

**ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**



Инженерная школа природных ресурсов  
Отделение нефтегазового дела  
Направление подготовки 21.04.01 Нефтегазовое дело/ ООП «Машины и оборудование  
нефтяных и газовых промыслов»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА**

Тема работы
<b>Модернизация устройства размыва донных отложений типа "Диоген" для работы с высоковязкими нефтепродуктами</b>

УДК 622.692.2-776-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ16	Иптышев Аймир Евгеньевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Никульчиков А.В.	к.ф.-м.н		

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОНД	Шарф И. В.	д.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин А. А.	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2023 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компет енции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК-1	Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи на основе фундаментальных знаний в нефтегазовой области
ОПК-2	Способен осуществлять проектирование объектов нефтегазового производства
ОПК-3	Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии
ОПК-4	Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности
ОПК-5	Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в нефтегазовой отрасли и смежных областях
ОПК-6	Способен участвовать в реализации основных и дополнительных профессиональных образовательных программ, используя специальные научные и профессиональные знания
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способность оценивать эффективность инновационных решений и анализировать возможные технологические риски их реализации.
ПК(У) - 2	Способность анализировать и обобщать данные о работе технологического оборудования, осуществлять контроль и техническое сопровождение.
ПК(У)-3	Способность обеспечивать безопасную и эффективную эксплуатацию и работу технологического оборудования нефтегазовой отрасли.
ПК(У)-4	Знание современных САД-САЕ-систем, их функциональные возможности для проектирования геометрических моделей изделий высокой сложности.
ПК(У)-5	Способность применять полученные знания для разработки и реализации проектов, различных процессов производственной деятельности на основе методики проектирования в нефтегазовой отрасли, а также инструктивно-нормативных документов.

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
ПК(У)-6	Способность к разработке учебно-методических материалов для первичной и периодической подготовки и аттестации специалистов в области обеспечения работы технологического оборудования
ПК(У)-7	Способность реализовывать программы профессионального обучения: планировать и проводить учебные занятия, оценивать достижение планируемых результатов для первичной и периодической подготовки и аттестации специалистов в области обеспечения работы технологического оборудования

**ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**



Инженерная школа природных ресурсов  
Отделение нефтегазового дела  
Направление подготовки 21.04.01 Нефтегазовое дело/ ООП «Машины и оборудование  
нефтяных и газовых промыслов»

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ Манабаев К.К.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ16	Иптышев Аймир Евгеньевич

Тема работы:

**Модернизация устройства размыва донных отложений типа "Диоген" для работы с  
высоковязкими нефтепродуктами**

Утверждена приказом директора

10.02.2023 г. № 41-56/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

19.06.2023

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*Объектом исследования является система размыва донных отложений, установленная в резервуаре для хранения нефти.*

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<p>1. Литературное исследование проблематики размыва донных отложения в резервуарах для хранения нефти.</p> <p>2. Анализ типовых конструкций; анализ формирования осадка; обзор существующих методов очистки; технологий и устройств; предотвращающих накопление донных отложений.</p> <p>3. Произвести расчет параметров для работы системы размыва, смоделировать гидродинамический процесс работы таких систем.</p> <p>4. Финансовый менеджмент.</p> <p>5. Социальная ответственность.</p> <p>6. Выводы по работе.</p>
<b>Перечень графического материала</b>	

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Профессор ОНД, Шарф И. В., д.э.н., доцент
«Социальная ответственность»	Доцент, Сечин А. А., к.т.н.
«Английский язык»	Доцент ОИЯ, Швагрукова Е.В., к.фил.н

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

Modernization of the Diogen bottom scouring device for handling highly viscous oil products

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Никульчиков А.В	к.ф.м.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ16	Иптышев Аймир Евгеньевич		

**ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**



Инженерная школа природных ресурсов

Отделение нефтегазового дела

Направление подготовки 21.04.01 Нефтегазовое дело/ ООП «Машины и оборудование  
нефтяных и газовых промыслов»

Период выполнения \_\_\_\_\_ (весенний семестр 2022/2023 учебного года)

Форма представления работы:

Выпускная квалификационная работа магистранта

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	19.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.01.2023	1. Составление списка необходимых источников по тематике диссертации	5
18.02.2023	2. Проведение литературного обзора по тематике диссертации	35
18.03.2023	3. Расчеты и аналитика	20
22.05.2023	4. Формирование итогов применения нового винта и его влияние на размыв донных отложений	15
22.05.2023	5. Определение перспектив внедрения нового винта	10
15.05.2023	6. Формулирование выводов	10
29.05.2023	7. Предварительная защита	5

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Никульчиков А.В	К.ф.м.н		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Манабаев К. К.	К.ф.м.н		

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ16	Иптышев Аймир Евгеньевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 140 страниц, 50 рисунков, 13 таблиц, 95 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** – Модернизация устройства размыва донных отложений. Моделирование гидродинамических процессов размыва донных отложений в резервуарах вертикальных стальных.

