

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 Отделение нефтегазового дела

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Моделирование гидродинамических процессов размыва донных отложений резервуаров для хранения нефти

УДК 622.692.23-025.71-034.14-776

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ84	Баранов Александр Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Зиякаев Григорий Ракитович	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романюк Вера Борисовна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Манабаев Кайрат Камитович	к.ф.-м.н.		

Томск – 2020 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
Отделение нефтегазового дела
Период выполнения весенний семестр 2020 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.03.2020	<i>Выполнение теоретической части работы</i>	40
15.04.2020	<i>Выполнение расчетной части работы</i>	40
11.05.2020	<i>Устранение недочетов в работе</i>	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Зиякаев Г.Р.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Манабаев К. К.	к.ф-м.н		

Планируемые результаты ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
<i>В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</i>		
Общие по направлению подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»		
Р1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, для решения <i>прикладных междисциплинарных задач и инженерных проблем</i> , соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики), самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	УК-1, УК-2, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, (ЕАС-4.2, АВЕТ-3А, АВЕТ-3i).
Р2	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные <i>исследования с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в сложных и неопределённых условиях; использовать принципы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности</i>	УК-2, УК-3, УК-4, УК-5, , ОПК-2, ОПК-6,
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
Р3	Проявлять профессиональную <i>осведомленность о передовых знаниях и открытиях</i> в области нефтегазовых технологий с учетом <i>передового отечественного и зарубежного опыта</i> ; использовать <i>инновационный подход</i> при разработке новых идей и методов <i>проектирования</i> объектов нефтегазового комплекса для <i>решения инженерных задач развития</i> нефтегазовых технологий, <i>модернизации и усовершенствования</i> нефтегазового производства.	УК-1, УК-2, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11
Р4	<i>Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные машины и механизмы</i> для реализации технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила <i>охраны здоровья и безопасности труда</i> , выполнять требования по <i>защите окружающей среды</i>	ОПК-6, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
Р5	<i>Эффективно работать</i> индивидуально и в коллективе по <i>междисциплинарной тематике, организовывать работу</i> первичных производственных подразделений, используя <i>принципы менеджмента и управления персоналом и обеспечивая корпоративные интересы.</i>	УК-3, УК-6, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4
Р6	<i>Участвовать в разработке организационно-технической документации и выполнять задания в области сертификации нефтегазопромышленного оборудования</i>	УК-2, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-4, требования профессиональных стандартов: 40.083 Профессиональный стандарт "Специалист по компьютерному проектированию технологических процессов" (утвержден приказом Минтруда России от 26.12.2014 № 1158н).
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
Р7	<i>Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для</i>	УК-1, УК-2, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-5

	<i>решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела.</i>	
в области проектной деятельности		
P8	<i>Использовать стандартные программные средства для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов</i>	<i>УК-2, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4</i>
Профиль «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»		
P9	<i>Планировать и организовывать работу по проведению планово-предупредительных ремонтов установок, технического обслуживания и ремонта оборудования.</i>	<i>ОПК-3, ОПК-5, ОПК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3ДК4, ПК-5, критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессионального стандарта 19.003 "Специалист по ремонту и обслуживанию нефтезаводского оборудования".</i>
P10	<i>Планировать внедрение новой техники и передовых технологий, разрабатывать и реализовывать программы модернизации и технического перевооружения предприятия.</i>	<i>УК-2, УК-3, УК-4, УК-5, ОПК-1, ОПК-4, ОПК5, ОПК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессионального стандарта 19.003 "Специалист по ремонту и обслуживанию нефтезаводского оборудования"</i>
P11	<i>Организовывать проведение проверок технического состояния и экспертизы промышленной безопасности, проводить оценку эксплуатационной надежности технологического оборудования.</i>	<i>УК-2, УК-3, УК-4, УК-5, ОПК-1, ОПК-2, ОПК3 ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10...), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессионального стандарта 19.003 "Специалист по ремонту и обслуживанию нефтезаводского оборудования"</i>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) Манабаев К.К.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ84	Баранову Александру Александровичу

Тема работы:

Моделирование гидродинамических процессов размыва донных отложений резервуаров для хранения нефти	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№79-16/с от 19.03.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<i>Объектом разработки является система размыва донных отложений, установленная в резервуаре для хранения нефти. В качестве исходных данных представлены: объемный расход, давление, температура, диаметр приемно-раздаточного патрубка, коэффициент эжекции, плотность и вязкость нефти с осадком.</i>
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Литературное исследование проблематики размыва донных отложения в резервуарах для хранения нефти. 2. Анализ типовых конструкций; анализ формирования осадка; обзор существующих методов очистки; технологий и устройств; предотвращающих накопление донных отложений. 3. Произвести расчет параметров для работы систему размыва, смоделировать гидродинамический процесс работы таких системы. 4. Финансовый менеджмент. 5. Социальная ответственность. 6. Выводы по работе.

Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент и ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Романюк Вера Борисовна, доцент, к.э.н.
«Социальная ответственность»	Черемискина Мария Сергеевна, ассистент
«Английский язык»	Надеина Луиза Васильевна, доцент, к.филол.н.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Введение; Литературный обзор	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	19.03.2020
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Зиякаев Г.Р.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ84	Баранов А.А.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 112 страниц, 12 рисунков., 18 таблиц, 40 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: резервуар, устройство, донные отложения, хранение, нефть, оборудование, анализ, исследование, Ansys CFX.

Объект исследования: электромеханическое устройство для размыва донных отложений в резервуарах вертикальных стальных.

Предмет исследования – размыв донных отложений в резервуарах хранения нефти.

Цель работы – Анализ существующих методов борьбы с донными отложениями. Моделирование гидродинамических процессов размыва донных отложений в резервуарах вертикальных стальных.

Актуальность работы.

На сегодняшний день, из-за роста нефтедобычи, увеличения экспорта и потребления нефтепродуктов, проблема транспортировки и хранения нефти стала требовать большего внимания. При длительной эксплуатации различных резервуаров с нефтью, происходит образование донных отложений, особенно если речь идёт о больших объемах ёмкости. Из-за накопления нефтеосадка на дне резервуаров, за один год эксплуатации, полезный объем емкости может терять до четверти от максимального. Появление осадка приводит не только к недоиспользованию полезного объема резервуаров, но и к затруднению проведения технического освидетельствования и образованию опасных коррозионных участков, расположенных под отложениями. Кроме того, данная проблема осложняет сам процесс эксплуатации, становится сложнее оценивать качество нефти и производить учет её количества. Работа резервуаров, при наличии в них донных отложений, приводит к снижению технико-экономических показателей всей транспортной сети в целом. Таким

образом, с целью повышения производительности и ресурсоэффективности резервуарного парка, необходимо бороться с проблемой сокращением полезного объема.

Обозначения и сокращения

РВС – резервуар вертикальный стальной;

СГС – струйный гидравлический смеситель;

ПРП – приемно-раздаточный патрубок;

ПДК – предельно допустимая концентрация;

СИЗ – средства индивидуальной защиты;

ПДВК – предельно допустимая взрывобезопасная концентрация;

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	11
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	12
2. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАЗМЫВА	25
2.1 ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ХРАНЕНИЯ НЕФТИ В РЕЗЕРВУАРАХ	25
2.2 ХАРАКТЕРИСТИКА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ	35
2.3 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ РЕЗЕРВУАРОВ И СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ НАКОПЛЕНИЯ И РАЗМЫВА УЖЕ НАКОПИВШИХСЯ ОТЛОЖЕНИЙ	38
2.4 ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ В РЕЗЕРВУАРАХ	41
3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАЗМЫВА.....	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ 56	
4.1. ОЦЕНКА КОММЕРЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ПОЗИЦИИ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ	57
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	57
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений	57
4.1.3 SWOT-анализ.....	59
4.2. ПЛАНИРОВАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ	61
4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	61
4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	62
4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования.....	63
4.3. БЮДЖЕТ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ (НТИ)	67
4.3.1. Расчет материальных затрат	67
4.3.2. Затраты на амортизацию оборудования	68
4.3.3. Полная и дополнительная заработная плата исполнителей темы	68
4.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	70
4.3.5. Накладные расходы	70
4.3.6. Формирование бюджета затрат НТИ	71
4.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТА.....	71
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	75
5.1 ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	75
5.2 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТИ	78
5.3 АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ	79
5.4 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	86
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	92
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	96

Введение

В настоящее время в Российской Федерации добыча нефти составляет около 11 млн. баррелей в день. Часть ее транспортируется потребителям по трубопроводам, а другая часть хранится в резервуарах. Во время хранения нефть и нефтепродукты расслаиваются на фракции, тяжелая часть которых осаждается на дне резервуаров.

При хранении нефти и нефтепродуктов в резервуарных парках наиболее важной задачей является обеспечение их надежной эксплуатации на протяжении всего срока службы. В связи с этим, нужно уделять особое внимание техническому состоянию оборудования, предупреждению появления коррозии. Помимо этого, стоит обратить внимание и на качество нефтепродуктов, ведь оно падает при несвоевременной очистке резервуаров и накоплению большого количества нефтешлама.

Стоит отметить, что очистка резервуаров от донных отложений требует их вывода из эксплуатации что является экономически затратной процедурой. Системы размыва не допускают появления и накопления нефтеосадка в резервуарах, что позволяет снизить затраты на хранение нефти и нефтепродуктов.

В данной работе поставлены следующие задачи:

- изучение процесса хранения нефти в резервуарах;
- проведение комплексного анализа существующих методов очистки резервуаров и современных технологий для предотвращения накопления и размыва уже накопившихся отложений;
- определение наиболее эффективного способа борьбы с донными отложениями;
- моделирование гидродинамического процесса размыва донных отложений в резервуаре вертикальном стальном.

1. Обзор литературы

При написании данной работы были использованы научная и учебно-методическая литература, а также проанализированы современные тенденции развития эксплуатации нефтехранилищ, успехи в области конструирования и внедрения систем размыва донных отложений в резервуарные парки, рассмотрены и проанализированы основные эксплуатируемые технологии по размыву донных отложений в резервуарах хранения нефти.

В ходе литературного обзора сперва было обращено внимание на следующие руководящие документы: РД 153-39.4-078-01; РД 39-30-587-81; РД 39-30498-80. В них изложены основные правила технической эксплуатации резервуаров, написаны инструкции по эксплуатации систем размыва и предупреждения появления парафинистого осадка в резервуарах хранения нефти, описана методика расчета допустимых скоростей нефти в резервуарах получаемых при помощи систем размыва, с учетом образования статического электричества. Исходя из проанализированной информации, были учтены особые технические условия и эксплуатационные параметры работы резервуарного парка. [1,2,3]

Учебное пособие «Резервуары для приёма, хранения и отпуска нефтепродуктов» авторов Безбородов Ю.Н., Шрам В.Г. послужило источником основной информации о резервуарах нефти и их классификации. Помимо этого, пособие рассматривает различные конструкции и варианты сборок вертикальных стальных резервуаров. Пособие также позволило ознакомиться с краткой характеристикой оборудования, применяемого для эксплуатации резервуаров хранения нефти. [4]

В научном труде «The corrosion, cleaning, inspection and repair of storage tanks in crude oil service», авторами которого являются Pepper J.E. и Clark D.F., описаны проблемы коррозии, очистки резервуаров, контроля качества и ремонта нефтехранилищ. Особое внимание уделяется истории и ошибкам совершенным в прошлом. В частности, была описана история взрыва

двадцатитысячного резервуара, после которой были переосмыслены существующие на тот момент методы проверки качества оборудования и также переосмыслено отношение к техническому обслуживанию резервуаров. [5]

Шлам, получаемый из резервуаров для хранения сырой нефти, является полутвердым отходом. Это сложная эмульсия из многочисленных нефтяных углеводородов, воды и твердых частиц. Нефтяной шлам образуется при транспортировке, хранении, переработке и добыче сырой нефти. Он включает в себя множество ядовитых видов, ксилол, полициклические ароматические углеводороды, бензол, тяжелые металлы, толуол и этилбензол. Gorang. I.A., Mahar A.S. и другие авторы зарубежной статьи «Characterization of the sludge deposits in crude oil storage tanks» в своем научном труде исследуют физико-химические характеристики шлама нефтяных и газовых месторождений. [24]

Наряду с исследованиями процесса осадкообразования в резервуарах Г.Э. Лерке и В.П. Свиридовым были изучены состав и свойства донных отложений, которые оказывают значительное влияние на процессы размыва и предотвращения-их накопления.

По своей структуре донные осадки можно разделить на два типа:

- рыхлые;
- уплотненные.

Рыхлые осадки представляют собой осевшие частицы с включениями дисперсной среды. Слежавшиеся осадки в течение длительного времени с плотной структурой, подвергшиеся процессу старения, называются уплотненными отложениями.

Одну из работ Нежевенко В.Ф. в 1961 году посвятил вопросу образования парафинистого осадка в емкости малого объема в условиях нефтепромысла. Основная цель данной работы заключалась в определении скорости образования осадка и составлении рекомендаций о возможности отстоя нефти от взвешенного парафина. Процесс отстоя нефти малых плотностей и вязкости исследовали в течение 5 суток, при температурах нефти

от 15,3 до 10,7 °С и окружающего воздуха от 8,2 до минус 2,1 °С. В результате чего было установлено, что снижение температуры в резервуаре происходит крайне медленно и для достижения температурного равновесия между нефтью и окружающим воздухом требуется значительный срок даже при том условии, если температура окружающей среды была бы постоянной. Выделившиеся в результате охлаждения нефти кристаллы парафина оседают с очень небольшой скоростью. Осевшие кристаллы прочно удерживаются в осадке, не переходя в жидкое состояние даже при последующем длительном пребывании нефти в более высокой температуре, сравнительно с первоначальной. Отстой нефти практически не сказывается на общем содержании парафина в ней, поэтому отстой с целью предотвращения выпадения парафина при транспортировке не имеет никакого смысла [6].

Наиболее широко вопросы образования отложений в нефтяных резервуарах в 1967 г. отразили в своей работе Сковородников Ю.А. и Едигаров С.Г., рассмотревшие их применительно к резервуарам объемом до 5000 м³ [7]. В емкостях малых объемов интенсивное накопление осадка происходит в первые два месяца, затем темп роста осадка замедляется и прекращается после заполнения «мертвой зоны», зоны в которой не сказываются влияния поступающей струи из приемно-раздаточных патрубков. Следующий этап – это динамическое равновесие осадка в нефтяном резервуаре.

Перед нефтесбытовой системой, которая является завершающим этапом нефтяной промышленности, и которая обеспечивает связь производства с потреблением, в области хранения нефти и нефтепродуктов встали новые задачи. Некоторые из них пытается проанализировать автор книги «Хранение нефти и нефтепродуктов», Оленев Н.М. В ней, он изложил основные вопросы по хранению нефти и нефтепродуктов, помимо того, автор рассмотрел различные подогревательные устройства, упрощающие борьбу с нефтяным осадком в резервуарах.

Для более глубокого анализа существующих конструкций подогревателей резервуаров хранения нефти служила работа «Подогрев и вероятная температура нефтепродуктов в резервуарах при хранении» размещенная в журнале «молодой учёный» под авторством Тульской С.Г., Чуйкина С.В. и Путрова С.А. [8]

В пособии «Реология нефти и нефтепродуктов» под авторством Рогачева М.К. и Кондрашевой Н.К., посвящённом особенностям реологических свойств нефти, обратных водонефтяных эмульсий и компаундированным нефтепродуктам, рассмотрены основы реологии. Приводятся сведения о составе и основных структурообразующих компонентах нефти и компаундированных нефтепродуктах. [9]

Ответы на вопросы, касающиеся природоохранных мероприятий, были найдены в монографии «Защита окружающей среды при добыче, транспорте и хранении нефти и газа» под редакцией авторов Кесельман Г.С. и Махмудбеков Э.А. В частности, в работе отведено внимание особенностям нефтяного производства, обуславливающего экологические, экономические и социальные последствия загрязнения окружающей среды. Также описаны способы борьбы с загрязнением внутренних и грунтовых водоемов, атмосферы и литосферы. Изложены методы определения экономических потерь от загрязнения. [10]

В стандарте «Инструкция по зачистке резервуаров от остатков нефтепродуктов», согласованным управлением по надзору в нефтяной и газовой промышленности Госгортехнадзора России от 14.01.2004г., содержится информация по организации работ при зачистке резервуаров от осадка, перечислены основные технические средства для зачистки, описан технологический процесс, контроль качества, а также требования пожарной безопасности и требования по охране труда и охране окружающей среды.

Во всей добываемой нефти, в процессе её хранения, происходит накопление донных отложений. Образование этих отложений в резервуарах с

нефтью приводит к снижению полезного объема емкости, к затруднению проведения обследований состояния днища резервуара, и, что не менее важно, к ускорению коррозионных разрушений. Для эффективной борьбы с отложениями необходимо выяснить сущность явления, а также установить основные закономерности данного процесса. Далее следует литература, помогающая разобраться во многих аспектах описанных выше явлений и закономерностей.

В 1964 г. появилась публикация Джабарова С.Г. о разработке ВНИИТБ гидромеханического способа очистки резервуаров от донных осадков, который исключает необходимость пребывания рабочих внутри емкости. При этом способе осадок размывается и разжижается гидромонитором, а пульпа выносятся гидроэлеватором. [11]

Хаммер Я. в 1997 году предложил следующую схему очистки резервуара. Струя разжижающего агента подается на поверхность емкости через размывающее устройство, затем образовавшуюся смесь размываемых отложений откачивают и после переработки размывающий агент вновь возвращается в цикл. [12]

Предложенный метод основан на использовании нефтепродукта, хранящегося в емкости в качестве разжижающего агента, который разбрызгивается на внутреннюю поверхность емкости сверху. Размываемый осадок откачивается из резервуара, очищается, затем проходит через камеру нагрева и подается на вращающееся размывающее устройство. Для зачистки резервуара объемом 50000-80000 м требуется от 24 до 48 часов.

Также было обращено внимание более современному источнику, а именно «Обзор современных методов очистки резервуаров от нефтяных остатков» из журнала молодой ученый под авторством Чуриковой Л.А., Конашевой К.А. и Утегалиева А.Т., в которой авторы анализируют существующие на данный момент современные способы и методы избавления резервуаров от донного нефтяного осадка. Описывают достоинства и недостатки различных методов. В результате проведения их работы, был

предложен наиболее эффективный метод по борьбе с осадками, образующимися в процессе эксплуатации вертикальных стальных резервуаров. [13]

Для анализа эффективности очистки резервуаров от донных отложений при отрицательных температурах окружающей среды, был рассмотрен патент «способ очистки резервуаров, предназначенных для хранения и транспортировки нефти и нефтепродуктов при отрицательных температурах окружающей среды». Несмотря на эффективность, предложенного устройства, анализ патента позволил отметить существующие недостатки метода очистки резервуаров от донных отложений, в сравнении с методом размыва осадка в них. [14]

Крайсек Р. и Крайдер Р., пытаясь облегчить очистку нефтяных резервуаров, в 1989 году изобрели робота, который с помощью дистанционного управления размывал нефтяной осадок водой. Робот с гидравлическим приводом в разобранном состоянии доставляется в резервуар через люк-лаз с помощью специально смонтированной конструкции. Внутри резервуара его собирают для работы. А управление роботом осуществляется с помощью пульта управления. [15]

Робот, перемещаясь на раме по днищу резервуара, очищает его от отложений. Гидравлическая система позволяет оператору с помощью пульта управления перемещать робота по днищу резервуара, а также изменять направление струи создаваемой размывающим устройством. Струя воды размывает осадок, который откачивается из резервуара. Всем процессом управляет один человек, который может длительное время находиться в резервуаре, т.к. управление роботом не требует больших физических усилий.

