтяных шламов, хранящихся в земляных амбарах. Предложенный способ может быть рекомендован для реализаций на предприятиях ПАО «Транснефть», ПАО «Сургутнефтегаз», ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Газпром нефть» и других.

Замечания

1. Формула (9) на стр.15 автореферата и (64) на стр. 84 диссертации записана с ошибками.

2. Не вполне корректно использован термин фазовый переход. Поскольку нефтяной шлам представляет собой аморфную среду и в эксперименте при нагреве изменяет свою вязкость, вероятно, корректнее можно утверждать об изменении реологических свойств вещества.

3. Не учтены интерференционные слагаемые в математической модели при учете отраженных от стенок емкости ЭМ волн. Если, их влияние мало, тогда об этом следовало указать в принятых допущениях.

4. Термодинамический процесс СВЧ нагрева нефтяной среды описывается с использованием имеющихся в литературе электрофизических свойств, а не измеренных для исследуемых объектов. Поэтому не вполне понятно, насколько сопоставим принцип описанного теоретического подхода с реальными условиями, в частности, какой в реальных условиях будет область разогрева?

Приведенные замечания не снижают научную и практическую значимость диссертационного исследования.

Итоговая оценка работы

Кандидатская диссертация Секачёва Андрея Федоровича является завершённым научным исследованием, выполненным на высоком научном уровне.

Работа написана ясным и понятным языком, тщательно отредактирована и хорошо иллюстрирована. Публикации отражают суть выполненных исследований, а также полученные результаты.

Автореферат диссертации в полном объеме отражает содержание работы.

Заключение

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что диссертационная работа Секачёва Андрея Федоровича является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на высоком уровне, в которой на основании проведенных исследований решена научная задача.

Работа соответствует требованиям п. 9-14 положения «О присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Автор работы Секачёв А. Ф. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ (технические науки).

Отзыв ведущей организации рассмотрен на расширенном заседании кафедры «Прикладной физики» ФГБОУ ВО «Уфимского университета науки и технологий» 11 ноября 2022 г., протокол № 3.

Я Ковалева Лиана Ароновна, согласна на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Заведующий кафедрой «Прикладная физика»
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,
доктор технических наук
по специальности 01.02.05 «Механика
жидкости, газа и плазмы»
профессор

Ковалева Лиана Ароновна

Подпись Л. А. Ковалевой
удостоверяю:

Учёный секретарь ФГБОУ ВО
«Уфимский университет науки
и технологий»



Баимова Светлана Ринатовна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий».

450076, Республика Башкортостан, г.Уфа, ул. Заки Валиди, д.32

Тел. 8(347)272-63-70 Факс: 273-67-78

E-mail: rector@bashedu.ru, liana-kovaleva@vandex.ru