### **Задачи работы:**

- донные отложения в нефтяных резервуарах- современное состояние, предпосылки и методы решения;
- проблема вязкости. Гидродинамические характеристики турбулентного течения отложений. Обоснование технических решений;
- практическая задача-расчет гидродинамической струи в резервуаре нефти

### **Актуальность работы.**

проблемы донных отложений в нефтяных резервуарах продиктована обстоятельствами:

- постоянно растущего мирового потребления нефти и необходимостью решения сложных задач транспортировки и хранения нефти;
- нерешенностью многих задач недопущения и устранения отложений в нефтяных резервуарах;
- негативными последствиями, возникающими от недостаточной проработанности задач недопущения и устранения отложений в нефтяных резервуарах.

Образование отложений становится причиной непродуктивного использования объема нефтяных емкостей, а также ведет к разрушению донных конструкций под осадком в результате протекания коррозионных процессов, создает сложности при обследовании состояния резервуаров.

Помимо сокращения полезного объема емкостей, при достаточно большом объеме осада возникают проблемы с процессами их эксплуатации, учет нефти в количественном и качественном измерении становится затруднительным, возникают условия для финансовых значимых потерь в работе нефтяных резервуаров и транспортной системы в целом.

**Проработанность темы** представлена сравнительно небольшим числом работ, преимущественно относящимся к методам устранения отложений, тогда как исследований по вопросам научного обоснования указанных методов ощущается недостаток работ.



**Обозначения и сокращения:**

РВС – резервуар вертикальный стальной;

АСПО – асфальтосмолопарафиновые отложения;

ДО – донные отложения;

РП – резервуарный парк;

ТО – техническое обслуживание;

УРДО – устройство размыва донных отложений;

## Содержание

Введение .....	12
1 Физико – химические свойства нефти .....	14
1.1 Проблема образования донных отложений при хранении нефти в резервуарах .....	16
1.1.1 Причины образования донных отложений в резервуаре .....	16
1.1.2 Характеристика отложений нефти в резервуаре.....	18
1.2 Исследование процессов размыва .....	19
1.2.1 Изучение процесса хранения нефти в резервуарах.....	19
1.3 Анализ существующих способов борьбы с отложениями в нефтяных резервуарах .....	25
1.3.1 Удаление отложений из резервуаров .....	26
1.3.2 Механизированный метод очистки.....	28
1.3.3 Химический метод очистки резервуаров от донных отложений .....	33
1.3.4 Химико-механизированный метод очистки.....	35
1.4 УРДО «Диоген».....	38
1.5 Подбор винта.....	42
1.6 Неньютоновские свойства нефти .....	49
1.7 Кинематическая и динамическая вязкость.....	52
2 Анализ технических решений.....	55
2.1 Определение дальности размыва .....	70
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	81
3.1 Капитальные вложения .....	81
3.2 Расчет эксплуатационных затрат .....	82
3.2.1 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	84
3.2.2 Затраты на отчисления во внебюджетные страховые фонды .....	85
3.3 Затраты на материалы .....	86
3.4 Расчет экономического эффекта от сокращения потребления электроэнергии .....	87
3.5 Расчет экономической эффективности модернизации.....	88
4 Социальная ответственность .....	92
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	92
4.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства .....	92

4.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	95
4.3	Производственная безопасность .....	95
4.4	Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	96
4.4.1	Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу.....	97
4.4.2	Повышенный уровень шума .....	98
4.4.3	Превышение уровней вибрации.....	99
4.4.4	Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	99
4.4.5	Расчет системы воздухообмена .....	100
4.4.6	Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочей зоны.....	101
4.4.7	Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны .....	102
4.4.8	Опасность поражения электрическим током.....	103
4.4.9	Опасность механических повреждений.....	105
4.5	Экологическая безопасность.....	106
4.6	Защита атмосферного воздуха от загрязнения .....	107
4.7	Защита поверхностных и подземных вод от загрязнения и истощения	107
4.8	Защита литосферы от загрязнения .....	108
4.9	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	109
	Заключение .....	111
	Список используемых источников .....	113
	Приложение А .....	122

## Введение

Резервуары различных типов были и остаются одними из самых опасных объектов на нефтегазовых предприятиях. Практически каждый резервуар представляет значительный риск для сотрудников, местных жителей, близлежащих зданий и окружающей природы. Кроме того, срок службы резервуаров ограничен, и компании, как и любые другие технологические системы, стремятся оптимизировать экономическую эффективность путем минимизации потерь ресурсов. Это подразумевает обеспечение производства товаров и услуг с минимально возможными затратами.