Одним из зарубежных источников литературы, стала научная работа, носящая название «Chemical Treatment vs. Mechanical Operations in Tank Cleaning: Who Won?», под авторством Shaheen S.E., Ibrahim H.M., Raoul P.G. В заглавие работы сравниваются два основных метода очистки резервуаров от

нефтеосадка, химический метод против механического. В ходе исследования, авторы приводят плюсы и минусы обоих методов, но не смотря на все выявленные достоинства существующих технологий очистки, делается следующий вывод. И химический, и механический типы очистки проигрывают, так как все достоинства рассеиваются если начать сравнивать их с различными методами размыва, позволяющими извлекать выгоду из восстановленного объема нефти, и исключать вредное воздействие нефтешлама на экологию. [16]

В научной работе «On-Line Method for Reducing Sludge Volume in Crude Oil Storage Tanks», под авторством Kremer L. и Nguyen J. также представлены минусы метода очистки резервуара от донных отложений. Стоит отметить, что в работе приводятся не только недостатки, касающиеся ресурсоэффективности и долговечности резервуаров, но и негативное влияние нефтеосадка на человека при контакте с ним. Как результат, было предложено два альтернатив метода. Один из них предполагает откачку части нефтесреды из резервуара, и компаундирование оставшегося количества нефти, путем добавления различных растворителей. Второй метод предполагает не допускать появления большого количества осадка, путем размыва донных отложений, в процессе эксплуатации резервуара. [17]

Далее, была рассмотрена литература посвященная, системам и установкам размыва донных отложений. Здесь также описываются процессы механической очистки резервуаров, приводятся недостатки методов и разбираются альтернативные способы борьбы с осадком в резервуарах, которые заключаются в предупреждении появления этого осадка. Такие системы обладают рядом преимуществ по сравнению с методами механической очистки резервуаров от нефтяного осадка.

В ходе работы был рассмотрено патент «Устройство для повышения эксплуатационных свойств вертикальных стальных резервуаров», владельцем которого является "Тюменский государственный нефтегазовый университет" (ТюмГНГУ). Данное устройство представляет собой общий коллектор в виде

незамкнутого криволинейного трубопровода, расположенного на днище резервуара вдоль его стенки, снабженный восемью напорными патрубками. [18]

В статье «Исследование процесса струйного размыва донных отложений в нефтяных резервуарах», авторами которой являются Бутов В.Г., Никульчиков А.В., Никульчиков В.К., Солоненко В.А., Ящук А.А., при различных параметрах нефти и её температуре, производится расчёт гидродинамических характеристик создаваемой затопленной струи в заданном резервуаре; определяются реологические параметры нефти, при которых возможно размывание донных отложений в при заданных параметрах. На рисунке 1 представлены результаты определения области размыва при различных температурах и соответствующих вязкостей для нефти. Произведено конструирование винтового устройства размыва донных отложений в резервуаре, проанализировано влияние основных конструктивных и режимных характеристик устройства винта на параметры турбулентной струи, смоделирован процесс гидродинамического течения нефти создаваемом в замкнутом резервуаре. По результатам исследований и моделирования процесса размыва донных отложений в резервуарах, авторы делают следующие выводы. При температурах нефти выше 20 °С и соответствующему диапазону вязкости, возможно формирование потока, размывающего осадок скопившийся на дне резервуара. При этом поток жидкости будет иметь скорость 0,5 м/с, расстояние размыва при таких параметрах будет достигать 60,7 м. Но при температуре нефти ниже 15 °С размыва донных отложений достичь не удастся, из этого следует, что в подобном случае будет необходимо внедрять системы подогрева, позволяющие повысить температуру нефти внутри резервуара. [19]

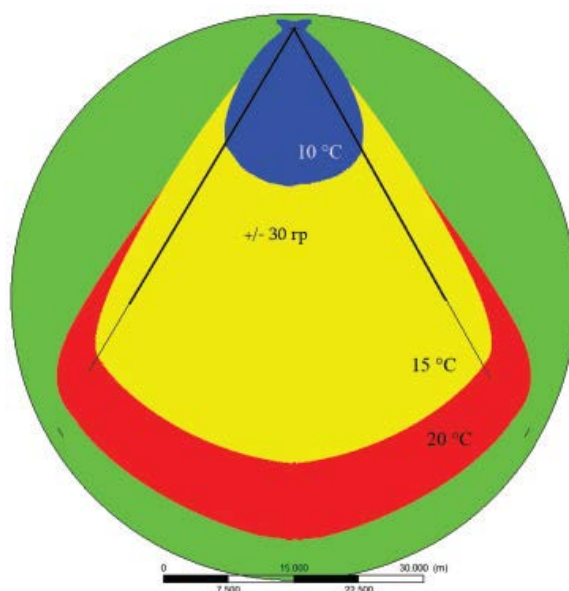


Рисунок 1 – Область размыва в зависимости от температуры (при 10, 15 и 20 °С)

Возвращаясь к руководящему документу РД 39-30-587-81, помимо общих инструкций по размыву парафинистого осадка, документ имеет описание системы, состоящей из кольцевых веерных сопел, погружаемых на дно резервуара. Несмотря на простоту конструкции, такая система обладает рядом недостатков, например, засоряемость подвижных частей сопел, и как результат, снижение показателя эффективности размыва осадка. [2]

Жидкости (в широком смысле слова) отличаются от твердых тел легкой подвижностью частиц. В то время как для изменения формы твердого тела к нему нужно приложить конечные, иногда очень большие силы, изменение формы жидкости может происходить под действием даже самых малых сил, если только они действуют достаточно долгое время. Так, под действием собственного веса жидкость течет, если для этого представляется возможность. В книге «Гидравлика и аэродинамика» рассмотрены основные вопросы механики жидкости. В ней Альтшуль А.Д. описывает физические свойства жидкостей, общие законы движения жидкостей, гидравлические сопротивления, движение жидкости по трубам и истечение их из отверстий, моделирование гидроаэродинамических явлений. [25]

Описание следующего устройства размыва, можно найти в научной работе «Анализ устройств для предотвращения и размыва донных осадков в нефтяных резервуарах» под авторством Кононова О.В, Галиакбарова В.Ф. и Коробкова Г.Е. Система носит название «Струйный гидравлический смеситель» (рисунок – 2), и работает за счёт создаваемого направленного потока жидкости, который производит размыв донных отложений. Результатом научной работы стал сравнительный анализ энергетических затрат проведенного для струйного гидравлического смесителя и электромеханических мешалок в резервуаре объемом 5000 м³. [20]

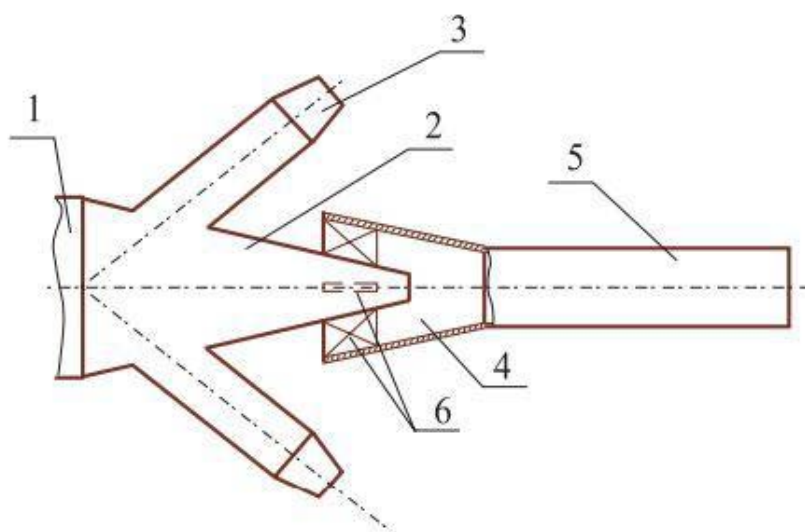


Рисунок 2 – Струйный гидравлический смеситель

- 1 – подводящий патрубок; 2 – центральное сопло; 3 – боковое сопло;
4 – конфузор; 5 – камера смешения; 6 – рёбра жесткости

В диссертации «Развитие технологий и технических средств для борьбы с отложениями в нефтяных емкостях» Кононов О.В. проводит анализ причин образования и накопления отложений в нефтяных емкостях; проводит всеобъемлющий анализ существующих устройств для борьбы с накоплением донных отложений и анализ технологий удаления уже выпавшего осадка. Достоинством работы можно назвать то, что проводился анализ не только отечественного рынка, но и зарубежного. Автором были приведены достоинства и недостатки обзореваемых технических устройств. Данный научный труд внёс большой вклад в направление работы над магистерской

диссертацией. Исследования, в которых приводилась зависимость скорости потока от дальности его действия для струйных гидравлических систем и электромеханических мешалок (Рисунок 3), позволили сделать вывод о условиях размещения рассматриваемых технических устройств, при которых мы сможем добиться максимальной производительности, ресурсоэффективности и экономической выгоды. [21]

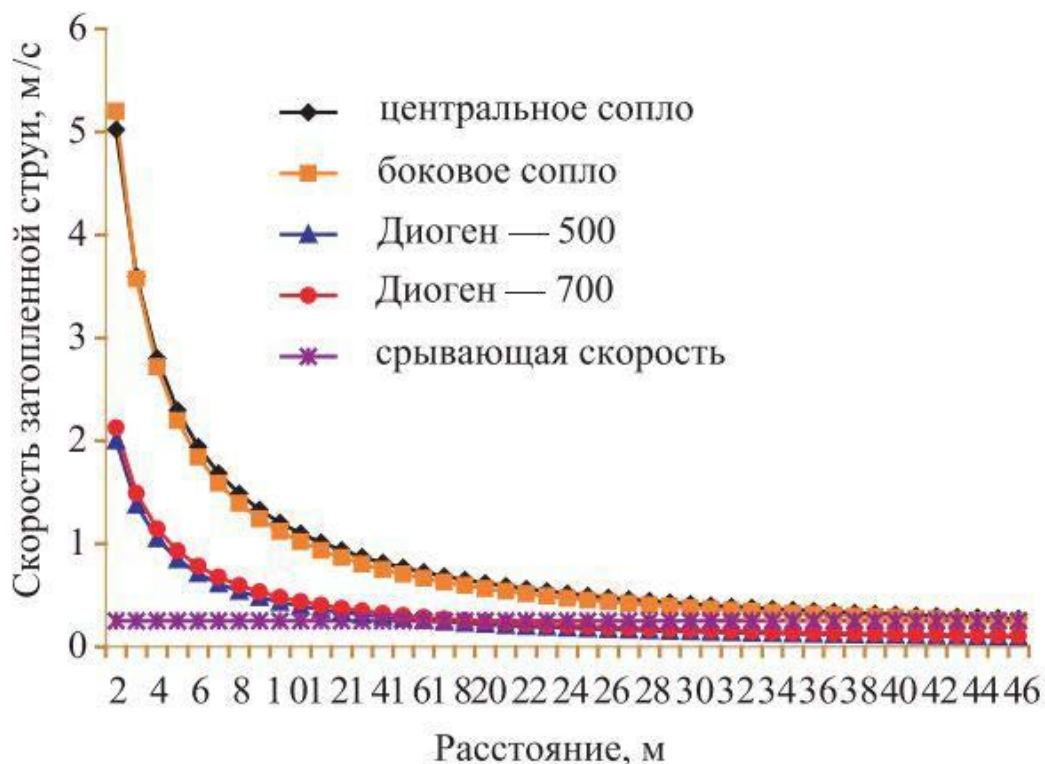


Рисунок 3 – График зависимости скорости струи для смесителя СГС и электромеханических мешалок «Диоген».

В работе авторов Гималетдинов Г.М., Саттарова Д.М. «Способы очистки и предотвращения накопления донных отложений в резервуарах», проводится описание основных механических способов очистки, но большую информативную пользу принесло сравнение основных электромеханических мешалок (таблица 1). Здесь приведены как зарубежные технические устройства, так и отечественные аналоги. [22]

Таблица – 1 Сравнительные технико-экономические показатели отечественных и зарубежных аналогов устройств размыва донных отложений в резервуарах с нефтью

Показатели	Модель устройства, фирма-изготовитель				
	Prematech- nic 177S20, (Германия)	Jensen 620VA 25/29, (США)	Plenty 28P– 8TM 25, (США)	НХ 63.00.000, (Россия)	“Диоген –700”, (Россия)
Диаметр пропеллера, мм	660	730	700	600	700
Мощность электродвигателя, кВт	20,0	18,5	18,5	22,0	18,5
Привод поворота	ручной	автоматически, непрерывный	автоматически, непрерывный	ручной, дискретный через 10°	автоматически, непрерывный
Стоимость с учетом НДС и таможенных пошлин, тыс. руб.	544,4	704,5	873,5	339,0	554,2
Количество устройств, необходимых для размыва одного РВС – 20000	2	2	1	2	1

При написании статьи «Особенности совместной работы резервуара и устройств размыва донных отложений винтового типа», авторы Чепур П.В и Тарасенко А.А. рассматривают внедрение технических устройств в резервуары хранения нефти для размыва нефтешлама. Для расчетов, авторами были рассмотрены отечественные установки, среди которых «Диоген-500», «Диоген-700», «Тайфун-24». Для проведения расчетов, с помощью пакета ANSYS, были построены модели установок размыва и модель резервуара вертикального стального, объем которого составляет 20000 м³. Для созданных моделей были рассмотрены наиболее неблагоприятные режимы работы, негативно влияющие на общее напряженно деформированное состояние стенки (максимальная реактивная сила вала, максимальная высота налива нефти). В качестве результата исследования были представлены результаты расчетов для каждого из рассмотренных вариантов. Для установки типа «Диоген-700», помимо представленного результата численного эксперимента, приводятся результаты полученные в работе. Работа позволяет сделать вывод о важности подбора оптимальных параметров эксплуатации систем размыва донных отложений. Так же при установке винтовых систем размыва, следует прибегать к усилению стенок нижнего пояса резервуара ведь это место подвергается самым высоким величинам напряжения. [23]

Основные законы, используемые в механике жидкости, — те же, что и в механике твердых тел. Однако применение этих законов к задачам механики жидкости отличается некоторыми особенностями благодаря наличию разницы между свойствами жидкостей и твердых тел. Поэтому изучение механики жидкости целесообразно начать с определения и оценки основных свойств жидкостей.

2. Исследование процессов размыва.

2.1 Изучение процесса хранения нефти в резервуарах.

Все современные технологии добычи, транспорта, подготовки и переработки нефти, как правило, предусматривают необходимость долговременного хранения нефти и нефтепродуктов в резервуарных парках. Общий объем хранения составляет сотни тысяч тонн, и их сооружение и эксплуатация требуют значительных материальных затрат. Кроме того, резервуары уязвимы, экологически опасными промышленными объектами и их применение должно строго соответствовать существующим нормам безопасной эксплуатации и охраны окружающей среды.

Современные конструкции резервуаров отмечаются значительным разнообразием их по материалу, форме и способами размещения. В промышленной практике добычи и подготовки нефти используются преимущественно стальные вертикальные цилиндрические резервуары наземного размещения (РВС).

Возможные стандартные объемы сооружений (РВС-100, 200, 400, 700, 1000, 2000, 3000, 5000, 10000 м³). Резервуары с минимальным объемом в 100-200 м³ используются как мерные емкости, большие являются технологическими или сырьевыми и товарными. Сооружаются резервуары из стальных листов размером 1000 2000 1500 3000 мм и из рулонных заготовок, длина которых соответствует периметру пояса резервуара. Толщина металла стенок резервуара составляет 4-12 мм, а качество и марка стали должны гарантировать высокую прочностную характеристику, иметь установленный химический состав, высокую коррозионную стойкость. [1]

Оборудование каждого резервуара должно предусматривать его безопасную эксплуатацию, возможность наполнения и опорожнения, измерение уровня жидкости, поддержания внутреннего давления в резервуаре в безопасных пределах, его зачистку и ремонт (рисунок 4)

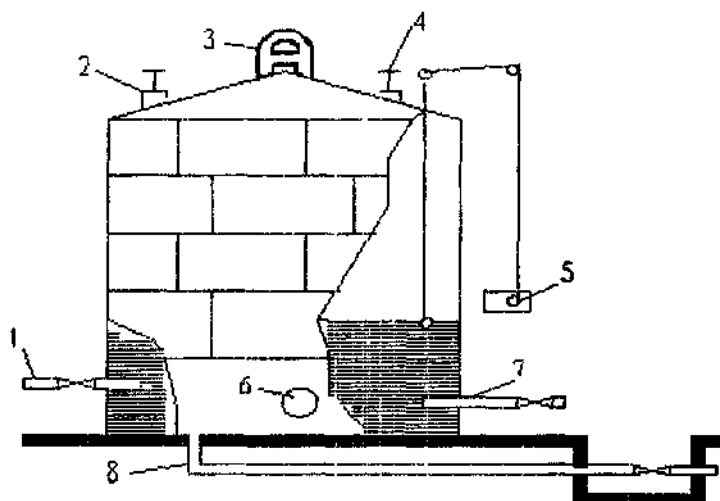


Рисунок 4 – Схема оборудования РВС

Световой люк 2 и люк-лаз 6 нужны для осмотра резервуара, его проветривания во время ремонта. Приемо-раздаточные патрубки 1,7 обеспечивают операции по заполнению и освобождению резервуара от жидкости. При этом они должны предусматривать ламинарный тип движение жидкости внутри резервуара, отсутствие разбрызгивания и интенсивного перемешивания. Внутри резервуаров могут монтироваться змеевики для подогрева продукции, а в технологических резервуарах и устройства для улучшения условий подготовки нефти. [4]

Особое значение при хранении нефти и нефтепродуктов имеет герметизация резервуаров, отсутствие прямого контакта их газовой среды с атмосферой, для этого все резервуары должны быть оборудованы дыхательными клапанами. Механический дыхательный клапан представляет собой литой корпус, в котором размещены два клапана: 1 - открывается при уменьшении давления в резервуаре ниже установленной нормы и 2 - открывается при избыточном давлении.

Эти клапаны изготавливаются в виде тарелок, которые поднимаются с клапанного гнезда вверх под действием перепада давления, а опускаются под собственным весом, когда избыточное давление или вакуум достигает нормы. [4]

Более совершенными являются дыхательные клапаны типа НГКМ, которые исключают возможность примерзания клапанных тарелок к их седлам в холодный период.

В большинстве современных резервуаров типа РВС избыточное давление не должно превышать 2000 Па, а вакуум 400 Па, то есть эти резервуары являются очень неустойчивыми и уязвимыми к механическим перегрузкам конструкциями. Для обеспечения достаточной надежности их эксплуатации, наряду с дыхательными клапанами, монтируются и меры, как правило, гидравлические клапаны. Они должны срабатывать при отказе механического клапана или, когда его пропускная способность недостаточна для прохождения газовой смеси.

Предохранительный клапан работает на использовании известного принципа гидравлического затвора. Кольцевое пространство такого клапана заполняется незамерзающей жидкостью (трансформаторное масло, дизельное топливо, растворы глицерина и этиленгликоля). Для того, чтобы предохранительный гидравлический клапан не сработал вместе с механическим, его рассчитывают на большее усилия, (5-10 %) избыточное давление или вакуум [4]

Стандартные дыхательные клапаны типа НГКМ по своей технической характеристике предусмотрены на пропускную способность от 500 до 3000 м³/час. При выборе их типоразмеров для оборудования резервуаров необходимо учитывать максимальный расход углеводородной смеси Q_{max} , которая может проходить через дыхательный клапан, не вызывая чрезмерных величин давления внутренней среды резервуара или вакуума.

В период заполнения резервуара этот расход равен

$$Q_{max} = Q_n + Q_t + Q_g ,$$

где Q_n - максимальный расход жидкости или интенсивность заполнения резервуара, м³/с ; Q_t - расход углеводородных паров, которые вызваны нагревом газового пространства резервуара

$$Q_t = \beta \Delta T V ,$$

где β - коэффициент объемного расширения газа ($1/273 \text{ K}$); ΔT - скорость прогрева газового пространства резервуара в среднем около $0,0013 \text{ K/c}$; V - объем заполнения резервуара; $Q_{г}$ - объемный расход нефтяного газа, который не отделился от нефти и в том или ином количестве поступает в резервуар. В несовершенных системах сбора и подготовки нефти в некоторые резервуарные парки поступает столь значительное количество газа, что приходится эксплуатировать резервуары, снимая тарелки дыхательных клапанов и с открытыми измеримыми люками. [4]

Особую заботу должна вызывать безопасная и долговременная эксплуатация резервуаров. Группа резервуаров или резервуарный парк должны сооружаться в пониженных участках местности, с учетом механических свойств грунтов и их устойчивости. Резервуарные парки должны иметь надежную обваловку для предотвращения разлива нефти по значительной территории при аварии. Все резервуары должны обеспечиваться стационарными или передвижными средствами пожаротушения с использованием воды.

Каждый резервуар должен иметь полный комплект оборудования, предусмотренный существующими нормативными документами. В процессе их эксплуатации постоянно следят за состоянием сварных швов, наличием или отсутствием коррозии, механической исправностью всего оборудования (задвиги, клапаны, лестницы и их перила и прочее).

Для предотвращения опасных разрядов статического электричества каждый резервуар должен быть надежно заземлен, а проверка электрического сопротивления такого заземления должно быть регулярным.

Особенно ответственной операцией при эксплуатации промышленных резервуаров является их очистка от механических примесей (остатки глинистых растворов, продукты коррозии, соляные отложения). Для освобождения от паров углеводородов в резервуаре открывают все люки и отверстия, и он пропаривается на протяжении 15-24 часов в зависимости от

объема. Сама зачистка резервуаров осуществляется с помощью моющих машин типа ММ-4.

При сборе нефти с высоким содержанием серы, большое внимание нужно обращать на возможность появления в резервуарах соединений железа, которые способны к самовозгоранию в широком диапазоне изменения температур.

Каждый новый резервуар или резервуар, прошедший ремонт, может быть введен в эксплуатацию только после проведения соответствующих испытаний и принятия специальной комиссией.

Поскольку автоматизированные установки сдачи готовой продукции применяются редко, то измерение количества и качества нефти после ее подготовки осуществляется преимущественно в товарных резервуарах объемным методом.

Предварительно каждый резервуар калибруется, с интервалом не более 1 см, чтобы установить зависимость высоты налива от объема жидкости. Результат калибровки оформляют в виде таблицы, которая является официальным документом для учета и реализации товарной нефти.

Измерение уровня жидкости должно проводиться с большой точностью с помощью измерительной ленты с миллиметровыми делениями. Наличие слоя подтоварной воды и ее высоту определяют с помощью специальной водочувствительной ленты. Для пересчета объемного количества товарной нефти в массовую в резервуар спускают пробоотборник и отбирают ряд проб нефти по высоте, согласно существующих стандартов. [1]

После отбора пробы нефти необходимо как можно скорее определить температуру, плотность нефти и привести среднее значение ее плотности к стандартной температуре.

В крупных товарных резервуарах могут монтироваться стационарные устройства для отбора проб нефти. После определения в лабораторных условиях процентного содержания воды рассчитывают общую массу чистой нефти, которую и реализуют потребителям.

Потери углеводородов при добыче и хранении нефти.

Значительная, а иногда и основная, часть потерь углеводородов при добыче нефти связана с необходимостью длительного ее хранения в резервуарных парках. Причиной потерь является наличие больших и малых “дыханий” резервуаров. Большие дыхания происходят вследствие проведения спуско-наливных операций. При опорожнении резервуара в нем создается вакуум, поэтому дыхательный клапан открывается и воздух заходит в газовое пространство, выравнивая внутренний и внешний тиски, и смешивается при этом с углеводородными парами. В период заполнения резервуара газоздушная смесь выходит в атмосферу, то есть теряется.

Малые дыхания резервуаров происходят при смене температурного режима хранения нефти: при повышении дневной температуры или в связи с изменением технологического процесса подогрева, увеличивается давление насыщенных паров углеводородов, находящихся в газовом пространстве резервуара, и часть их выходит в атмосферу. В ночное время, при охлаждении газового пространства резервуара происходит обратный процесс - открывается дыхательный клапан и воздух входит внутрь резервуара.

Промышленные исследования подтверждают, что суммарная массовая потеря углеводородов только при хранении и подготовке нефти может достигнуть 2-3% от общего ее добычи.

Потери от малых дыханий составляют меньшую часть общих потерь (10-15%), но при длительном хранении нефти их суммарная величина является значительной. [2]

Основными методами уменьшения или полной ликвидации потерь легких фракций углеводородов при хранении нефти являются:

- Полная герметизация резервуаров, эксплуатация их с повышенным внутренним давлением или вакуумом;
- Ликвидация газового пространства резервуара;
- Улавливание и использование паров углеводородов, которые выходят в атмосферу.

В практике нефтедобычи резервуары высокого давления, которые практически полностью предотвращают потери углеводородов, не применяются. Ликвидация газового пространства резервуаров типа РВС достигается путем использования плавающих крыш или понтонов. Такие устройства плавающих на поверхности жидкости, движутся вместе с ней вверх-вниз и создают достаточную изоляцию нефти и нефтепродуктов от внешней воздушной среды. Потери углеводородов при их использовании уменьшаются на 70-80%. Применение такой конструкции встречается в крупных резервуарных парках магистрального транспорта нефти и на базах хранения и поставки нефтепродуктов, и при использовании резервуаров значительных объемов (РВС-5000-20000).

В промышленных условиях подготовки и хранения нефти, при наличии значительного количества резервуаров типа РВС - 500 - 2000, более целесообразной технологией борьбы с потерями углеводородов является улавливание и использование их паров.

Такая технология предусматривает обвязку газового пространства всех резервуаров товарного парка, отбор и подачу паров углеводородов в конденсатосборник. С помощью компрессора газовая фаза отбирается, сжимается и направляется в систему сбора газа, а конденсат на переработку или на внутренние нужды. Особое значение имеет четкое поддержание внутреннего давления в резервуарах для предотвращения их разрушения.

Поэтому режим работы компрессора регулируется в зависимости от показаний особо чувствительных электроконтактных манометров. При уменьшении давления газового пространства резервуаров, свыше установленных пределов, срабатывает система, которая открывает регулировочный клапан для стабилизации давления в резервуарах. Для увеличения надежности такой системы на резервуарах должны оставаться дыхательные клапаны.

Кроме основных и наиболее радикальных методов борьбы с потерями углеводородов при хранении нефти в резервуарах, необходимо применять и

более простые технологии: уменьшение объема газового пространства резервуаров и количества сливо-наливных операций, снижение интенсивности температурных колебаний внутренней среды путем окраски резервуаров в белый цвет, их тепловой изоляции. Эффективным методом уменьшения потерь углеводородов от испарения является использование простых экранов, которые плавают на поверхности жидкости (полиэтиленовые пленки, шарики, быстро твердеющие, легкие и пористые пластмассы).

Потери углеводородов в процессе добычи нефти и газа происходят не только в процессах подготовки и хранения нефти. Средне статистическая, наиболее вероятная структура потерь углеводородов, полученная на основе обработки многочисленных промышленных исследований, приведена в таблице 2. [4]

Таблица 2 - Характерная структура потерь углеводородов при добыче нефти

№ п/п	Виды и технологические места потерь углеводородов	% от общего количества потерь
1	При подготовке и хранении нефти (в сырьевых, технологических, товарных резервуарах).	45
2	Потери нефтяного газа (продувка скважины, трубопроводов в атмосферу, некачественная сепарация)	15
3	Освоение скважины, вызов притока жидкости, исследование скважин	15
4	Аварии (разгерметизация оборудования, срабатывания предохранительных клапанов)	7
5	Проведение ремонтных работ (подземные и поверхностные работы, зачистка резервуаров и другого оборудования)	7
6	Другие виды потерь (в системе ППД, через сальники, задвижки, при депарафинизации, спуска скребков и измерительной аппаратуры)	11
	Всего	100

Анализ таблицы 2 подтверждает наличие существенных потерь при хранении нефти и существование значительного количества других видов потерь, связанных, прежде всего, с несовершенством современных технологий эксплуатации скважин, их исследования, при проведении ремонтных работ.

Сравнительно низкая величина потерь углеводородов от аварий объясняется тем, что они носят эпизодический характер. Таблица не учитывает возможности возникновения больших аварий (открытый аварийный фонтан, разрывы магистральных нефтегазопроводов и прочее), которые вызывают очень большие потери углеводородов.

В ноябре 1972 года, в одной из восточных компаний нефтегазовой отрасли, произошла авария резервуара объемом 20000 баррелей, резервуар был построен в 1949 году. Нефть прорвалась через четыре нижних пояса. Выделившийся нефтепродукт воспламенился, когда какая-то часть вышедшего из строя резервуара коснулась линии электропередачи. В результате пожара было уничтожено несколько линий электропередач. Так же было уничтожено несколько других резервуаров и большая часть нефтеперерабатывающего трубопровода, включая насосную станцию. К счастью, в результате этой чрезвычайной ситуации никто не погиб. [5]

После последующего расследования был сделан вывод о наличии недостатков в методах технического исследования состояния резервуаров и отношении к техническому обслуживанию емкостей.

Резервуар эксплуатировался в течение длительного периода, работая с коррозионной средой. После этого случая, многие компании, работающие в этой и подобных областях, вскоре обнаружили, что их резервуарные парки находятся в худшем состоянии, чем предполагалось.

Коррозия резервуаров для хранения нефти, как внутренняя, так и внешняя, была признана одной из важнейших проблем на протяжении многих десятилетий после этой аварии. При этом она требует значительных затрат усилий и средств для ее устранения. Несмотря на это, недавно внедренные методики проверки технического состояния оборудования показали, что степень коррозии в прошлом все-таки недооценивалась.

Внутренняя коррозия, принимающая форму питтинга и общей потери металла, наблюдается на крышах, оболочках и днищах. Сильная коррозия кровли была предотвращена изменением материала на алюминий.

Проржавевшие пластины корпуса заменялись, когда это было необходимо, в противном случае, они были покрыты изнутри стеклопластиковыми покрытиями по всей поверхности. Поверхность днищ была обновлена с использованием более толстой стальной пластины, защищенной сверху слоем стеклопластика.

Внешняя атмосферная коррозия не была проблемой для рассматриваемых резервуаров, на крышах или поясах. На днищах из-за контакта с почвой коррозия была проблемой в некоторых местах. Защита от этого была предоставлена путем установки резервуаров на площадку из промасленного песка без каменных включений. Опыт показывает, что при контакте с камнями на днищах появляется быстрая питтинговая коррозия. Было обнаружено, что катодная защита с использованием анодов полезна для смягчения коррозии верхней части днища.[5]

Резервуары для хранения сырой нефти на нефтеперерабатывающих заводах среднего размера подвержены особой опасности. Сырые нефти вызывают внутреннюю коррозию, затрагивающую верхние слои дна резервуара, нижние и верхние пояса резервуара. Такая коррозия принимает форму углублений и общей потери металла. Чаще всего днища и пояса резервуаров разъедаются при контакте с соленой водой, которой достаточно много в сырой нефти. Поэтому для резервуаров с сырой нефтью существует необходимость нанесения защитных покрытий на сталь, для достижения удовлетворительного срока службы. [2]

В целом, технологии строительства продвинулись с того времени, но по-прежнему остается проблема появления на дне резервуаров донных отложений, которые в своем составе имеют опасные соединения, ускоряющие процесс появления коррозии. Также при накоплении нефтяного осадка, есть опасность появления водяных линз, которые при контакте с металлом днища вызывают коррозию и, следовательно, утонение толщины области контакта.

При длительной эксплуатации различных резервуаров с нефтью, происходит образование донных отложений, особенно если речь идёт о

больших объемах ёмкости. Из-за накопления нефтеосадка на дне резервуаров, за один год эксплуатации, полезный объем емкости может терять до четверти от максимального. Появление осадка приводит не только к недоиспользованию полезного объема резервуаров, но и к затруднению проведения технического освидетельствования и образованию опасных коррозионных участков, расположенных под отложениями.

2.2 Характеристика донных отложений

В процессе транспортировки и хранения нефти в резервуарных парка происходит выпадение осадков.

Осадок, полученный из резервуаров для хранения нефти, представляет собой полутвердые элементы. Это сложная эмульсия из многочисленных нефтяных углеводородов, воды и твердых частиц. Нефтяной шлам образуется при транспортировке, хранении, переработке и добыче сырой нефти. Он включает в себя много ядовитых веществ, таких как, ксилол, полициклические ароматические углеводороды, бензол, тяжелые металлы, толуол и этилбензол. Осадок, содержащий нефть и воду, образуется в результате различных видов деятельности и процессов. [6]

Осадок оседает на дно после долгого пребывания жидкости в статическом состоянии под силой тяжести, которая влияют на твердые частицы. Более тяжелые элементы нефтяной эмульсии выпадают на днище емкости. Выделение твердых элементов, содержащихся в нефтепродуктах зависит от различных параметров, в том числе, физико- химических характеристики нефти, температуры и ряда других факторов. При этом конструктивные особенности и технико-экономические параметры влияют на скорость и интенсивность выпадение осадка..[9]

Многие страны признают нефтяные отложения как особо опасные отходы из-за крайне вредного воздействия на окружающую среду и здоровье людей, работающих в непосредственной близости от того места, где он появляется или обрабатывается.

В целом, можно выделить две стадии процесса образования осадков:

Первой стадией является образование осадка, а вторая стадия — это накопление этого осадка в процессе эксплуатации резервуаров, хранящих нефть. Стоит отметить, что внутри резервуаров распределение нефтяного осадка происходит неравномерно.

Нефтеосадок распространяется в резервуаре не равномерно. Это можно объяснить работой приемно-раздаточных патрубков, по которым периодически поступает поток нефти в резервуар, и периодически открывается. Примерно расположение осадка продемонстрировано ниже. [7]

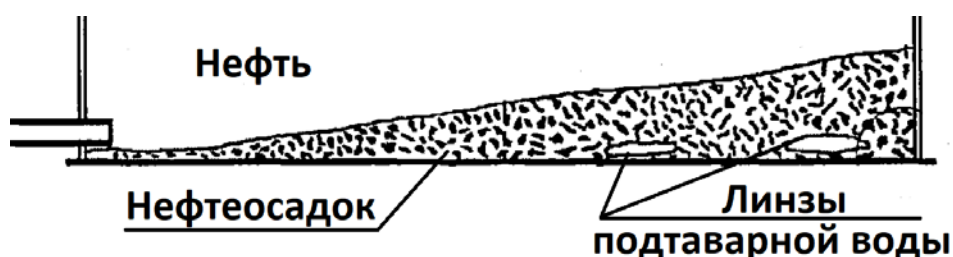


Рисунок 4 –Распределение нефтеосадка в резервуарах

Как показывает практика эксплуатации вертикальных стальных резервуаров (РВС) средний уровень отложений парафина составляет 0,7-1,2 м или 6-18% от рабочего объема резервуара.

Длительное хранение многофазных смесей, к которым относится нефть, приводит к естественному расслоению. Это происходит в основном из-за разных физических свойств компонентов и силы тяжести. Диффузия и осаждение оказывают второстепенное влияние. [6]

Таблица 3 - Физико-химические характеристики отложений при хранении нефти, добываемой в Западной Сибири

№ п/п	Параметры	Значения
1	Плотность	868-882 кг/м ³
2	Хлористые соли	712-1160 мг/л
3	Вода	4,8-13%
4	Механические примеси	0,2-3,1%
5	Асфальтены	3,44-16,48%
6	Смолы	3,44-6,62%
7	Парафины	25,61-38,59%
8	Масла	45,51-57,1%
9	Сера	0,5-0,61%
10	Металлы (ванадий, никель)	2,5·10 ⁻⁴ – 15·10 ⁻⁴ %

Наличие в отложениях солей хлора и серы, воды приводит к коррозии днища и нижнего пояса стенки резервуара.

По структуре донные осадки можно разделить на два типа:

- рыхлые;
- уплотненные.

По физическим свойствам рыхлые осадки близки свойствам нефтей из которых они образовались, но с увеличением времени хранения заметно возрастают в количественном отношении вязкость и плотность [7]

Поэтому, важно не ограничиваться лишь методами очистки донных отложений, но и внедрять в работу резервуаров технические устройства по размыву нефтеосадка.

2.3 Анализ существующих методов очистки резервуаров и современных технологий для предотвращения накопления и размыва уже накопившихся отложений

Очистка шлама со дна резервуаров для хранения сырой нефти является дорогостоящей и трудоемкой задачей. Удаление и утилизация донного осадка резервуаров с сырой нефтью является трудоемкой процедурой, которая может быть дорогостоящей для нефтеперерабатывающего завода. Некоторые из ключевых проблем при обработке донного осадка резервуаров включают:

а) минимизацию объема осадка для снижения затрат на утилизацию;

б) сокращение времени процесса для сокращения времени простоя оборудования и затрат на рабочую силу;

в) совершенствование процедур для минимизации воздействия потенциально опасных материалов на работников. Накопление шлама также представляет собой проблему при нормальной эксплуатации, так как шлам снижает рабочую емкость резервуара и донные отложения удерживают элементы, которые увеличивают коррозию внутренних частей резервуара.[10]

В прошлые десятилетия было принято сливать из резервуаров как можно больше жидкости, открывать боковые стенки резервуара, а затем посылать рабочие бригады для ручного удаления осадка со дна резервуара. После удаления из резервуара было обнаружено, что углеводороды и вода могут быть отделены от шлама, что значительно уменьшает объем материала, который должен быть удален. Углеводороды, как правило, возвращаются в сырую единицу для переработки в продукты, тем самым возмещая часть затрат на переработку. Затем вода сбрасывается в систему очистки сточных вод нефтеперерабатывающего завода.

Для отделения шлама, удаляемого из резервуара хранения нефти, было используется несколько основных методов. В некоторых случаях его химически обрабатывают и позволяют отделить под действием силы тяжести в отдельном сосуде. Чтобы облегчить такое гравитационное разделение, часто

необходимо добавлять разбавители, такие как вода или углеводороды, керосин. Гораздо более чистое и быстрое разделение часто достигается с помощью специально разработанных мобильных фильтр-прессов и центрифуг. [12]

Для решения вопросов безопасности работников были разработаны различные устройства для удаления осадка из резервуара с минимальным воздействием на работника. Например, были разработаны роботы для удаления осадка из резервуаров хранения нефти с минимальным воздействием на работника. Распылительные устройства высокого давления могут быть опущены через крышу или размещены на днищах резервуаров. Такие устройства направляют струю воды таким образом, что осадок разжижается в суспензию, которая перемещается в угол, где ее можно откачивать из резервуара. Такие брызги обычно могут быть направлены в направлении вращения так, чтобы весь осадок мог быть достигнут.

Другая процедура включает в себя снятие резервуара "с линии" и слив как можно большего количества жидкости. Затем резервуар наполняют растворителями и химикатами, смешивают и иногда нагревают, чтобы извлечь как можно больше углеводородной фазы. Некоторые растворители, которые были использованы, включают воду и керосин. После того как растворится как можно больше шлама, жидкость откачиваются, либо обрабатывается центрифугой, либо помещаются в пробойный резервуар, где может быть отделена вода. Иногда, в качестве растворителя используется сырая нефть, а после того, как вода и твердые частицы оседают в отдельном резервуаре, загрязненная сырая нефть отправляется на установку по разделению жидкости на разные фазы. Во всех этих случаях на дне резервуара обычно остается небольшое количество шлама и твердых частиц, которые должны быть удалены вручную.

Как говорилось ранее, одна из причин борьбы с донным осадком, это уменьшение полезного объема резервуаров. Борьба с отложениями в

резервуарах для хранения нефти в зависимости от степени механизации работ осуществляется с применением различных технологий.

Основные направления развития способов борьбы с отложениями:

- периодическая очистка (предполагает вывод резервуаров из эксплуатации)

- предотвращение накопления отложений (предполагает использование вспомогательного оборудования, различные системы и устройства размыва донного осадка)

Ручной метод очистки является простым способом, но наряду с этим, самый вредный и трудоемкий. Такой способ требует проведения большого количества дополнительных мероприятий по обеспечению безопасности ведения работы для рабочего потенциала. Кроме того, все последующие перечисленные методы очистки подразумевают вывод емкости из эксплуатации и потерю ценного сырья, каким является удаляемый осадок.

Механический метод. Относительно ручного, такой способ позволяет сократить длительность выполнения работ, но все же он имеет ряд существенных недостатков:

- Низкое качество очистки;

- Метод требует больших капитальных затрат;

- Необходимость доочистки резервуара вручную, нарушение целостности резервуара, повреждение днища.

Гидромеханический метод заключается в очистке резервуаров от отложений с использованием механического устройства перемещающегося по днищу резервуара самостоятельно либо, с помощью рабочего персонала и размывающего нефтяные отложения со стенок и днища резервуара через сопла различной конструкции. Гидромеханический метод получил широкое применение, как для удаления отложений, так и для предотвращения накопления.

Сущность теплового способа зачистки заключается в расплавлении парафинистых осадков подогретой нефтью в резервуарах вертикальных стальных. При таком методе работ, результат достигается путем циркуляции небольшого объема нефти по схеме резервуар - теплообменник - резервуар.

2.4 Предупреждение накопления отложений в резервуарах.

Существуют различные устройства для механического метода размыва донных отложений. Одно из них представляет из себя следующую установку.