Резервуары большого объема, обычно используемые для транспортировки и хранения нефтепродуктов, подвержены накоплению и образованию осадка, который может достигать 50% от общего объема резервуара в год. Наличие отложений способствует образованию участков, подверженных коррозии, а также снижает эффективность работы резервуаров, затрудняя осмотр и поддержание их состояния.

Накопление донных отложений не только уменьшает полезный объем резервуаров, но и создает эксплуатационные трудности, затрудняет количественный и качественный контроль нефтепродуктов, снижает технико-экономические показатели как отдельных нефтяных резервуаров, так и системы в целом. Чтобы максимально повысить эффективность работы нефтяных резервуаров, необходимо поддерживать их полезный объем.

Для поддержания целостности резервуара и обеспечения его надежной и бесперебойной работы крайне важно удалять накопившиеся отложения. Коррозия донных хомутов и металла резервуара может возникнуть под воздействием таких компонентов, как кислород, сероводород, сульфатвосстанавливающие бактерии и углекислый газ, которые присутствуют в отложениях. Накопление отложений в резервуарах ускоряет потерю металла, что является основной проблемой при хранении нефти в резервуарах. Учитывая

актуальность этих вопросов, очевидно, что тема является весьма значимой и заслуживает исследования в выпускной квалификационной работе.

Целью данного исследования является изучение модернизации устройства размыва донных отложений типа “Диоген” с высоковязкими нефтепродуктами.

Для достижения поставленной цели в ходе исследования решаются 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;
- подбор нового винта для устройства “Диоген”
- моделирование гидродинамического процесса размыва донных отложений в резервуаре вертикальном стальном.

## **1 Физико – химические свойства нефти**

Нефть – это сложная смесь углеводородов и других органических соединений, получаемая в результате разложения органических материалов, таких как растения и животные. Она использовалась в качестве источника топлива на протяжении тысяч лет и в настоящее время является одним из самых важных природных ресурсов в мире. Нефть обладает как физическими, так и химическими свойствами, которые делают ее уникальным веществом с широким спектром применения.

### **Физические свойства нефти:**

**Плотность:** Нефть менее плотная, чем вода, что означает, что она плавает поверх нее. Именно это свойство делает разливы нефти столь разрушительными для водных экосистем. Когда происходит разлив нефти, она образует пятно на поверхности воды, препятствуя доступу кислорода к морским обитателям внизу и удушая их.

– **Вязкость:** Нефть может быть вязкой или текучей в зависимости от ее состава. Например, сырая нефть обычно густая и липкая, в то время как бензин гораздо тоньше и текучее. Вязкость является важным свойством нефти, поскольку она влияет на то, насколько легко она может транспортироваться по трубопроводам и другим каналам.

– **Цвет:** Цвет нефти может варьироваться от прозрачного до темно-коричневого или черного. Цвет нефти определяется ее составом: светлые нефти содержат меньше примесей и поэтому кажутся более прозрачными.

– **Температура кипения:** Температура кипения нефти выше, чем у воды, то есть для превращения ее в газ требуется больше тепла. Это свойство делает нефть идеальным топливом для двигателей внутреннего сгорания, поскольку ее можно сжигать для получения тепла и энергии.

### **Химические свойства нефти:**

**Воспламеняемость:** Нефть очень огнеопасна и легко воспламеняется при воздействии тепла или пламени. Именно это свойство делает нефть таким полезным источником топлива, поскольку ее можно сжигать для получения тепла и энергии.

– **Реактивность:** Нефть может вступать в реакцию с другими химическими веществами, образуя новые соединения, например, при сжигании в качестве топлива. При сжигании нефти в воздух выбрасывается углекислый газ и другие загрязняющие вещества, что способствует загрязнению воздуха и изменению климата.

– **Гидрофобность:** Нефть не растворяется в воде и вместо этого образует на ней слой. Именно из-за этого свойства нефтяные разливы так трудно ликвидировать, поскольку нефть нельзя просто разбавить и рассеять в воде.

– **Органическая:** Нефть представляет собой сложную смесь углеводородов и других органических соединений. Эти соединения могут включать серу, азот и металлы, которые могут оказывать токсическое воздействие на окружающую среду и здоровье человека.