В крыше резервуара равномерно расположены отверстия, на некотором расстоянии от обечайки емкости. Они предназначаются для тросов, с помощью которых происходит управление устройством. Также есть отверстие, расположенное по центру крыши резервуара, оно же предназначено для установки самого устройства размыва. При работе с большими объемами и различными конструкциями резервуаров, таких отверстий могло быть больше. На отверстие в середине монтировалась вышка с лебедкой, которая выполняла спускоподъемные операции с помощью троса. В остальные отверстия вставлялась лебедка с электрическим, гидравлическим или механическим приводом. Некоторые из лебедок присоединялись к устройству, благодаря чему появлялась возможность перемещения устройства вдоль днища емкости. Периодически тросы менялись, для перемещения устройства в различные места. Трубопроводы для откачки и подачи жидкости проходили внутри корпуса. Режущие головки, вращаясь, дробили твердый осадок и происходил размыв. Нефтяная эмульсия со взвешенным осадком выкачивалась и проходила дальнейшую очистку от нефтешлама. [14]

Вакуумный метод предотвращения накопления осадка.

Устройство выполняет следующие условия:

- зачистка может осуществляться в любое время, не зависимо от уровня налива нефти;
- не всегда присутствует необходимость опорожнения резервуара;

- очищение днища резервуара происходит равномерно по всей площади резервуара;
- имеет отличные технико-экономические показатели, высокая износостойкость, маленькая. [16]

Главным недостатком этого устройства являлось некоторое ослабление днища в зоне примыкания к днищу первого пояса резервуара.

Гидравлический метод предотвращения накопления донного осадка в резервуарах нефти осуществляется за счет использования потенциальной энергии потока жидкости протекающей в приемно-раздаточных патрубках. Различные конструкции, устанавливаемые на исходные системы трубопроводной обвязки, позволяет как размывать уже накопившийся осадок, так и предотвращать его появление. Такие устройства устанавливаются внутри емкостей, имеют минимальные габаритные размеры, массу, энергопотребление и материалоемкость. Соединение устройства с приемно-раздаточными патрубками чаще всего фланцевое, что обуславливает простоту ремонта и замены элементов, в случае износа такого оборудования. Конструкции таких устройств надежны и не требуют проведения ТО и ремонта на протяжении длительного периода.

Принцип работы заключается в том, что поток закачиваемой нефти или нефтепродукта подается по конфузoram, создавая затопленную гидравлическую турбулентную струю. Струи выходящие из сопел срывают донные отложения и взвешивают осадок под действием циркуляции всего нефтеобъема. Таким образом устройство препятствует выпадению нефтешлама.

Существуют различные конструкции таких устройств, их количество и конструкция может подбираться в зависимости от объема емкости и ее конструктивных особенностей. Такая система может быть совмещена с эжекторами. Они устанавливаются на некотором отдалении от сопла и под действием течения увлекается нефть, находящаяся вблизи приспособления.

Гидромеханический способ предотвращения образования нефтяного осадка в резервуарах предполагает использование электромеханических винтовых мешалок различной конструкции и с различными рабочими параметрами устройства. Перемешивая нижний слой нефти в резервуарах, они обуславливают подвижность выпадающих из него частиц.

Для достижения необходимого результата размыва, применяется несколько таких устройств оптимальной мощности на один резервуар. Использование большего количества мешалок позволяет увеличить площадь размыва и равномерность работы. При использовании таких мешалок в резервуарах большого объема, необходимо использовать устройства высокой мощности со специально спрофилированными винтами. [17]

Перемешивающее устройство состоит из электродвигателя, редуктора и вала, на который крепится гребной винт. Вал и винт монтируется в резервуар через люк-лазы при помощи фланцевого соединения. Одной из особенностей таких устройств является наличие в ступице фланца подшипника, который позволяет изменять направление работы мешалки.

Основные зарубежные производители таких мешалок:

«Дженсен Миксер Инк.» (США);

«Пленти Миксер» (США).

Основные отечественные производители:

«Диоген»;

«Тайфун».

Несмотря на все достоинства таких систем, и распространенность по рынку топливно-энергетического комплекса России, они имеют следующие недостатки:

- 1) Периодически, вследствие касания нефтяного объема с лопастями происходит расцентровка, которая в свою очередь вызывает вибрации стенки пояса резервуара. Такие вирации могут привести к разрушению металла резервуара.
- 2) Эффективность устройства, не так высока при размыве осадка, из-за большого коэффициента турбулентности создаваемой струи. Ввиду

этого, для эффективной работы устройства, нужно обеспечивать его большим временем работы. Либо устанавливать большее количество мешалок на один резервуар.

Проведенный обзор всех существующих технологий и устройств позволил выделить и классифицировать основные способы, применяемые для удаления, размыва и предотвращения накопления отложений в резервуарах хранения нефти.

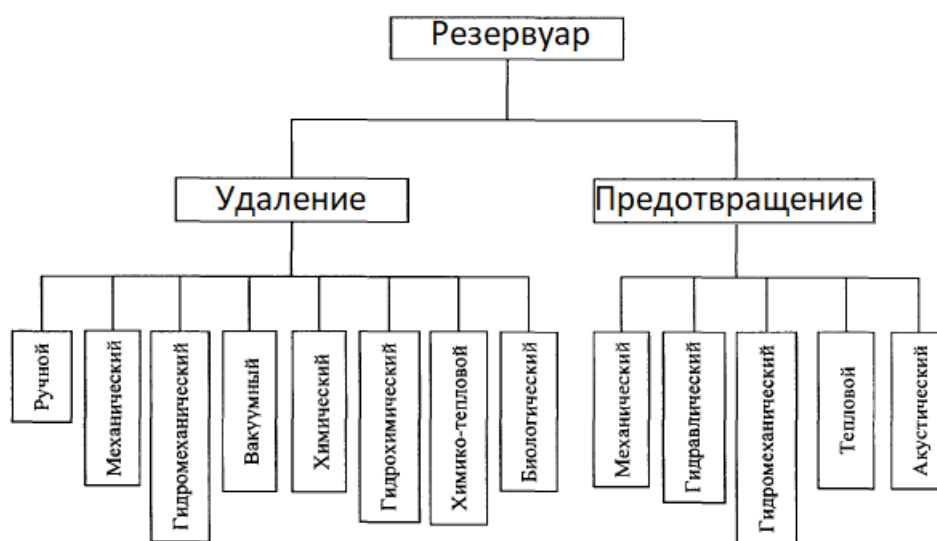


Рисунок 6 – Классификация способов борьбы с отложениями в нефтяных емкостях.

3. Моделирование гидродинамического процесса размыва

Независимо от конструкции и технико-эксплуатационных параметров, во всех видах резервуаров, при их эксплуатации появляется проблема предотвращения и размыва нефтеосадка. Существует множество технологий и устройств, позволяющих вести борьбу с донными отложениями, но проведенный комплексный анализ позволил выделить наиболее эффективные средства борьбы с нефтяными отложениями, среди таких можно назвать гидравлический и гидромеханический способы. С целью выявления наиболее эффективной системы или устройства размыва и предотвращения накопления отложений, в резервуарах проведены исследования параметров их работы и представлен сравнительный анализ технико-экономических показателей устройств и систем, применяемых на предприятиях топливно-энергетического комплекса России.

Отмечается, что в Китае в последние годы широко применяется режим нагрева резервуаров для сырой нефти путем распыления горячего масла через форсунки. Струйные смесители дешевы и по сравнению с механическими смесителями могут быть легко установлены. Для организации циркуляционного перемешивания необходимы только насос и сопло. Установка такой смесительной системы проста. Следует отметить, что струйные смесители особенно эффективны в резервуарах небольшого объема. Иногда при циркуляционном перемешивании необходимо увеличить скорость струи только на 20 %, чтобы достичь полного удаления осадка со дна резервуара.

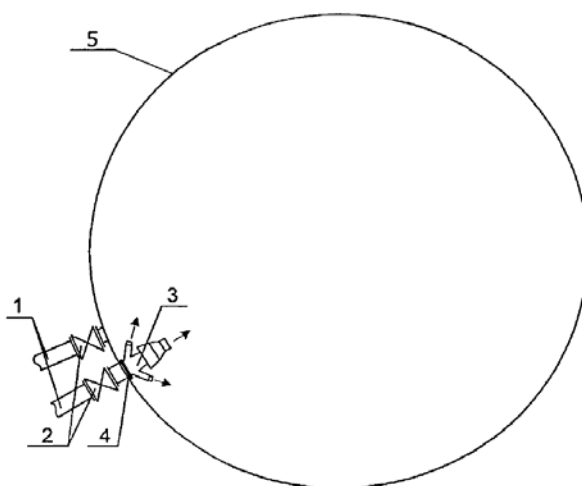


Рисунок 7 – Схема установки СГС в резервуаре (1 – приемо-раздаточный патрубков; 2 – задвижка; 3 – струйный гидравлический смеситель СГС; 4 – фланец для установки СГС; 5 – резервуар)

В ходе работы, было проведено моделирование работы смесителя СГС для резервуаров РВС 5000 в среде ANSYS CFX при следующих значениях физических параметров:

- объемный расход закачиваемой жидкости $Q = 500 \text{ м}^3 / \text{ч}$;
- давление, необходимое для работы смесителя, $\Delta p = 10^5 \text{ Па}$;
- диаметр приемно-раздаточного патрубка $d = 0,3 \text{ м}$;
- коэффициент эжекции $q = 1$.

Математическая постановка задачи состоит из замкнутой системы уравнений сохранения: масс, импульсов, энергии; состояния для жидкой и газовой фаз, с соответствующими начальными и граничными условиями. На рисунке 8 представлена модель одного эжекторного сопла, а на рисунках 9 и 10 результаты моделирования смесителя с тремя такими соплами.

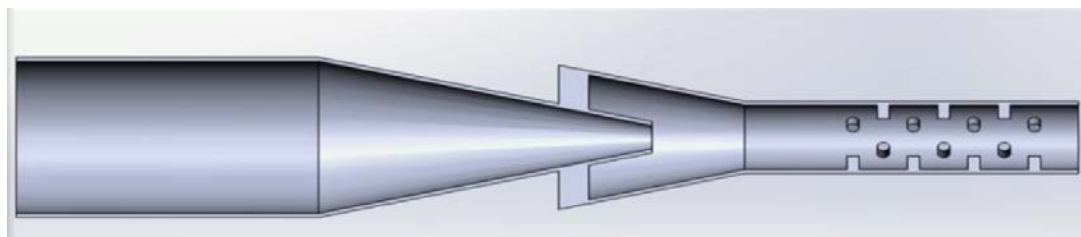


Рисунок 8 – Модель эжекторного смесительного устройства СГС с одним соплом

Смеситель СГС крепится на приемно-раздаточном патрубке резервуара. Каждый раз при включении в работу этих патрубков и при заполнении резервуаров нефтью на определенную высоту, происходит активация данной системы. Поток закачиваемой нефти в смесителе ускоряется и попадает через конфузор в камеру смешения. При работе смесителя достигается коэффициент эжекции $q = 1$. Угол распространения струй достигает значений, которые необходимы для обеспечения размыва осадка по всей площади резервуара. Конструкция смесителя позволяет задавать начальную турбулентность для потока нефти. Из сопел выходят затопленные гидравлические осесимметричные струи, происходит непрерывный массообмен между струей и средой, активизируется турбулентная диффузия.

Результаты моделирования доказывают вихревой характер поля скоростей нефти из СГС в резервуаре.

Рассчитана гидравлическая мощность $N_{СГС}$ струйно-гидравлического смесителя:

$$N_{СГС} = Q_{кc} \cdot \Delta p = 28 \text{ кВт}, \quad (1)$$

$$Q_{кc} = (1 + q) \cdot Q = 1000 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,28 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2)$$

$$\Delta p = 10^5 \text{ Па},$$

где $Q_{кc}$ – объемный расход нефти через камеру смешения;

Δp – перепад давления, необходимый для работы СГС.

Таблица 4 – Физические свойства Мухановской нефтм.

Нефть	Параметры		
	Плотность нефти, кг/м ³	Плотность осадка, кг/м ³	Вязкость осадка, мм ² /с (сСт)
Мухановская (сырая)	843	883	8,6
Мухановская (после нагрева)	846	888	9,54

Средняя плотность нефти

$$\rho_{ср}^{нефть} = \left(\frac{\rho_{мух(сырая)} + \rho_{мух(нагр)}}{2} \right) \quad (3)$$

где $\rho_{мух(сырая)}$ – плотность мухановской сырой нефти, $кг / м^3$;

$\rho_{мух(нагр)}$ – плотность мухановской нефти после нагрева, $кг / м^3$;

$$\rho_{ср}^{нефть} = \left(\frac{843 + 846}{2} \right) = 844,5 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

Средняя плотность осадка

$$\rho_{ср}^{осадок} = \left(\frac{\rho_{мух(сырая)}^{осадок} + \rho_{мух(нагр)}^{осадок}}{2} \right), \quad (4)$$

где $\rho_{мух(сырая)}^{осадок}$ – плотность осадка в сырой нефти, $кг / м^3$;

$\rho_{мух(нагр)}^{осадок}$ – плотность осадка в нагретой нефти, $кг / м^3$;

$$\rho_{ср}^{осадок} = \left(\frac{883 + 888}{2} \right) = 885,5 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

Средняя вязкость осадка

$$\nu_{ср}^{осадок} = \left(\frac{\nu_{мух(сырая)}^{осадок} + \nu_{мух(нагр)}^{осадок}}{2} \right), \quad (5)$$

где $\nu_{мух(сырая)}^{осадок}$ – вязкость осадка мухановской сырой нефти, $кг / м^3$;

$\nu_{мух(нагр)}^{осадок}$ – вязкость осадка мухановской нагретой нефти, $кг / м^3$;

$$\nu_{ср}^{осадок} = \left(\frac{8,6 + 9,54}{2} \right) = 9,07 \text{ сСт}.$$

Таблица 5 - Зависимость отношения площадей камеры смешения и выходного сечения рабочего сопла смесителя от коэффициента эжекции

Параметры	Значения						
	f_1 / f_3	2,1	7,3	15,1	25,4	38	53,5
q	0	1	2	3	4	5	6

Исходя из различных рекомендаций, диаметр для боковых и рабочего сопел принимаем равным 152 мм, тогда

$$\frac{f_1}{f_3} = 7,3 \text{ (для } q = 1), \quad (6)$$

$$d_1^2 = d_3^2 \cdot 7,3 = 0,152^2 \cdot 7,3$$

$$d_1 = 411 \text{ мм.}$$

Усредненные данные физических параметров, находились для определения скорости, при которой поток будет непрерывно срывать отложения.

Число Re для струи, выходящей из камеры смешения СГС, лежит в пределах от $0,1 \cdot 10^6$ до $0,26 \cdot 10^6$, а для струй, выходящих из боковых сопел, - в пределах от $0,11 \cdot 10^6$ до $0,26 \cdot 10^6$

Скорость срыва осадка при минимальном числе Рейнольдса:

$$\omega_{кр} = 2,77 \cdot Re^{0,125} \cdot (v_{ср}^{осадок})^{0,3} \cdot d_0^{0,05} \cdot \left(\frac{\rho_{ср}^{осадок} - \rho_{ср}^{нефть}}{\rho_{ср}^{нефть}} \right)^{0,25}, \quad (7)$$

где d_0 – диаметр центрального сопла.

$$\omega_{кр} = 2,77 \cdot (0,1 \cdot 10^6)^{0,125} \cdot (9,07 \cdot 10^{-6})^{0,3} \cdot (0,152 \cdot 10^{-3})^{0,05} \cdot \left(\frac{888,5 - 844,5}{844,5} \right)^{0,25}$$

$$\omega_{кр} = 0,107 \text{ м/с;}$$

$$\omega_{ср} = \omega_{кр} \cdot \sqrt{2} = 0,107 \cdot \sqrt{2} = 0,151 \text{ м/с} \quad (8)$$

Срывающая скорость, при которой происходит непрерывный срыв донных отложений, будет лежать в пределах от 0,107 до 0,151 м/с.

На рисунках 11 и 12 представлены картины моделирования для рециркуляции нефти через приемно-раздаточные патрубки.

Насосы, работающие на нагнетательной и всасывающей линиях, обеспечивают многократное возвращение потоков нефти в резервуаре, что приводит к перемешиванию нефти.

Приняты следующие значения физических параметров:

Приняты следующие значения физических параметров:

- резервуар РВС 5000;
- расход нефти в нагнетательной и всасывающей линиях $Q = 150 \text{ м}^3 / \text{ч}$;
- избыточное давление $\Delta p = 10^5 \text{ Па}$;
- плотность нефти $\rho = 865 \text{ кг}^3 / \text{м}$;
- температура нефти $T = 283 \text{ К}$;
- диаметр приемно-раздаточных патрубков $d = 0,3 \text{ м}$;
- расстояние между нагнетательной и всасывающей линиями $l = 1,5 \text{ м}$.

Поле скоростей нефти при рециркуляции имеет ожидаемый безвихревой характер. Гидравлическая мощность при рециркуляции в 4 раза ниже гидравлической мощности смесителя СГС.

При режиме рециркуляции появляется необходимость дополнительного снижения осадконакопления в резервуарах. Для этих целей могут применяться электромеханические мешалки пропеллерного типа, например, для РВС 5000 отечественное устройство «Диоген-500».

В этих устройствах струя нефти создается с помощью специального винта. Если струе придать медленное (до 6 угловых градусов в час) движение, то меняющий направление поток нефти способен обеспечить интенсивное перемешивание всей массы нефти в резервуаре, то есть предотвратить дальнейшее образование донных отложений. Эти устройства имеют автоматический привод возвратного углового перемещения вала и могут работать непрерывно в течение нескольких суток, автоматически перемещая затопленную струю по всей поверхности днища резервуара и обеспечивая

эффективное перемешивание и размыв донных отложений. Эффективность размыва и удаления донных отложений достигается только при работающем устройстве с одновременной откачкой из резервуара нефти со взвешенными в ней частицами. При остановке устройства размыва и последующей откачке нефти поднятые взвеси быстро оседают на дно, а эффективное удаление взвешенных осадков происходит только в зоне, прилегающей к трубопроводу.

Но кроме того, что в условиях малого объема такие устройства показывают свою неэффективность, при их применении в резервуарах хранения нефти выявлены существенные недостатки:

- происходит расцентровка вала из-за касания пропеллера донных отложений и прилипания смолистых отложений на пропеллер, вследствие чего происходит вибрация мешалки и стенки резервуара, что иногда приводит к разрушению подшипникового узла и сварных соединений резервуара;
- появляются протечки через торцевые уплотнения и трещины в сварных швах стенок резервуара, что вызывает потери нефтепродуктов и загрязнение окружающей среды;
- использование электродвигателей для привода мешалки может привести к возгоранию и пожару при появлении неплотности в уплотнениях и местах крепления смесителя к резервуару.

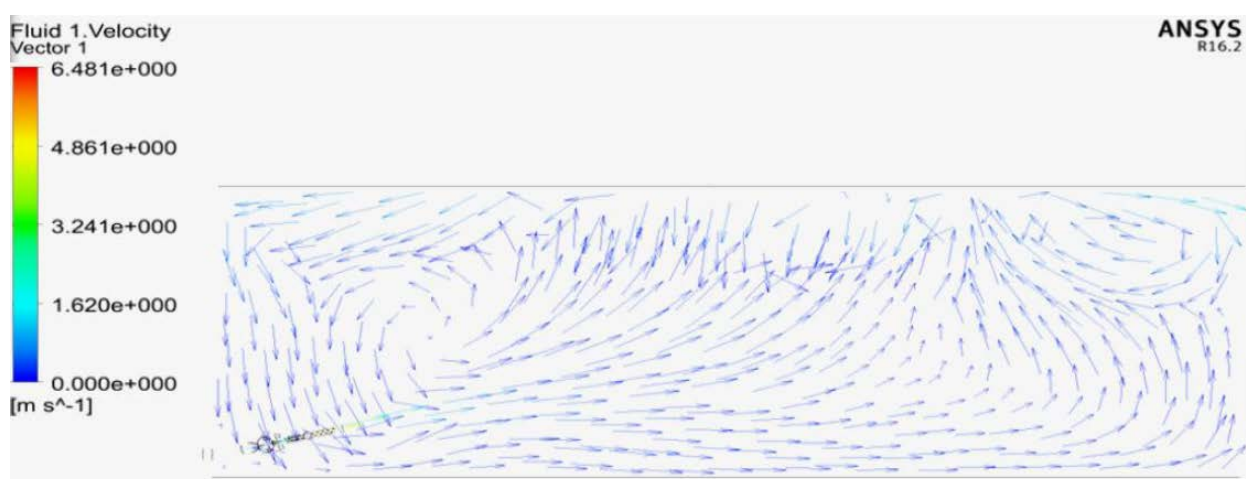


Рисунок 9 – Поле скоростей нефти из смесителя СГС в резервуаре РВС 5000

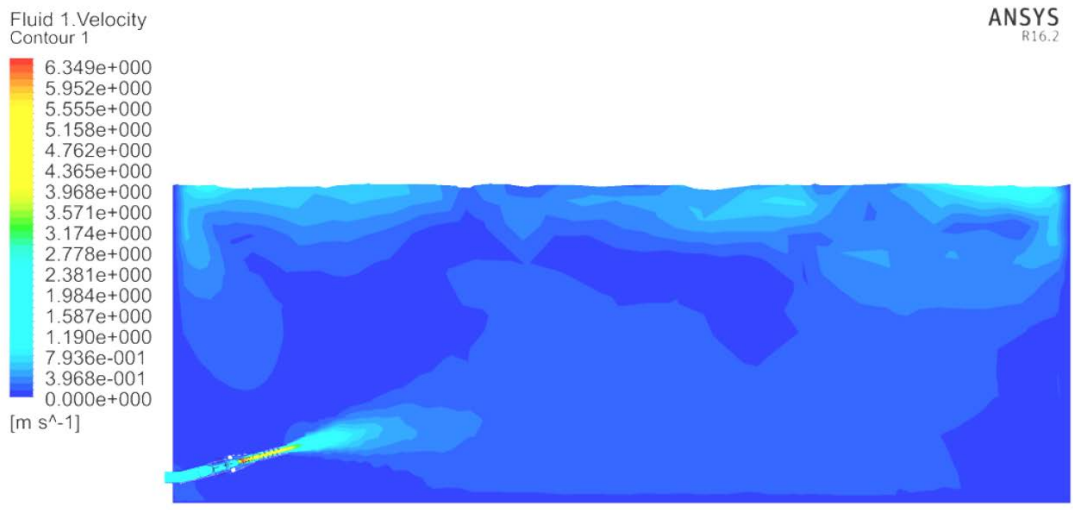


Рисунок 10 – Визуализация перемешивания нефти со смесителем СГС в резервуаре РВС 5000

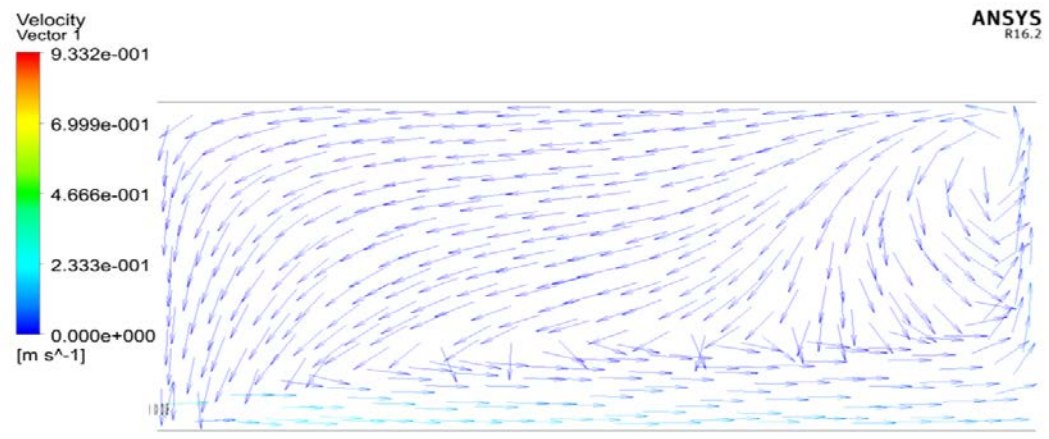


Рисунок 11 – Поле скоростей нефти при рециркуляции в резервуаре РВС 5000

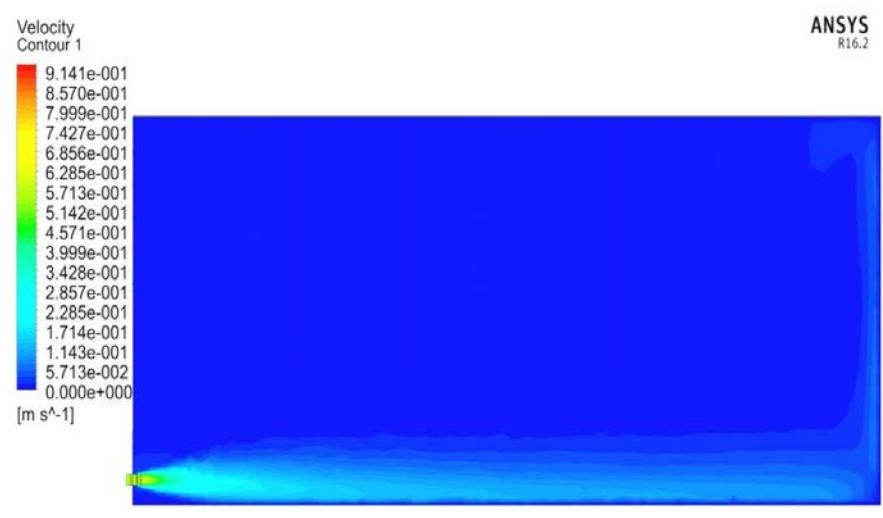


Рисунок 12 – Визуализация перемешивания нефти при рециркуляции в резервуаре РВС 5000

Заключение

В работе были описаны особенности эксплуатации резервуаров вертикальных стальных, а также проведен исторический анализ условий образования, выпадения и накопления нефтяного осадка в резервуарах. Основными причинами можно назвать физико-химические параметры нефти, климатические условия рабочей зоны. Помимо перечисленного, также оказывают влияние особенности конструкции емкостей, состояние их внутренних поверхностей, характер и частота проведения различных технологических операций, проводимых в резервуарах.

Далее был представлен обзор существующих методов очистки и технических устройств, позволяющих предупреждать появление нефтяных отложений в резервуарах и удалять уже появившийся нефтеосадок. Анализ позволил выявить наиболее перспективный метод.

Определены рациональные параметры работы для устройства СГС при размыве донных отложений в резервуаре объемом 5000 м³. Построена модель струйно-гидравлического смесителя, рассчитана скорость срыва для физико-химических параметров нефти Мухановского месторождения. Используя программное обеспечение ANSYS CFX, смоделирован процесс струйного размыва донных отложений при помощи смесителя и при рециркуляции нефти, в пространстве резервуара РВС 5000. Как результат, отражена энергетическая эффективность перемешивания осадка при использовании СГС.

Преимущество струйно-гидравлических систем заключается не только в их эффективности, но и в простоте конструкции, компактность и отсутствие движущихся частей. Такие системы позволяют в полной мере использовать энергию потока, подаваемого в резервуары при их заполнении и опорожнении.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ84	Баранову Александру Александровичу

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОНД
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Районный коэффициент 1,3; премиальный коэффициент 30%; коэффициент дополнительной заработной платы 15%; коэффициент, учитывающий накладные расходы 16%.
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 30%; Налог на добавленную стоимость 20% Коэффициент, учитывающий отчисления во внебюджетные фонды 30%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ
<i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Бюджет научно – технического исследования (НТИ) 1. Структура работ в рамках научного исследования. 2. Определение трудоемкости выполнения работ. 3. Разработка графика проведения научного исследования. 4. Бюджет научно-технического исследования. 5. Основная заработная плата исполнительской темы. 6. Дополнительная заработная плата исполнительской темы. 7. Отчисление во внебюджетные фонды. 8. Накладные ресурсы. 9. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.
<i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	1. Определение интегрального показателя эффективности научного исследования. 2. Расчет показателей ресурсоэффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений.
2. Матрица SWOT.
3. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.
4. Альтернативы проведения НИ.
5. График проведения и бюджет НИ.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романюк В.Б.	к.э.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ84	Баранов Александр Александрович		

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Резервуар вертикальный стальной (РВС) является основным сооружением по приему, хранению, учету и отпуску нефтепродуктов. Увеличение добычи и переработки требует расширения резервуарных парков путем создания новых и поддержания работоспособности резервуаров, находящихся в эксплуатации.

Экономически выгодная эксплуатация резервуара не может быть обеспечена без должного наблюдения за техническим состоянием и своевременным устранением неполадок. Нарушение прочности и герметичности в резервуарах в большинстве случаев вызывается совокупностью различных неблагоприятных воздействий на конструкции. Элементы резервуара в эксплуатационных условиях испытывают значительные быстроменяющиеся температурные режимы, повышение давления, вакуум, вибрацию, неравномерные осадки и коррозию.

Научное исследование данной диссертации заключается в исследовании процессов размыва донных отложений в резервуарах хранения нефти, с целью продления сроков их эксплуатации. В данной главе проведена оценка перспективности и успешности научно-исследовательской работы.

Для достижения цели необходимо решить задачи такие как:

- анализ конкурентных технических решений
- планирование научно-исследовательских работ;
- расчет бюджета затрат;
- определение ресурсной эффективности исследования.

Таким образом, целью данного раздела является обоснование целесообразности выпускной квалификационной работы, которая отвечает современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации, специализирующиеся в нефтегазовой отрасли, в частности – нефтедобывающие компании. Для данных предприятий модернизируется работа установки по размыву донных отложений РВС, эксплуатируемых в резервуарных парках хранения нефти.

В таблице 4.1 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика и направление деятельности.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка

Размер компании	Направление деятельности		
	Проектирование строительства	Выполнение проектов строительства	Разработка вспомогательного оборудования
Мелкая	-	-	+
Средняя	+	+	+
Крупная	+	+	+

Проектирование и разработка вспомогательного оборудования играет не мало важную роль для эксплуатации РВС, так как от правильно выбранного оборудования и его рабочих параметров, зависит срок службы резервуара и эффективность его работы.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное

исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Для данного анализа строится оценочная карта.

Таблица 4.2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Срок службы	0,09	4	3	4	0,36	0,27	0,36
2. Надежность	0,07	5	4	5	0,35	0,28	0,35
3. Простота эксплуатации	0,07	5	5	4	0,35	0,35	0,28
4. Ремонтопригодность	0,10	5	3	2	0,50	0,30	0,20
5. Удобство эксплуатации	0,05	5	4	5	0,25	0,20	0,25
6. Уровень шума	0,06	4	5	5	0,24	0,30	0,30
7. Повышение производительности	0,15	5	4	3	0,75	0,60	0,45
8. Безопасность	0,12	5	5	5	0,60	0,60	0,60
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,10	5	4	4	0,50	0,40	0,40
2. Уровень проникновения на рынок	0,10	5	4	3	0,50	0,40	0,30
3. Стоимость	0,04	4	5	4	0,16	0,20	0,16
4. Долговечность	0,05	4	3	4	0,20	0,15	0,20
Итого	1	56	49	48	4,76	4,05	3,85

Эти критерии основаны на выбранных объектах сравнения на основе их экономических и технических характеристиках разработки, создания и эксплуатации.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot Б_i = 0,09 \cdot 4 + 0,07 \cdot 5 + \dots + 0,05 \cdot 4 = 4,76$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Исходя из данного анализа конкурентоспособность разработки равна 4,76, а у других двух аналогов 4,05 и 3,85 соответственно. Опираясь на полученные результаты, можно сделать вывод, что разрабатываемая модернизация выбранной установки является наиболее эффективной. Уязвимость конкурентов объясняется наличием таких причин, как меньшее увеличение производительности, трудоёмкость ремонта, более низкая устойчивость и надёжность и низкий срок эксплуатации.

4.1.3 SWOT-анализ

Таблица 4.3 – Перекрестный SWOT-анализ

	Сильные стороны	Слабые стороны
	научно-исследовательского проекта: С1. Экономичность и энергоэффективность проекта С2. Индивидуальность проекта; С3. Более низкая стоимость С4. Актуальность разработки	научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие работающего прототипа Сл2. Проблемы поставки оборудования Сл3. Отсутствие рассчитанной математической модели проекта.
Возможности: В1. Возможность экспортировать; В2. Обеспечение	Большой потенциал применения обуславливается модернизацией	Санкции, наложенные на РФ, трудности проникновения на конкурентно

<p>занятости населения;</p> <p>В3. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ;</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>существующей системы, мало распространенной на территории других стран и находящейся на уровне лучших зарубежных аналогов.</p> <p>Рост заинтересованности представителей нефтяной отрасли в продукте, в связи со складывающейся ситуацией на рынке нефти.</p> <p>Использование существующего программного обеспечения позволяет не тратить время и деньги на создание уникального ПО.</p>	<p>заполненный рынок.</p> <p>Принятие на работу квалифицированного специалиста</p> <p>Переподготовка имеющихся специалистов</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Высокая конкуренция в отрасли;</p> <p>У2. Отсутствие широкого спроса на разработки;</p>	<p>Отсутствие спроса на новые технологии производства. Новая система управления и актуальность</p>	<p>Медленный ввод данной системы в эксплуатацию позволит переждать возможных скачков на рынке спроса.</p>

УЗ. Изменение государственной политики в отношении переработки и добычи углеводородов.	разработки не сказываются на спросе Сложность реализации проекта.	
--	--	--

С помощью этих данных представляется возможным выявить проблемы стоящие перед разработкой проекта, а так же определить направление использования существующего потенциала для их разрешения. С учетом слабых и сильных сторон проекта, можно сказать, что современные высокие технологии позволяют выполнять разработку и модернизацию подобных технологий с учетом всех нюансов, однако для этого нужен квалифицированный персонал.

4.2. Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- обозначение структуры работ в рамках научного исследования;
- установление участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для проведения научных исследования на тему выпускной квалификационной работы формируется перечень основных этапов и работ, проводится распределение исполнителей, в состав которых входят руководитель и инженер. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.4.

Таблица 4.4 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Этапы работы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовка технического задания	1	Выбор темы исследования	Научный руководитель,

	2	Составление и утверждение технического задания	инженер
Выбор направления технического проектирования	3	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Изучение объекта исследования	Инженер
	5	Календарное планирование работ	Научный руководитель, инженер
	6	Описание условий эксплуатации	Инженер
	7	Изучение имеющихся вариантов	Инженер
	8	Разработка схемы	Инженер
	9	Проектирование модели и проведение экспериментов	Инженер, научный руководитель
	10	Расчет показателей эффективности	Инженер, научный руководитель
	11	Анализ наработанного материала	Инженер, научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер, научный руководитель
Оформление отчета по исследовательской работе	13	Составление пояснительной записки	Инженер
	14	Проверка выпускной квалификационной работы	Научный руководитель

4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Так как трудоемкость выполнения научной разработки зависит от множества факторов, она является недостаточно точной и оценивается экспертным путем в человеко-днях. Для определения среднего значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{mini} + 2 \cdot t_{maxi}}{5}$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Рассчитаем ожидаемое значение трудоёмкости для различных этапов:

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Для наиболее удобной и наглядной реализации данного проекта строится ленточный график исполнения научных работ в виде диаграммы Ганта.

Для более удобного построения графика, длительность каждого из этапов работ переводится из рабочих дней в календарные. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;
 T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности, при шестидневной рабочей неделе, определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 68} = 1,23,$$

где $T_{\text{кал}}=365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}=53$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}=15$ – количество праздничных дней в году.

Тогда длительность первой работы в календарных днях:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}$$

Все рассчитанные значения сводим в таблицу 4.5.

Таблица 4.5 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ (чел-дни)			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$			
1. Выбор темы исследования	1	2	1,4	Руков., инжен.	0,7	0,86
2. Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	Руков., инжен.	0,7	0,86
3. Подбор и изучение материалов по теме	6	8	6,8	Инжен.	6,8	8,36
4. Изучение объекта исследования	7	9	7,8	Инжен.	7,8	9,59
5. Календарное планирование работ	1	2	1,4	Руков., инжен.	0,7	0,86

6.	Описание условий эксплуатации	3	5	3,8	Инжен.	3,8	4,67
7.	Изучение имеющихся вариантов	2	3	2,4	Инжен.	2,4	2,95
8.	Разработка схемы	3	5	3,8	Инжен.	3,8	4,67
9.	Проектирование модели и проведение экспериментов	6	12	8,4	Руков., инжен.	4,2	5,17
10.	Расчет показателей эффективности	5	8	6,2	Руков., инжен.	3,1	3,81
11.	Анализ наработанного материала	3	5	3,8	Руков., инжен.	1,9	2,34
12.	Оценка эффективности полученных результатов	3	4	3,4	Руков., инжен.	1,7	2,09
13.	Составление пояснительной записки	2	3	2,4	Инжен.	2,4	2,95
14.	Проверка выпускной квалификационной работы	2	3	2,4	Руков., инжен.	1,2	1,48
Итого		45	71	55,4	Итого	41,2	50,66

На основании таблицы 4.5 строим календарный план-график, представленный в таблице 4.6.

Таблица 4.6 - Календарный план-график

№	Вид работы	Исполнители	T _{кi} (кал. дн.)	Продолжительность выполнения работ											
				Февраль			Март			Апрель			Май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		
1	Выбор темы исследования	Руководитель, инженер	0,86	█											
2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, инженер	0,86	█											
3	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	8,36	█	█	█									
4	Изучение объекта исследования	Инженер	9,59			█	█	█							
5	Календарное планирование работ	Руководитель, инженер	0,86					█							
6	Описание условий эксплуатации	Инженер	4,67					█	█						
7	Изучение имеющихся вариантов	Инженер	2,95							█					
8	Разработка схемы	Инженер	4,67							█	█				
9	Проектирование модели и проведение экспериментов	Инженер, руководитель	5,17								█	█			
10	Расчет показателей эффективности	Инженер, руководитель	3,81									█	█		
11	Анализ наработанного материала	Инженер, руководитель	2,34										█	█	
12	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер, руководитель	2,09											█	█
13	Составление пояснительной записки	Инженер	2,95												█
14.	Проверка выпускной квалификационной работы	Руководитель, инженер	1,48												█

█ - руководитель

█ - инженер

Для упорядочения и систематизации технических работ был разработан график занятости для научного руководителя и инженера, а также была составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая более качественно оценить и спланировать время работы исполнителей проекта.

4.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе планирования бюджета НТИ в полной мере должны быть рассчитаны все виды расходов, связанные с его выполнением. При формировании бюджета НТИ используются следующие затраты по статьям:

- материальные затраты;
- затраты на амортизацию оборудования;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

4.3.1. Расчет материальных затрат

В материальные затраты включается стоимость приобретаемого сырья и материалов, запасные части для ремонта оборудования и другие быстроизнашивающиеся предметы, необходимые для разработки проекта. Все материальные затраты определяются по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi},$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м и т.д.)

k_T – (коэффициент) транспортно-заготовительные расходы.

$$Z_M = (1 + 0,2) \cdot ((12 \cdot 51) + (22 \cdot 4) + (270 \cdot 3)) = 1812 \text{ руб.}$$

4.3.2. Затраты на амортизацию оборудования

В данной статье рассчитываются затраты, связанные с приобретением специального ПО, который необходим для проведения работ по исследовательской теме. Расчет бюджета затрат на приобретение ПО для научных работ представлен в таблице 4.7.

Таблица 4.7 - Расчет амортизации оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц	Цена единицы, руб.	Общая стоимость, руб.
1	Программное электронное устройство (компьютер)	1	30000	30000
Итого				30000

В связи с длительностью использования, учитывается данная стоимость с помощью амортизации:

$$A = Cт \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{T_{\text{кал.инж}}}{T_{\text{кал}}} = 30000 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{51}{365} = 2096 \text{ руб.}$$

4.3.3. Полная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

Величина основной зарплаты исполнителей рассчитывается из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы тарифных ставок и окладов.

Полная заработная плата включает основную и дополнительную заработную плату и определяется как:

$$Z_{\text{полн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата; $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Размер основной заработной платы определяется по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p$$

где $Z_{дн}$ - среднедневная заработная плата; T_p - суммарная продолжительность работ, выполняемая научно-техническим работником.

Месячная зарплата научно-технического работника определяется по формуле:

$$Z_M = Z_{окл} \cdot (1 + k_{пр}) \cdot k_p,$$

где $Z_{окл}$ - заработная плата по тарифной ставке; $k_{пр}$ - премиальный коэффициент, равный 0,3; k_p - районный коэффициент, для наших исследуемых зон возьмем усредненный 1,3.