В целом, физические и химические свойства нефти делают ее уникальным веществом с широким спектром применения. Хотя нефть является ценным ресурсом, способствующим техническому прогрессу и экономическому росту, она также представляет значительный риск для окружающей среды и здоровья человека. Поскольку мы продолжаем полагаться на нефть как на источник топлива, важно понимать ее свойства и находить способы минимизации ее негативного воздействия на окружающий нас мир.

## **1.1 Проблема образования донных отложений при хранении нефти в резервуарах**

### **1.1.1 Причины образования донных отложений в резервуаре**

Донные отложения в резервуарах – обычное явление, которое может вызвать ряд проблем. Далее рассмотрим причины возникновения донных отложений в резервуарах.

#### **Естественная седиментация:**

Естественная седиментация – это процесс, при котором мелкие частицы оседают из жидкости под действием силы тяжести. Это наиболее распространенная причина образования донных отложений в резервуарах. Этот процесс происходит, когда жидкость в резервуаре неподвижна, и у частиц есть достаточно времени для оседания.

#### **Жесткость воды:**

Жесткость воды – это показатель концентрации минералов в воде, в частности кальция и магния. Жесткая вода может стать причиной образования донных отложений в резервуарах, поскольку она содержит растворенные минералы, которые могут со временем оседать. Когда вода испаряется, минералы остаются, образуя слой осадка на дне резервуара.

#### **Химические реакции:**

Химические реакции также могут стать причиной образования донных отложений в резервуарах. Химические реакции могут происходить между жидкостью в резервуаре и материалами резервуара или между различными веществами в самой жидкости. Эти реакции могут привести к образованию твердых частиц, которые оседают на дно резервуара.

#### **Биологический рост:**

Биологический рост – еще одна причина образования донных отложений в резервуарах. Это может произойти, когда в жидкости резервуара растут микроорганизмы, такие как бактерии, водоросли и грибки. Эти микроорганизмы



могут производить отходы и другие материалы, которые оседают на дно резервуара, образуя осадок.

#### **Ржавчина и коррозия:**

Ржавчина и коррозия могут стать причиной донных отложений в резервуарах. Это происходит, когда материалы резервуара, например, сталь, корродируют и образуют частицы ржавчины, которые оседают на дно резервуара. Это может стать особой проблемой для старых резервуаров или резервуаров, которые не обслуживаются должным образом.

#### **Загрязнение:**

Загрязнение также может стать причиной донных отложений в резервуарах. Это может произойти, когда в резервуар попадают посторонние вещества. Эти вещества могут включать грязь, мусор или другие материалы, которые оседают на дно резервуара.

#### **Неправильная конструкция резервуара:**

Неправильная конструкция резервуара также может способствовать образованию донных отложений в резервуарах. Неправильно спроектированные резервуары или резервуары с недостаточными перегородками или осадкоуловителями могут позволить отложениям оседать в местах, где они могут вызвать проблемы.

#### **Неправильное обслуживание резервуаров:**

Неправильное обслуживание резервуаров является одной из основных причин образования донных отложений в резервуарах. Резервуары, которые не чистятся регулярно, со временем накапливают осадок. Это может привести к проблемам в работе резервуара и со временем вызвать его повреждение.

#### **Температурные изменения:**

Изменения температуры также могут стать причиной образования донных отложений в резервуарах. Когда температура жидкости в резервуаре меняется, растворимость минералов в жидкости может измениться. Это может привести к выпадению минералов из жидкости и их оседанию на дно резервуара.

### **Изменения давления:**

Изменения давления также могут стать причиной донных отложений в резервуарах. Когда давление в резервуаре меняется, это может вызвать движение жидкости, что может привести к перемешиванию осадка и его оседанию в различных областях резервуара.

В заключение следует отметить, что существует множество причин образования донных отложений в резервуарах. Понимание причин донных отложений может помочь выявить потенциальные проблемы в резервуарах и принять меры по их предотвращению. Правильное обслуживание резервуара и регулярная очистка помогут предотвратить накопление донных отложений и возникновение проблем.

### **1.1.2 Характеристика отложений нефти в резервуаре**

Донные отложения в водохранилищах могут быть как рыхлыми, так и уплотненными. Рыхлые отложения состоят из частиц смолы и парафина, которые быстро оседают и прикрепляются друг к другу с помощью нефти. По своему составу они похожи на нефть, из которой произошли.

Уплотненные отложения, с другой стороны, состоят из застарелых отложений парафина и смолы, которые накапливаются в течение длительного периода времени. Они содержат много парафина, асфальтено-смолистых веществ, воды и механических примесей по сравнению с нефтью, из которой они образовались.