Находим основную заработную плату руководителя НТИ:

$$Z_M = Z_{окл} \cdot (1 + k_{пр}) \cdot k_p = 25000 \cdot (1 + 0,3) \cdot 1,3 = 42250 \text{ руб.}$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_M}{T_{к_{окл}}} = \frac{42250}{26} = 1625 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 1625 \cdot 9 = 14625 \text{ руб.}$$

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot 0,15 = 14,625 \cdot 0,15 = 2194 \text{ руб.}$$

$$Z_{п} = Z_{осн} + Z_{доп} = 14625 + 2194 = 16819 \text{ руб.}$$

По аналогии рассчитаем заработную плату инженера за данную исследовательскую работу:

$$Z_M = Z_{окл} \cdot (1 + k_{пр}) \cdot k_p = 18000 \cdot (1 + 0,3) \cdot 1,3 = 30420 \text{ руб.}$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_M}{T_{к_{окл}}} = \frac{30420}{26} = 1170 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 1170 \cdot 42 = 49140 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{доп}} = З_{\text{осн}} \cdot 0,15 = 49140 \cdot 0,15 = 7371 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{п}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} = 49140 + 7371 = 56511 \text{ руб.}$$

4.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Страховые отчисления рассчитываются по установленным законодательством Российской Федерации нормам органами государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по формуле:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,30 \cdot (63765 + 9565) = 21999 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

В соответствии с Федеральным законом от 01.01.2017 гл.34 НК РФ размер страховых взносов равен 30%.

Таблица 4.8 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	14625	2194
Инженер	49140	7371
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,30	
Отчисления во внебюджетные фонды		
Руководитель	5046	
Инженер	16953	

4.3.5. Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя другие затраты, не включенные в предыдущие статьи расходов. Они определяются по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot З_{\text{проч}} = 0,16 \cdot (63765 + 9565 + 21999 + 2096) = 15588 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы равный 16%.

4.3.6. Формирование бюджета затрат НИИ

Бюджет затрат проекта защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции, который основывается на величине затрат научно-технического исследования.

В таблице 4.9 приведен бюджет затрат на научно-техническое исследование по каждому варианту исполнения.

Таблица 4.9 - Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля в %
1. Материальные затраты	1812	1,6
2. Затраты на основную заработную плату исполнителей темы	63765	55,5
3. Затраты на дополнительную заработную плату исполнителей темы	9565	8,3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	21999	19,2
5. Амортизация	2096	1,8
6. Накладные расходы	15588	13,6
Итого бюджет затрат НИИ	114825	100

4.4. Определение ресурсоэффективности проекта

Ресурсоэффективность научной разработки можно определить по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, определяется экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 - Сравнительная оценка характеристик разработки

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Срок службы	0,12	4
2. Надежность	0,09	5
3. Простота эксплуатации	0,09	5
4. Ремонтопригодность	0,18	5
5. Удобство эксплуатации	0,06	5
6. Уровень шума	0,07	4
7. Повышение производительности	0,23	5
8. Безопасность	0,16	5
Итого	1,00	38

Интегральный показатель ресурсоэффективности для исследуемой разработки:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i = 0,12 \cdot 4 + 0,09 \cdot 5 + \dots + 0,16 \cdot 5 = 4,81$$

Рассчитанная оценка ресурсоэффективности разработки является достаточно высокой (4,81), что говорит об эффективности реализуемой разработки с позиции ресурсной эффективности.

В итоге была доказана конкурентоспособность данной установки для модернизации, по сравнению с другими аналогичными установками, был разработан график занятости, который ограничил выполнение работы в 51 дня. Также был посчитан бюджет НТИ равный 114825 руб, большая часть которого тратится на зарплаты исполнителей проекта. Все, вышеперечисленные технико-экономические показатели проекта, позволяют сделать вывод о том, что выполнение данного проекта и его реализация является значимой и эффективной задачей, ведь моделирование и анализ гидродинамических процессов размыва донных отложений позволит увеличить коэффициент полезного действия установки, и, как следствие, повысит экономическую эффективность всего резервуарного парка.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ84	Баранов Александр Александрович

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело»

Тема ВКР:

Моделирование гидродинамических процессов размыва донных отложений резервуаров для хранения нефти	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: резервуар вертикальный стальной для хранения нефти Область применения: резервуарный парк
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	Трудовой кодекс РФ: - ст. 117 ТК РФ; - ст. 147 ТК РФ; - ст. 297 ТК РФ. ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» ПБ 08-624-03 «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности».
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	При эксплуатации резервуаров возможно наличие вредных и опасных производственных факторов: -повышенный уровень шума; -загазованность воздуха рабочей зоны; -повышенный уровень статического электричества; -повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; -повышенная или пониженная влажность воздуха; -выполнение работ на высоте; -повышенная или пониженная подвижность воздуха; -недостаточная освещенность на рабочем месте; -наличие в жидких и газообразных фракциях углеводородов, их соединений и других вредных веществ; -воздействие на организм человека электрического тока; -образование взрывоопасной среды; -повышенный уровень рабочей зоны по высоте и глубине.

3. Экологическая безопасность:	<p>Атмосфера: выброс вредных и токсичных веществ.</p> <p>Гидросфера: загрязнение поверхностных водных источников и подземных вод.</p> <p>Литосфера: утечка или разлив вредных и токсичных веществ.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Возможные чрезвычайные ситуации могут возникнуть в результате внезапного выброса токсичных веществ в атмосферу, разгерметизации оборудования приводящих к возникновению взрыва и развитию пожара.</p> <p>Наиболее вероятные ЧС: взрыв газо-воздушной смеси</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина М.С.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ84	Баранов Александр Александрович		

5. Социальная ответственность

Введение

Выпускная квалификационная работа посвящена исследованию процессов размыва донных отложений в резервуарах вертикальных стальных.

За рабочую зону принимается резервуарный парк хранения нефти, режим работы объекта - непрерывный круглосуточный. Климат - континентальный, что проявляется в больших месячных и годовых колебаниях температуры воздуха.

Согласно Федеральному закону ФЗ №116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [26] резервуары относят к опасным производственным объектам. Опасность объекта связана с используемыми в процессе производства опасными веществами, пожаро- и взрывоопасностью оборудования.

В разделе рассматривается возможное влияние используемого оборудования, сырья, энергии, продукции и условий работы на человека и окружающую среду; техника безопасности при работе с оборудованием и действия при чрезвычайных ситуациях.

Исследование позволит модернизировать систему размыва осадка, что в некоторой мере решит проблему утилизации сырья и его негативного влияния на окружающую среду, здоровье работников, обслуживающих резервуарные парки.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Специальные правовые нормы трудового законодательства

При эксплуатации резервуара требования по охране труда определяются законом «Закон о промышленной безопасности опасных производственных объектов», «Об основах охраны труда в РФ».

Согласно ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» [27] производственное оборудование должно обеспечивать безопасность работающих.

Так как место работы находится на значительном удалении от места постоянного проживания работников, применяется вахтовый метода работы. Работники, привлекаемые к работам вахтовым методом, в период нахождения на объекте производства работ обеспечены проживанием в специально создаваемых работодателем вахтовых поселках, представляющих собой комплекс зданий и сооружений, предназначенных для обеспечения жизнедеятельности указанных работников во время выполнения ими работ и междусменного отдыха, либо в приспособленных для этих целей и оплачиваемых за счет работодателя общежитиях, иных жилых помещениях.

Государственные гарантии и компенсации лицам, работающим в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях, устанавливаются настоящим Кодексом, другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере. Минимальный размер повышения оплаты труда работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, составляет 4 процента тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда.

Для работников, постоянно работающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях предоставляется ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск для лиц, постоянно работающих: в районах крайнего Севера – 24 календарных дня, в местностях, приравненных к районам крайнего севера, - 16 календарных дней.

Работники подлежат обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, и имеют право на бесплатное обучение безопасным методам и приемам работы

без отрыва от производства, а также с отрывом от производства в порядке, определяемом Правительством Российской Федерации, с сохранением среднего заработка и оплатой командировочных расходов;

Пенсия в связи с работой на Крайнем Севере устанавливается: мужчинам - по достижении 55 лет и женщинам - по достижении 50 лет, если они проработали не менее 15 календарных лет в районах Крайнего Севера либо не менее 20 календарных лет в местностях, приравненных к районам Крайнего Севера, и имеют общий трудовой стаж соответственно не менее 25 и 20 лет.

Гражданам, работавшим как в районах Крайнего Севера, так и в местностях, приравненных к районам Крайнего Севера, пенсия устанавливается за 15 календарных лет работы на Крайнем Севере. При этом каждый календарный год работы в местностях, приравненных к районам Крайнего Севера, считается за девять месяцев работы в районах Крайнего Севера.

Так же существуют дополнительные выплаты для лиц, которые задействованы на опасных или вредных предприятиях. Такие перечисления называются пенсией за вредность. Назначается она лицам до общепринятого срока выхода на пенсию.

Дополнительные гарантии и компенсации указанным лицам могут устанавливаться законами и иными нормативными правовыми актами субъектов Российской Федерации, нормативными правовыми актами органов местного самоуправления, коллективными договорами, соглашениями, локальными нормативными актами исходя из финансовых возможностей соответствующих субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и работодателей.

Обработка персональных данных работника подразумевает соблюдение определенных правил. В целях обеспечения прав и свобод человека и гражданина работодатель и его представители при обработке персональных

данных работника обязаны соблюдать общие требования, изложенные в 14 главе Трудового Кодекса РФ.

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Персонал допускается к работе только в спецодежде и средствах индивидуальной защиты. Необходимо знать специфические свойства применяемых веществ и соблюдать установленные правила работы с ними. Производственный процесс должен быть организован так, чтобы не допускать выделения в воздух рабочей зоны пыли и вредных веществ. Все эксплуатируемые электроустановки должны соответствовать требованиям «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей», и др. нормативных документов. Эксплуатация электрооборудования без заземления не допускается. Рабочая зона обеспечиваются первичными средствами пожаротушения согласно действующим нормам. Все работники должны уметь пользоваться средствами пожаротушения и уметь оказывать первую помощь при несчастном случае. Не допускается загромождения рабочих мест, проходов, выходов из помещений и сооружений, доступа к противопожарному оборудованию.

5.2 Производственная безопасности

Выполнение работ на опасных производственных объектах, включающих резервуарные парки хранения нефти, сопровождается вредными и опасными факторами согласно [28], приведенными в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Факторы (Гост 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу	-	+	+	Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005-88 [29]. Требования к СИЗ не накапливающих статическое
Повышенный уровень шума	+	+	+	

Повышенный уровень вибрации	+	+	-	электричество ГОСТ 12.4.124-83 [30]. Для выполнения работ на высоте необходимо предусмотреть наличие исправных оградительных средств по ГОСТ 12.4.059 [31] и защитных приспособлений по ГОСТ 26887 [32], ГОСТ 27321 [33], ГОСТ 27372 [34]. Требования к освещению устанавливаются СНиП 23-05-95 [35]. Требования электробезопасности регламентируются ГОСТ 12.1.038-82 [36]; Уровень шума должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.003-83[37]; Требования к вибрационной безопасности устанавливаются ГОСТ 12.1.012-90[38];
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочей зоны	+	+	+	
Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны	+	+	+	
Опасность поражения электрическим током	+	+	+	
Опасность механических повреждений	+	+	+	

5.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Обслуживание резервуара является работой повышенной опасности, при эксплуатации которой возможны опасные и вредные производственные факторы.

Рассмотрим вредные производственные факторы, которые действуют или могут воздействовать на организм человека при обслуживании резервуарного парка.

Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу

Главным источником формирования данного фактора является возможная разгерметизация трубопроводов или оборудования в процессе работы, что может вызвать отравление парами углеводородов.

Взрывопожароопасные, токсические свойства сырья, продуктов, готовой продукции и отходов производства приведены в таблице 5.2 [39].

Таблица 5.2 – Взрывопожароопасные, токсические свойства сырья, продуктов, готовой продукции и отходов производства

№	Наименование сырья, полупродуктов, готовой продукции, отходов производства	Агрегатное состояние	Класс опасности	Температура, °С			Концентр. пределы распространения пламени, % об.		Характеристика токсичности	ПДК в воздухе рабочей зоны произв. помещений, мг/м ³
				Вспышки	Воспламенение	Самовоспламенения	Нижний	Верхний		
1	Природный газ	газ	4	-188	–	550	3	15	Наркотическое воздействие, удушье	300
2	Нестабильный газовый конденсат	ж	4	-44	–	286	2,5	5,2	Наркотическое воздействие	300
3	Стабильный газовый конденсат	ж	4	-23	–	233	4,9	5,2	Наркотическое воздействие	300
5	Метанол	ж	3	6	13	440	7,3	36	Опьянение, потеря зрения	5
6	Нефть	ж	4	-18	20	233	1,4	6,5	Головная боль, головокружение	300

В целях достижения безопасности персонала необходимо соблюдать требования:

- допуска персонала, имеющего специальную подготовку, определенную требованиями норм и правил и квалификацию;
- безопасных приемов и методов труда;
- мер газовой и пожарной безопасности;
- по применению средств индивидуальной защиты, средств пожаротушения с отработкой приемов их использования,

Повышенный уровень шума

Высокий уровень шума негативно влияет на нервную систему работника, сокращает среднюю продолжительность жизни, становится причиной возникновения многих опасных болезней. При этом чем длительнее воздействие шума на человека, тем серьезнее последствия

Допустимый уровень шума составляет 80 дБА. Запрещается даже кратковременное пребывание в зоне с уровнями звукового давления, превышающими 135 дБА.

К коллективным средствам и методам защиты от шума относятся совершенствование технологии ремонта и своевременное обслуживание оборудования; использование средств звукоизоляции. Также необходимо использовать рациональные режимы труда и отдыха работников.

В качестве СИЗ Государственным стандартом предусмотрены заглушки-вкладыши, заглушающая способность которых составляет 6 дБА. В случаях более высокого превышения уровней шума, следует использовать наушники, надеваемые на ушную раковину. Наушники могут быть независимыми либо встроенными в головной убор или в другое защитное устройство.

Превышение уровней вибрации.

Среди профессиональных заболеваний вибрационная болезнь занимает одно из ведущих мест. Этиологическим фактором развития заболевания является производственная вибрация.

Для санитарного нормирования и контроля используются средние квадратические значения виброускорения или виброскорости, а также их логарифмические уровни в децибелах. Для первой категории общей вибрации, по санитарным нормам скорректированное по частоте значение виброускорения составляет 62 дБ, а для виброскорости – 116 дБ. Наиболее опасной для человека является вибрация с частотой 6-9 Гц.

Вибробезопасные условия труда должны быть обеспечены организационно-техническими мероприятиями; применением вибробезопасного оборудования и инструмента; применением средств виброзащиты, снижающих воздействие на работающих вибрации на путях ее распространения от источника возбуждения;

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Продолжительная работа при недостаточном освещении приводит к снижению производительности и безопасности труда. Поэтому для резервуарных парков необходимо предусматривать общее равномерное освещение. При этом освещенность должна быть не менее 2 лк независимо от применяемых источников света. При подъеме или перемещении грузов должна быть освещенность места работ не менее 5 лк при работе вручную и не менее 10 лк при работе с помощью машин и механизмов [40].

Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочей зоны

В настоящее время для оценки допустимости проведения работ и их нормирования на открытом воздухе в условиях крайнего севера (а также в районах, приравненных к районам крайнего Севера) используется понятие предельной жесткости погоды (эквивалентная температура, численно равная сумме отрицательной температуре воздуха в градусах Цельсия и удвоенной скорости ветра в м/с), устанавливаемая для каждого района решением местных региональных органов управления.

Предельная жесткость погоды, ниже которой не могут выполняться работы на открытом воздухе, колеблется в пределах от -40 до -45 °С.

При эквивалентной температуре наружного воздуха ниже -25 °С работающим на открытом воздухе или в закрытых необогреваемых помещениях, а также грузчикам, занятым на погрузочно-разгрузочных работах, и другим работникам, ежечасно должен быть обеспечен обогрев в помещении, где необходимо поддерживать температуру около +25 °С.

Работающие на открытом воздухе должны быть обеспечены в зимнее время спецодеждой и спецобувью с повышенным суммарным тепловым сопротивлением, а также защитными масками для лица.

Работники должны быть обучены мерам защиты от обморожения и оказанию доврачебной помощи.

В рабочих зонах помещения и площадки обслуживания температура воздуха различна в теплый и холодный периоды года.

Интенсивность теплового облучения от работающих агрегатов и от нагретых поверхностей не должна превышать 35 Вт/м² при облучении 50% поверхности тела, 70 Вт/м² при облучении 25-50% поверхности тела и 100 Вт/м² при облучении менее 25%. Максимальная температура при этом 28°C (301 К).

Для поддержания микроклимата предусматриваются приточная и вытяжная вентиляции, нагреватели и кондиционеры.

Профилактика перегревания работников осуществляется организацией рационального режима труда и отдыха путем сокращения рабочего времени для введения перерывов для отдыха, использования средств индивидуальной защиты.

Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны

Контроль воздушной среды должен проводиться с периодичностью 1 раз в 30 мин; по первому требованию ответственного лица за проведение работ; по первому требованию исполнителей работ по наряду-допуску; после перерыва в работе 1 час.

Контроль воздушной среды должен проводиться в зоне дыхания при характерных производственных условиях посредством газоанализатора или рудничной лампы. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК). ПДК пыли, как вещества умеренно опасного, в воздухе рабочей зоны составляет 1,1-10 мг/м³, для природного газа ПДК 300 мг/м³.

Нефть по санитарным нормам относится к 4-му классу опасности.

При работе в местах, где концентрация вредных веществ в воздухе может превышать ПДК, работников должны обеспечивать соответствующими противогазами.

При работе с вредными веществами должно быть обеспечено регулярное обезвреживание и дезодорирование СИЗ.

Уменьшение неблагоприятного воздействия запыленности и загазованности воздуха достигается за счет регулярной вентиляции рабочей зоны.

Работающие в условиях пылеобразования должны быть в противопыльных респираторах, защитных очках и комбинезонах. При загазованности траншеи или котлована в результате утечки газа необходимо прекратить работу и вывести людей, запретив курить, зажигать спички или пользоваться открытым огнем.

Опасность поражения электрическим током

Опасность воздействия электрического тока на организм человека зависит от электрического сопротивления тела и приложенного к нему напряжения, силы тока, длительности его воздействия, путей прохождения тока через человека, рода и частоты тока, индивидуальных особенностей человека, окружающей среды и ряда других факторов.

Таблица 5.3 – Степени воздействие тока на человека

Сила тока, мА	Воздействие на человека	
	переменный ток	постоянный ток
	50-60 Гц	
0,5-1,5	начало ощущения, лёгкое дрожание пальцев рук	не ощущается
2,0-3,0	сильное дрожание пальцев рук	не ощущается
5,0-7,0	судороги в руках	зуд, ощущение нагрева
8,0-10,0	трудно оторвать руки от электродов, сильные боли в пальцах, кистях рук и предплечьях	усиление нагрева
20,0-25,0	паралич рук, оторвать их от электрода невозможно, сильные боли, дыхание затруднено	ещё большее усиление нагрева
50,0-80,0	остановка дыхания, начало фибрилляции сердца	сильное ощущение нагрева, сокращение мышц рук, судороги, затруднение дыхания
90,-100,0	остановка дыхания, при длительном воздействии - 3 сек. и более следует остановка сердца	остановка дыхания

Существенное влияние на исход действия электрического тока оказывает путь прохождения тока в теле человека: чем больше жизненно важных органов подвержено действию тока, тем тяжелее исход поражения.

Для максимальной защиты персонала необходимо изолировать токоведущие части оборудования; заземлять точки с источника питания или искусственной нейтральной точки; применять СИЗ, не проводящие токи; устанавливать знаки предостережения в местах повышенной опасности.

Опасность механических повреждений

При работе с РВС обслуживающий персонал подвергается опасности получения механических повреждений. Для предотвращения повреждений необходимо соблюдать технику безопасности.

В целях достижения безопасности персонала необходимо соблюдать требования:

- оформлять наряд-допуск на проведение работ повышенной опасности;
- места прохода и доступа к техническим устройствам, на которых требуется подъем обслуживающего персонала на высоту до 0,75 м, оборудуются ступенями, а на высоту выше 0,75 м - лестницами с перилами;
- в местах прохода людей над трубопроводами, расположенными на высоте 0,25 м и выше от поверхности земли, площадки или пола, должны быть устроены переходные мостики, которые оборудуются перилами, если высота расположения трубопровода более 0,75 м;
- рабочие площадки и площадки обслуживания, расположенные на высоте, должны иметь настил, выполненный из металлических листов с поверхностью, исключающей возможность скольжения, или досок толщиной не менее 0,04 м, и, начиная с высоты 0,75 м, перила высотой 1,25 м с продольными планками, расположенными на расстоянии не более 0,4 м друг от друга, и борт высотой не менее 0,15 м, образующий с настилом зазор не более 0,01 м для стока жидкости;

- работы, связанные с опасностью падения работающего с высоты, должны проводиться с применением предохранительного пояса;
- узлы, детали, приспособления и элементы технических устройств, которые могут служить источником опасности для работающих, а также поверхности оградительных и защитных устройств должны быть окрашены в сигнальные цвета;
- открытые движущиеся и вращающиеся части технических устройств ограждаются или заключаются в кожухи; такие технические устройства должны быть оснащены системами блокировки с пусковыми устройствами, исключающими пуск их в работу при отсутствующем или открытом ограждении;
- снятие кожухов, ограждений, ремонт технических устройств проводится только после отключения электроэнергии, сброса давления, остановки движущихся частей и принятия мер, предотвращающих случайное приведение их в движение вследствие ошибочного или самопроизвольного включения аппаратов, под действием силы тяжести или других факторов; на штурвалах задвижек, шиберов, вентилей должны быть вывешены плакаты "Не открывать! Работают люди", на пусковом устройстве обязательно вывешивается плакат: "Не включать, работают люди".

5.4 Экологическая безопасность

Проведение природоохранных мероприятий должно обеспечивать возможность сохранения существующего до начала эксплуатации и потенциально достижимого при эксплуатации:

- уровня загрязнения природной среды;
- локализацию и уменьшение активности опасных природных процессов

Основными типами антропогенных воздействий на природу являются:

- загрязнение окружающей среды промышленными и бытовыми отходами; развитие отрицательных физико-

геологических процессов в зоне строительства и эксплуатации объектов;

- загрязнение окружающей среды нефтью и конденсатом вследствие несовершенства технологии, аварийных разливов и несоблюдение природоохранных требований;
- Основными мерами по охране окружающей среды являются:
 - сокращение потерь нефти и конденсата, повышение герметичности и надежности промышленного оборудования;
- оптимизация процессов сжигания топлива, снижение образования токсичных продуктов сгорания.

Защита атмосферного воздуха от загрязнения

При хранении нефтепродуктов в резервуаре образовывается газоздушная смесь, которая через дыхательные клапаны выходит в атмосферу, это называется «большие дыхания» резервуара.

Для исключения вредного воздействия на воздушный бассейн природоохранные мероприятия заключаются в поддержании всего транспортного парка в исправном состоянии, осуществлении постоянного контроля на соответствие требованиям нормативов уровня выбросов в атмосферу вредных веществ.

Уменьшение газового пространства, это один из наиболее эффективных методов борьбы с потерями от испарения и выбросом в окружающую среду.

Немаловажным фактором является в целом состояние резервуара. Наличие коррозии и различных видов дефектов также приводит к большим потерям и выбросам.

Защита поверхностных и подземных вод от загрязнения и истощения

Значительное отрицательное воздействие на гидросферу оказывают разливы нефти, которые могут быть связаны с несоблюдением норм технической безопасности, а также в связи со стихийными бедствиями.

Должно проводиться инструктажи обслуживающего персонала по вопросам соблюдения норм и правил экологической безопасности, требований санитарно-эпидемиологической службы, ознакомление его с особым режимом деятельности в водоохраных и санитарно – защитных зонах водотоков и водозаборов с целью минимизации и предупреждения вредного антропогенного воздействия.

При попадании нефти в водоемы на поверхности воды образуется пленка, препятствующая воздушному обмену, вследствие чего приносит значительный ущерб живущим организмам.

Существуют термический, механический, биологический и физико-химический методы локализации разливов нефтепродуктов. Основным методом считается механический. Большая эффективность этого метода достигается в начале разлива, когда толщина нефтяного слоя остается большой.

Защита литосферы от загрязнения

Литосфера – твердая оболочка Земли, включающая земную кору и мантию.

Загрязнение почв нефтью приводит к значительному экологическому и экономическому ущербу: понижается продуктивность лесных ресурсов, ухудшается санитарное состояние окружающей среды. Земельные участки, отведенные в постоянное пользование, благоустраиваются с использованием предварительно снятого почвенно-растительного слоя. Земли, передаваемые во временное пользование, подлежат восстановлению (рекультивации). Земельные участки приводятся в пригодное для использования по назначению

состояние в ходе работ, а при невозможности этого не позднее, чем в течение года после завершения работ.

С целью минимизации рисков вредного воздействия на почву выполняются следующие природоохранные мероприятия. Приказом по предприятию назначается лицо, ответственное за сбор, временное хранение и организацию своевременного вывоза отходов, образующихся в результате проведения работ. На участке должен проводиться постоянный контроль за состоянием рабочих емкостей и контейнеров с отходами. Места временного хранения и накопления отходов должны соответствовать требованиям техники безопасности, санитарно-гигиеническим нормам и выше перечисленным инструкциям. Места сбора и накопления отходов должны быть оборудованы углекислотными огнетушителями, ящиками с песком, лопатой, войлоком, кошмой или асбестом.

Строительные работы, в связи с требованиями лесного хозяйства, обязаны:

- обеспечить минимальное повреждение почв, травянистой и моховой растительности;
- произвести очистку лесосек и ликвидировать порубочные остатки;
- не допускать повреждения корневых систем и стволов опушечных деревьев.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

На объектах для хранения нефти могут произойти различного рода аварии, которые могут привести к чрезвычайным ситуациям. Это и пожары, и взрывы при проведении ремонтных работ с несоблюдением требований безопасности по ремонту и эксплуатации, кроме того при эксплуатации резервуаров и сопутствующего оборудования существует вероятность аварийного разлива нефти, выброса вредных и токсичных веществ в атмосферу.

Основными методами, способствующими уменьшению масштабов ЧС, являются:

- Обучение персонала навыкам поведения в ЧС.
- Усиленный контроль за состоянием объекта.
- Первичная система пожаротушения;
- Во избежание аварийного разлива нефти, каждый резервуар должен быть огражден земляным обвалованием.
- Система оповещения населения, персонала объекта и органов управления для своевременных необходимых мер по защите населения.

Наиболее вероятным ЧС в нефтегазовой сфере является возгорание на производственном объекте, как частный случай техногенной ЧС. Его источником могут быть несчастный случай, халатность работников, неисправность электрооборудования, недостаточная герметичность объектов на пожароопасных территориях производственного комплекса и другие причины.

В случае обнаружения подобной ЧС основными для работника являются следующие действия:

- если справиться с огнем за несколько секунд не удалось, нужно немедленно сообщить о пожаре по телефону в пожарную охрану;
- вызвать к месту пожара руководителя подразделения;
- принять посильные меры по эвакуации людей и тушению пожара.

Действия прибывшего к месту пожара руководителя подразделения:

- продублировать сообщение о пожаре в пожарную часть;
- привлечь к тушению добровольную пожарную дружину и поставить в известность администрацию объекта;
- организовать спасение людей;
- при необходимости отключить электроэнергию, остановить работу агрегатов, перекрыть сырьевые, газовые и другие коммуникации;
- прекратить все работы на объекте;

– осуществлять руководство тушением пожара до прибытия подразделения пожарной команды, а затем действовать по указаниям руководителя тушением пожара.

Заключение

На сегодня, Российские компании нефтегазовой отрасли уделяют достаточно внимания социальной ответственности, и развивают различные направления по охране труда. Практическая значимость раздела «Социальная ответственность» важна для организации и ведения безопасной работы на опасных производственных объектах, имеющих резервуарные парки хранения нефти.

Список используемых источников

1. РД 153-39.4-078-01 – Правила технической эксплуатации резервуаров магистральных нефтепроводов и нефтебаз.
2. РД 39-30-587-81 Инструкция по эксплуатации системы размыва и предотвращения накопления парафинистого осадка в нефтяных резервуарах.
3. РД 39-30-498-80 Методика расчета допустимых скоростей истечения нефти в резервуары через системы размыва осадка с учетом образования статического электричества.
4. Безбородов Ю.Н., Шрам В.Г., Кравцова Е.Г., Иванова С.И., Фельдман А.Л. – Учебное пособие. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. – 110 с.
5. J.E. Pepper and D.F. Clark The Corrosion, Cleaning, Inspection And Repair Of Storage Tanks In Crude Oil Service. Society of Petroleum Engineers, 1979
6. Нежевенко, В.Ф. К вопросу о возможности отстоя нефти от взвешенного парафина на промыслах / В.Ф. Нежевенко, Р.И. Кедрова // Труды КуйбышевНИИ НП. -Куйбышев, 1961. - вып.9. - С . 63-71.
7. Сковородников, Ю.А. Борьба с накоплением парафинистых осадков в нефтяных резервуарах / Ю.А. Сковородников, СГ. Едигаров // Транспорт и хранение нефтепродуктов и нефтехимического сырья. - 1967. - №4. - С. 71.
8. Тульская, С. Г., Чуйкин С.В., Петров С.А. Подогрев и вероятная температура нефтепродуктов в резервуарах при хранении // Молодой ученый. — 2016. — № 21 (125). — С. 226-228.
9. Рогачев М.К., Кондрашева Н.К. Реология нефти и нефтепродуктов // Учеб. пособие. — Уфа: УГНТУ, 2000. — 89 с
10. Кесельман Г.С., Махмудбеков Э.А. Защита окружающей среды при добыче, транспорте и хранении нефти и газа - М. : Недра, 1981. - 256 с.

11. Джабаров, С.Г. Устройство для гидромеханической очистки резервуаров от донных осадков нефтепродуктов и нефти // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. - 1964. - № 10. - С. 25-28.
12. Hummer J. S. Method for cleaning an oil tank : пат. 5591272 США. – 1997.
13. Чурикова, Л. А., Конашева, Е.А., Утегалиев А.Т. Обзор современных методов очистки резервуаров от нефтяных остатков // Технические науки в России и за рубежом : материалы V Междунар. науч. конф. (г. Москва, январь 2016 г.). — Москва : Буки-Веди, 2016. — С. 71-75
14. Патент № 2 548 077 RU Способ очистки резервуаров, предназначенных для хранения и транспортировки нефти и нефтепродуктов при отрицательных температурах окружающей среды / Рамазанов Р.Р. – 2015
15. Patent № 4,817,653 US Tank cleaning, water washing robot / R. Krajicek, R. Cradeur. - 1989. - №147,237. - 18 p.
16. S. E. Shaheen, Hesham M. Ibrahim, Parienti Raoul Chemical treatment vs. mechanical operations in tank cleaning: Who won ?, Environmental Science, Engineering – 1999 – 8 p
17. Lawrence Nicholas Kremer, Joe Nguyen On-Line Method for Reducing Sludge Volume in Crude Oil Storage Tanks // NACE International – 2000 – 7 p
18. Патент № 2 500 486 RU Устройство для повышения эксплуатационных свойств вертикальных стальных резервуаров / Некрасов В.О., Левитин Р.Е., Тырылгин И.В., Земенков Ю.Д. – 2015
19. Бутов В.Г., Никульчиков А.В., Никульчиков В.К., Солоненко В.А., Ящук А.А. Исследование процесса струйного размыва донных отложений в нефтяных резервуарах // Известия ТПУ. 2018. №9.
20. Кононов О.В., Галиакбаров Г.Е., Коробков В.Ф. Анализ устройств для предотвращения и размыва осадков в нефтяных резервуарах // Нефтегазовое дело. -2006. - №1. - С. 161-164.

21. Развитие технологий и технических средств для борьбы с отложениями в нефтяных емкостях: диссертация ... кандидата технических наук : 07.00.10, 25.00.19 / Кононов Олег Владимирович; - Уфа, 2010. - 178 с.
22. Гималетдинов Г.М., Саттарова Д.М. "Способы очистки и предотвращения накопления донных отложений в резервуарах"
23. Чепур П.В., Тарасенко А.А. Особенности совместной работы резервуара и устройств размыва донных отложений винтового типа // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2-8. – С. 1671-1675;
24. Characterization of the sludge deposits in crude oil storage tanks / I.A. Gopang, H. Mahar, A.S. Jatoi, K.S. Akhtar, M. Omer, M.S. Azeem // Journal of Faculty of Engineering & Technology. – 2016. – V. 23 (1). – P. 57–64.
25. Альтшуль А. Д., Животовский Л. С., Иванов Л. П. Гидравлика и аэродинамика: учебник для студентов вузов //М.: Стройиздат. – 1987.
26. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 07.03.2017) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»
27. ГОСТ С. 12.2. 003-91 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» //М.: Издательство стандартов. – 1992.
28. Крепша Н.В. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы бакалавров и магистров Института природных ресурсов. - Томск: Изд-во ТПУ, 2014. - 53 с.
29. ГОСТ 12.1. 005-88 Воздух С. рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. – 1988.
30. ГОСТ 12.4. 124-83 ССБТ Средства защиты от статистического электричества. – 1990.
31. ГОСТ 12.4.059 Ограждения предохранительные инвентарные. – 1990.
32. ГОСТ 26887-86 Площадки и лестницы для строительномонтажных работ. Общие технические условия. – 1987.

33. ГОСТ 27321-2018 Леса стоечные приставные для строительного монтажных работ. – 1987.
34. ГОСТ 27372-87 Люльки для строительного-монтажных работ. Технические условия. – 1989.
35. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение. – 1996.
36. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Предельно допустимые величины напряжений и токов. Электробезопасность – 1982.
37. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности - М.: Стандартиформ, 1983.
38. ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. – 2008.
39. ПБ 08-624-03. Правил безопасности в нефтяной и газовой промышленности. - М.: ПИО ОБТ, 2003. - 167 с.
40. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений. – 2013.

Приложение А
(справочное)

Modelling of hydrodynamic processes of erosion sea-floor sediments in oil storage tanks

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ84	Баранов Александр Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Зиякаев Г.Р.	к.т.н		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Надеина Л.В.	к.филол.н		

Introduction

Currently, oil production in the Russian Federation amounts to about 11 million barrels per day. The Russian Federation has an oil production capacity of about 11 million barrels per day. Part of it is transported to consumers through pipelines, while the other part is stored in tanks. During storage, oil and petroleum products are stratified into fractions, the heavy part of which is deposited at the bottom of the tanks.

In the storage of petroleum and petroleum products in reservoir parks, the most important task is to ensure their reliable operation throughout their useful life. In this connection, special attention should be paid to the technical condition of the equipment and to the prevention of corrosion. In addition, attention should be paid to the quality of the oil products, as it falls when tanks are not cleaned in time and oil sludge accumulates in large quantities.

It is worth noting that the removal of sediment from the reservoirs requires their decommissioning, which is a cost-effective procedure. Smelting systems prevent the occurrence and accumulation of oil sludge in tanks, thus reducing the storage costs of petroleum and petroleum products.

The objectives of this work are:

- Study of the process of storage of oil in tanks;
- Conducting a comprehensive analysis of existing cleaning techniques and state-of-the-art technologies to prevent accumulation and erosion of sediments already accumulated;
- Identification of the most effective way to control sediment;
- Modelling of the hydrodynamic process of melting bottom sediments in a vertical steel reservoir.

4. Literature review

In the writing of this work, scientific and methodological literature was used, as well as the analysis of current trends in the development of oil storage facilities, successes in the design and implementation of systems for smelting bottom sediments into reservoir parks, the main operating technologies for sediment erosion in oil storage tanks were reviewed and analysed.

The literature review first drew attention to the following guidance documents: GD 153-39.4-078-01; GD 39-30-587-81; GD 39-30498-80. They set out the basic rules for the maintenance of tanks, instructions for the operation of smelting systems and for the prevention of paraffin sludge in oil storage tanks. It describes the method for calculating permissible oil speeds in tanks produced by smelting systems, taking into account the generation of static electricity. On the basis of the information analysed, the special technical and operational conditions of the reservoir fleet were taken into account. [1,2,3]

The training manual «Reservoirs for the reception, storage and dispensing of petroleum products» by the authors Y.N., Shram V.G. was a source of basic information about the oil reservoirs and their classification. In addition, the manual discusses various designs and options for assembling vertical steel tanks. The manual also provided a brief description of the equipment used to operate oil storage tanks. [4]

The paper «The corrosion, cleaning, inspection and repair of storage tanks in crude oil service» by Pepper J.E. and Clark D.F. Particular attention is paid to history and past mistakes. In particular, the history of the explosion of the 20,000 tank was described, which was followed by a rethinking of the existing methods for testing the quality of the equipment and rethinking of the attitude towards the maintenance of the tanks. [5]

Sludge obtained from the crude oil storage tanks is semi solid waste. It is a complex emulsion of numerous petroleum hydrocarbons, water, and solid particles. Petroleum sludge is generated during crude oil transportation, storage, refining and production. It includes many poisonous species, xylene, polycyclic aromatic

hydrocarbons, benzene, heavy metals, toluene, and ethyl benzene. Gopang. I.A., Mahar A.S. and other authors of the foreign article «Characterization of the sludge deposits in crude oil storage tanks» in their paper investigate physical and chemical characteristics of sludge from oil and gas fields. [24]

In addition to studies of sedimentation in Lerke G.E. and Sviridov V.P. reservoirs, the composition and properties of sediments have been studied, which have a significant impact on the processes of erosion and prevention of accumulation.

The structure of sediments can be divided into two types:

- loose sediments
- compacted sediments.

The loose sediments are settled particles with the inclusion of dispersed media. Long-lasting, densely structured sediments that have undergone ageing are known as compacted sediments.

One of the works of Nezhevenko V.F. in 1961 was devoted to the formation of paraffin precipitation in a small volume tank under conditions of oil field. The main objective of this investigation was to determine the rate of precipitation formation and to recommend whether oil could be separated from the suspended paraffin. The low-density and viscosity oil lag was investigated for 5 days at oil temperatures of between 15.3 and 10.7 °C and ambient air of between 8.2 and minus 2.1 °C. As a result, it was determined that That the temperature in the tank is decreasing very slowly and a considerable period of time is required to achieve a temperature equilibrium between the oil and ambient air, even if the ambient temperature is constant. The crystals of the paraffin released by the cooling of the oil settle very slowly. The settled crystals are held firmly in sediment without being liquid, even if the oil subsequently remains at a higher temperature for a long time, compared to the original. Waste oil has little effect on the total paraffin content of the oil, so the slop to prevent paraffin from falling out during transport makes no sense [6].

The most widespread issues of the formation of deposits in the oil reservoirs in 1967 were reflected in the paper of Edigarov S.G., who considered them for tanks of up to 5,000 m³ [7]. In small volumes, the precipitation intensively accumulates in the first two months, then the precipitation growth rate slows down and stops after the «dead zone» is filled, the area in which is not affected by the incoming jet from the reception and distribution pipes. The next step is the dynamic balance of the precipitation in the oil tank.

The oil distribution system, which is the end of the oil industry and links production to consumption, has faced new challenges in the storage of petroleum and petroleum products. Some of them try to analyze the author of the book «Storage of petroleum and petroleum products», Olenev N.M. In this book he outlined the main issues on storage of petroleum and petroleum products. In addition, the author examined various heating devices to make it easier to combat oil sludge in tanks.

For a deeper analysis of the existing structures of the oil storage tank heaters was used the article «Heating and probable temperature of the oil products in the storage tanks» located in the journal «Young scientist» under the authorship of Tula S.G., Chuikin S.V. and Putrova S.A. [8]

In the manual «Rheology of petroleum and petroleum products» under the authorship of Rogachev M.K. and Kondrasheva N.K., devoted to the peculiarities of the rheological properties of oil, the return of water-oil emulsions and the composited petroleum products, the bases of rheology were considered. The composition and main constitutive components of petroleum and composite petroleum products are given. [9]

Answers to questions about environmental protection measures were found in the monograph «Protection of the environment during extraction, transport and storage of oil and gas» under the editorial of authors Keselman G.S. and Mahmudbekov E.A. In particular, the paper focuses on the specific features of oil production that contribute to the environmental, economic and social impacts of environmental pollution. Methods for controlling the pollution of inland and

groundwater bodies, the atmosphere and the lithosphere are also described. Methods for determining economic loss from pollution are described. [10]

In the standard «Instructions on cleaning of reservoirs from residues of oil products», agreed by the Supervision Office in the oil and gas industry of Gosgortech Supervision of Russia from 14.01.2004. It contains information on the organization of work during the cleaning of the reservoirs from the draught, the main technical means for cleaning, the description of the process, quality control, fire safety requirements and requirements for safety and environmental protection.

All the extracted oil, during its storage, accumulates sediments. The formation of these sediments in oil reservoirs reduces the useful volume of the tank, makes it difficult to carry out bottom surveys and, equally importantly, accelerates corrosion fractures. In order to effectively control sediments, it is necessary to understand the nature of the phenomenon as well as to identify the main patterns of the process. Literature will follow, helping to understand many aspects of the phenomena and patterns described above.

In 1964, Mr. Jabarov S.G. published on the development of a hydromechanical method by All-Russian Research and Technological Institute of Biological Industry for cleaning reservoirs from bottom sediments, which eliminates the need for workers to stay inside the tank. The residue is diluted and liquefied by a hydromonitor and the pulp is removed by a hydro-elevator. [11]

In 1997 Hammer J. proposed the following cleaning scheme for the container. The jet of the dilution agent is fed to the surface of the container via a smelting device then the resulting mixture of blurred deposits is pumped out, and after processing the smelting agent is returned to the cycle. [12]

The proposed method is based on the use of an oil product stored in a container as a dilution agent sprayed onto the inner surface of the container from above. The smeared residue is pumped out of the tank, cleaned, then passed through the heating chamber and fed to a rotating smelting device. Cleaning of the 50,000-80,000 m tank takes from 24 to 48 hours.

Attention was also drawn to a more modern source, namely «Review of modern methods of cleaning reservoirs from oil residues» from the journal “Young scientist” under the authorship of Churikova L.A., Konasheva K.A. and Utegaliev A.T., in which the authors analyze the current state-of-the-art techniques and techniques for the removal of bottom oil sludge from reservoirs. They describe the advantages and disadvantages of different methods. As a result of their work, the most effective method for controlling the precipitation generated during the operation of vertical steel tanks was proposed. [13]

In order to analyze the efficiency of cleaning reservoirs from bottom sediments at negative environmental temperatures, the patent «the method of cleaning reservoirs intended for storage and transportation of petroleum and petroleum products at negative environmental temperatures» was considered. Despite the efficiency of the proposed device, the analysis of the patent made it possible to note the existing disadvantages of the method of cleaning the reservoirs of bottom sediments, as compared to the method of smelting the sediment in them. [14]

In 1989 Krysek R. and Kryder R. in an effort to facilitate the cleaning of the oil tanks invented a robot that remotely controlled the oil sludge with water. A robot with a hydraulic drive in a disassembled state is delivered to the tank via a hatch-and-slope with the aid of a specially mounted structure. Inside the tank, it's being built for work. And the robot is controlled by a remote control. [15]

The robot moves the frame along the bottom of the tank and cleans it of sediments. The hydraulic system allows the operator, with the aid of a control panel, to move the robot along the bottom of the reservoir and to change the direction of the jet produced by the disabling device. A stream of water erodes the sediments that are pumped out of the tank. The whole process is controlled by one person who can be in the tank for a long time, because the robot control does not require much physical effort.

Scientific paper «Chemical Treatment vs. Mechanical Operations in Tank Cleaning: Who Won?» by Shaheen S.E., Ibrahim H.M., Raoul P.G. was One of the

foreign sources of literature. The title of the paper compares the two main methods of purifying tanks of oil sludge, the chemical method versus the mechanical method. In the process of the research, the authors cite the pros and cons of both methods, but despite all the identified advantages of existing clean-up technologies, the following conclusion emerges. Both the chemical and mechanical types of clean-up fail, as all the benefits are dissipated by comparing them with various smelting techniques to take advantage of the recovered volume of oil, and to avoid harmful effects of the oil sludge on the environment. [16]

The scientific work «On-Line Method for Reducing Sludge Volume in Crude Oil Storage Tanks», authored by Kremer L. and Nguyen J. also presents the disadvantages of the method of cleaning the reservoir from bottom sediments. It is worth mentioning that the work not only mentions deficiencies in the resource efficiency and durability of tanks, but also the negative impact of oil precipitation on people in contact with it. As a result, two alternatives to the method were proposed. One is to pump part of the oil medium out of the tank and compose the remaining oil by adding different solvents. The second method is to avoid high precipitation, by eroding sediments, during the operation of the reservoir. [17]

Further, literature dealing with the bottom sediment smelting systems and facilities was reviewed. It also describes the processes of mechanical cleaning of the tanks, describes the deficiencies of the methods and discusses alternative techniques for sludge control in the tanks, which is to prevent the occurrence of this sludge. Such systems have a number of advantages over techniques for mechanical treatment of oil sludge in tanks.

In the process of the work the patent «Device for increasing the operational properties of vertical steel tanks» was considered, the owner of which is "Tyumen State Oil and Gas University" (Tyumgu). The inventive device is embodied in the form of a common collector in the form of an open, curved pipe arranged on the bottom of the container along the wall thereof and provided with eight pressure pipes. [18]

In the article «Investigation of the process of jet erosion of bottom sediments in oil reservoirs», the authors such as Butov V.G, Nikulnikov A.V., Nikulnikov V.K., Solonenko V.A., Ithauk A., focus on various parameters of oil and its temperature. The hydrodynamic characteristics of the flooded jet produced in a given reservoir are calculated; they determine the rheological parameters of the oil at which it is possible to dilute the sediments at the given parameters. Figure 1 presents the results of the determination of the smelting area at different temperatures and the corresponding viscosity for oil. The screw device for defrosting bottom sediments in the reservoir has been designed and the influence of the main structural and regime characteristics of the screw device on the parameters of the turbulent jet has been analyzed. The process of hydrodynamic oil current produced in a closed reservoir is modelled. Based on the results of the studies and modelling of the process of erosion of sediments in the reservoirs, the authors draw the following conclusions. At oil temperatures above 20 °C and the associated viscosity range, it is possible to form a flow that dilutes the sediment accumulated at the bottom of the tank. The liquid flow will have a velocity of 0.5 m/s, and the smelting distance at such parameters will be as high as 60.7 m. However, at an oil temperature of less than 15 °C, it will not be possible to reach the melting of the sediments, which means that in such a case it will be necessary to introduce heating systems, to increase the temperature of the oil inside the tank. [19]

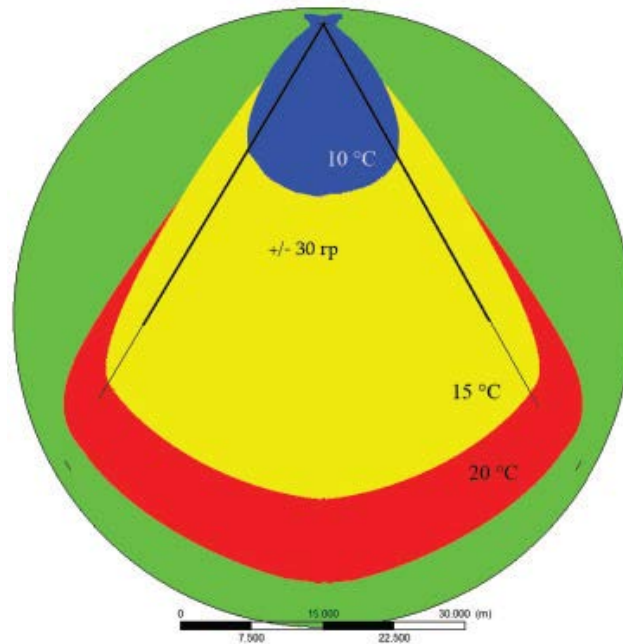


Fig.1 Smelting area depending on temperature (at 10, 15 and 20 °C)

Returning to GD Guidance Document 39-30-587-81, in addition to general instructions on the fumigation of paraffin sediment, the document describes a system consisting of circular fan nozzles submerged at the bottom of the reservoir. Despite the simplicity of the design, such a system has a number of disadvantages, such as the clogging of the movable parts of the nozzles and, as a result, a reduction in the precipitation erosion efficiency. [2]

Liquids (in a broad sense) are distinguished from solids by the light mobility of particles. While it is necessary to apply finite, sometimes very large, forces to a solid to change its shape, even the smallest forces can change the shape of the liquid, if they are present for a long time. Thus, under its own weight, the liquid leaks if possible. The book «Hydraulics and Aerodynamics» addresses the main issues of fluid mechanics. In this book Altshul A.D. describes the physical properties of liquids, the general laws of fluid movement, hydraulic resistance, fluid movement through pipes and their expiration from openings, and the simulation of hydroaerodynamic phenomena. [25]

Description of the next smelting device can be found in scientific work «Analysis of devices for prevention and smelting of bottom sediments in oil

reservoirs» under the authorship of Kononova O.V, Galiakbarov V.F. and Korkov G.E. The system is called «Hydraulic jet mixer» (Figure 2) and works by creating a directional flow of fluid that causes the bottom sediments to melt. The result of the scientific work was a comparative analysis of the energy consumption of the inkjet hydraulic mixer and electromechanical mixers in a 5,000 m³ tank. [20]

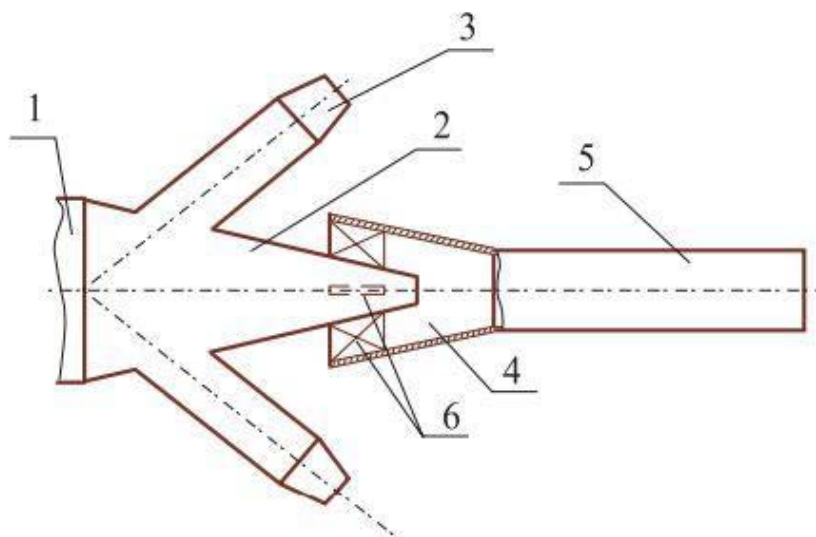


Fig.2 Hydraulic jet mixer

1 - entrance branch; 2 - central nozzle; 3 - side nozzle; 4 - confuser; 5 - mixing chamber; 6 - strengthening ribs

In the thesis «Development of technologies and technical means to combat deposits in oil tanks» Kononov O.V. carries out analysis of causes of formation and accumulation of deposits in oil tanks; Conducts a comprehensive analysis of existing sedimentation control devices and analysis of technologies for the removal of sediment already deposited. The advantage of the work is that not only the domestic market but also the foreign market was analyzed. The author described the advantages and disadvantages of the technical devices being monitored. This scientific work made a great contribution to the direction of work on the master's thesis. Studies that showed that the flux velocity was dependent on the range of the flux for jet hydraulic systems and electromechanical mixers (Figure 3) led to the conclusion that the conditions for the technical devices in question were: where we can maximize productivity, resource efficiency and economic benefits. [21]

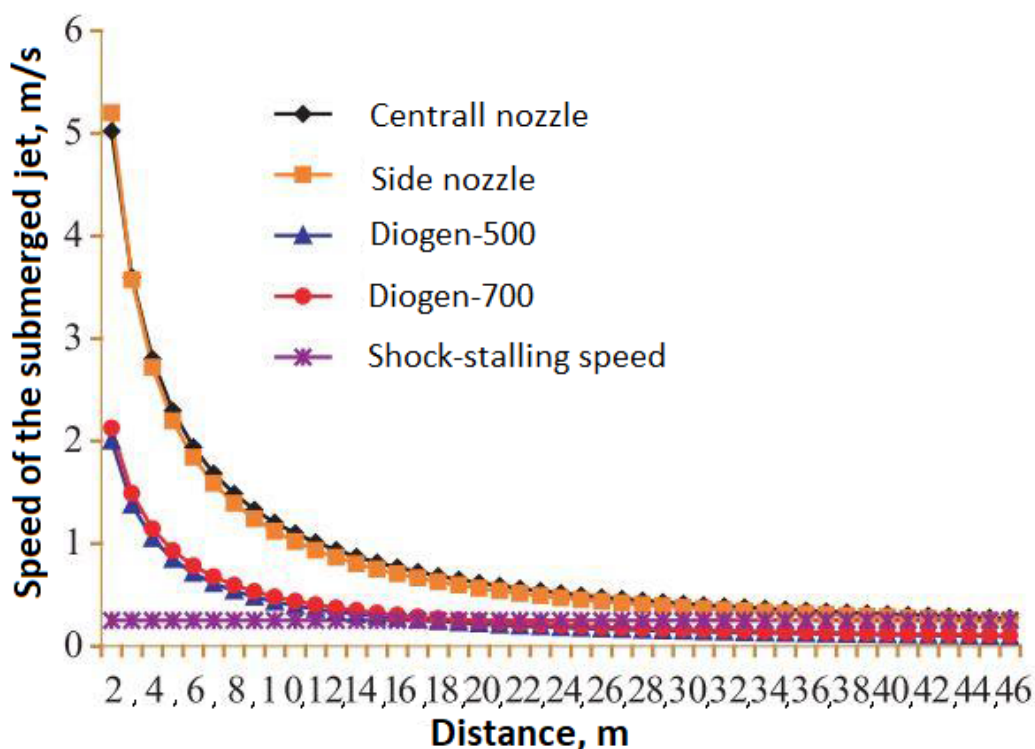


Fig. 3 Graph of the speed from a distance. For the jet to the hydraulic jet mixer and electro-mechanical mixers «Diogen».

Authors Himaletdinov G.M., and Sattarov D.M. in «Methods of cleaning and prevention of accumulation of bottom sediments in reservoirs» told that description of the main mechanical methods of cleaning is carried out, but the comparison of the main electromechanical mixers has brought great informative benefit (table 1). Both foreign and domestic technical devices are listed here. [22]

Table 1 Comparative techno-economic performance of domestic and foreign analogues of bottom sediment smelters in oil tanks

Showing-trees	Model of device, manufacturer				
	Prematechnic 177S20, (Germany)	Jensen 620VA 25/29, (USA)	Plenty 28P-8TM25, (USA)	HX 63.00.00 0, (Russia)	«Diogen» -700," (Russia)

Diameter of propeller, mm	660	730	700	600	700
Power of electric drive-generator, kW	20.0	18.5	18.5	22.0	18.5
Turning wheel	manual	Automatically, continuously operated	Automatically, continuously operated	manual, discrete in 10°	automatically, continuously operated
Cost including VAT and customs duties, thous. rub.	544.4	704.5	873.5	339.0	554.2
Number of devices required to wipe out one vertical stock tank - 20,000 m ³	2	2	1	2	1

In the process of writing the article «Features of the joint operation of the tank and devices for smelting bottom deposits of screw type», the authors Chepur P.V and Tarasenko A.A. are considering the introduction of technical devices into oil storage tanks for smelting oil sludge. For calculations, the authors considered domestic installations, among which «Diogenes-500», «Diogenes-700», «Typhoon-24». Models of smelting plants and a reservoir of 20,000 m³ of vertical steel have been built with the help of the ANSYS package to carry out the calculations. For the models developed, the most unfavourable operating modes, which negatively affect not the overall stress-deformed condition of the wall (maximum reactive force of the shaft, maximum oil loading height) were considered. The results of the study were presented for each of the options considered. For installation of type «Diogenes-

700», besides the presented result of the numerical experiment, results obtained in work are given. The work leads to the conclusion that it is important to find optimal parameters for the operation of sediment erosion systems. In the case of screw-screw smelting systems, the reinforcement of the lower belt of the container should also be used, since this area is subject to the highest voltage values. [23]

The basic laws used in fluid mechanics are the same as in solids mechanics. However, the application of these laws to fluid mechanics differs due to the difference between the properties of liquids and solids. It is therefore useful to begin the study of fluid mechanics by identifying and assessing the essential properties of liquids.

References

1. GD 153-39.4-078-01 - Rules for technical exploitation of reservoirs of main oil pipelines and oil bases.
2. GD 39-30-587-81 Instructions for operation of the smelting system and prevention of accumulation of paraffin sludge in oil tanks.
3. GD 39-30-498-80 Method of calculation of permissible speeds of oil flow to reservoirs via precipitation smelting systems taking into account the generation of static electricity.
4. Bezborodov Y.N., Shram V.G., Kravtsova E.G., Ivanova S.I., Feldman A.L. - Training manual. - Krasnoyarsk: 2015. - 110 s.
5. Pepper J.E., Clark D.F. The Corrosion, Cleaning, Inspection And Repair Of Storage Tanks In Crude Oil Service. Society of Petroleum Engineers, 1979
6. Nezhevenko, V.F. To the issue of the possible separation of oil from the suspended paraffin in the fisheries / V.F. Nezhevenko, R.I. Kedrova // Trudy Kuybyshev. -Kuybyshev, 1961. S. 63-71.
7. Frying pans, Y.A. Control of accumulation of paraffin precipitation in oil reservoirs // Transport and storage of petroleum products and petrochemical raw materials. - 1967. - 4. - C. 71.
8. Tula, S. G., Chuikin S.V., Petrov S.A. Heating and probable temperature of petroleum products in tanks at storage // Young scientist. - 2016. - 21 (125). C. 226-228.
9. Rogachev M.K., Kondrasheva N.K. Rheology of petroleum and petroleum products // Training. manual. - Ufa: USPTU, 2000. - 89 s
10. Keselman G.S. Mahmudbekov E.A. Protection of the environment in the extraction, transport and storage of oil and gas - M. Nedra, 1981. - 256 p.
11. Jabarov, C.G. Device for hydro-mechanical cleaning of tanks from bottom sediments of petroleum products and petroleum /Transport and storage of petroleum and petroleum products. 1964. - 10. - C. 25-28.
12. Hummer J. S. Method for cleaning an oil tank: US Pat. 5591272. - 1997.

13. Churikova, L. A., Konasheva, E.A., Utegaliev A.T. Overview of modern methods of cleaning up tanks from oil residues // Technical sciences in Russia and abroad: materials of V International. Nauch. Konf. (Moscow, January 2016). Moscow : Buki Vedi, 2016. - C. 71-75
14. Patent 2 548 077 RU Method of cleaning of tanks intended for storage and transportation of petroleum and petroleum products at negative ambient temperatures / Ramazanov R.R. - 2015
15. Patent 4,817,653 US Tank cleaning, water washing robot / R. Krajicek, R. Cradeur. - 1989. - 147,237. - 18 p.
16. S. E. Shaheen, Hesham M. Ibrahim, Parienti Raoul Chemical treatment vs. mechanical operations in tank cleaning: Who won ? Environmental Science, Engineering - 1999 - 8 p
17. Lawrence Nicholas Kremer, Joe Nguyen On-Line Method for Reducing Sludge Volume in Crude Oil Storage Tanks // NACE International - 2000 - 7 p
18. Patent 2,500 486 RU Device for increasing the operational properties of vertical steel tanks / Necrasov V.O., Levitin R.E., Tyrylgin I.V., Zemenkov Y.D. - 2015
19. Butov V.G., Nikulchikov A.V., Nikulchikov V.K., Solonenko V.A., Yantuk A.A. Investigation of the process of jet erosion of bottom sediments in oil reservoirs // News of the TPU. 2018. 9.
20. Kononov O.V., Galiakhbarov G.E., Korkov V.F. Analysis of devices for prevention and smelting of precipitation in oil reservoirs // Oil and Gas Business. 2006. - 1. - P. 161-164.
21. Development of technologies and technical means for combating sediments in oil tanks: thesis ... of candidate of technical sciences : 07.00.10, 25.00.19 / Kononov Oleg Vladimirovich; - Ufa, 2010. - 178 p.
22. Himaletdinov G.M., Sattarova D.M. "Methods of cleaning and preventing accumulation of bottom sediments in tanks"

23. Chepur P.V., Tarasenko A.A. Features of joint operation of the reservoir and screw-type bottom sediments smelting devices // Basic research. - 2015. - 2-8. - P. 1671-1675;

24. Characterization of the sludge deposits in crude oil storage tanks / I.A. Gopang, H. Mahar, A.S. Jatoi, K.S. Akhtar, M. Omer, M.S. Azeem // Journal of the Faculty of Engineering & Technology. - 2016. - V. 23 (1). - P. 57-64.

25. Altshul A. D., Bystovsky L. S., Ivanov L. P. Hydraulics and aerodynamics: textbook for university students //M.: Stroyt. - 1987.