По мере накопления парафиносодержащего осадка его структура меняется от рыхлой до уплотненной. Уплотненный осадок размывается медленнее, чем рыхлый.

## **1.2 Исследование процессов размыва**

### **1.2.1 Изучение процесса хранения нефти в резервуарах**

Современные методы добычи, транспортировки, подготовки и переработки нефти требуют длительного хранения нефти и нефтепродуктов в резервуарных парках. Эти резервуарные парки вмещают огромный объем нефти, но их строительство и эксплуатация сопряжены со значительными материальными затратами. Кроме того, резервуары являются потенциально опасными и экологически опасными промышленными сооружениями, и их использование должно соответствовать существующим нормам безопасности и экологическим нормам. Поэтому очень важно обеспечить безопасную эксплуатацию резервуаров и соблюдение мер по охране окружающей среды.

Современные конструкции нефтяных резервуаров отличаются разнообразием материалов, форм и расположения. В промышленной практике добычи и подготовки нефти в основном используются наземные стальные вертикальные цилиндрические резервуары (РВС).

Резервуары, используемые для хранения нефти и нефтепродуктов, имеют стандартные размеры от РВС-100 до РВС-10000, причем меньшие резервуары используются для измерения, а большие - для хранения технологического или сырьевого материала. Резервуары изготавливаются из листовой стали различных размеров и рулонных заготовок. Толщина металлических стенок резервуара составляет от 4 до 12 мм, при этом сталь должна быть высокого качества и марки, обеспечивающей прочность, коррозионную стойкость и определенный химический состав. Длина рулонных заготовок должна соответствовать периметру пояса резервуара.

Оборудование каждого резервуара должно обеспечивать его безопасное и надлежащее функционирование, включая возможность наполнения и опорожнения резервуара, измерения уровня жидкости, поддержания

безопасного внутреннего давления, а также облегчения очистки и ремонта, как показано на рисунке 1.

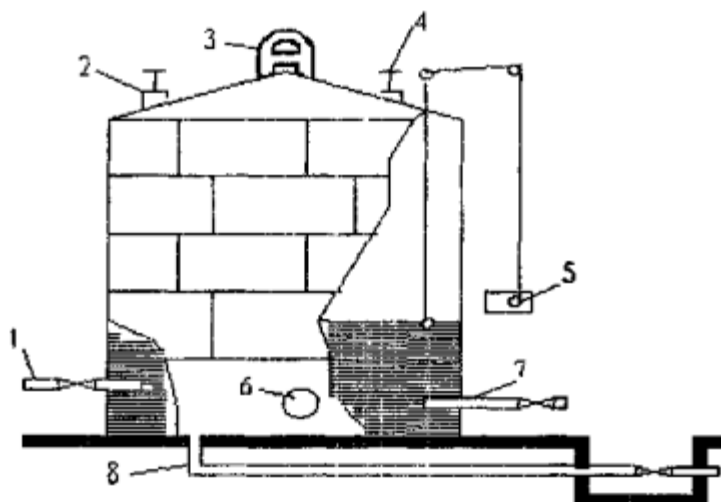


Рисунок 1 – Схема оборудования РВС

Люк 2 и люк-лаз 6 резервуара необходимы для осмотра и вентиляции резервуара во время ремонта. Приемные и раздаточные патрубки 1,7 позволяют выполнять операции по наполнению и опорожнению и должны обеспечивать плавный ламинарный поток жидкостей без разбрызгивания и перемешивания. Змеевики также могут быть установлены внутри резервуаров для подогрева продукта и улучшения условий подготовки нефти в технологических резервуарах и устройствах.

Когда речь идет о хранении нефти и нефтепродуктов, крайне важно держать резервуары плотно закрытыми и не допускать контакта газа с атмосферой. Для этого все резервуары должны быть оснащены дыхательными клапанами. Механический дыхательный клапан представляет собой литой корпус, в котором размещены два клапана. 1 Первый клапан открывается, когда давление в резервуаре падает ниже определенной отметки, а второй 2 клапан открывается, когда давление слишком высокое. Эти клапаны имеют форму мака, которые поднимаются от седла клапана под действием перепада давления и опускаются обратно под действием собственного веса, когда возникает избыточное давление или вакуум.

Дыхательные клапаны необходимы для безопасного хранения нефти и нефтепродуктов в резервуарах, а клапаны NGKM являются более совершенным вариантом, который предотвращает замерзание тарелок клапанов в холодную погоду.

Большинство современных резервуаров РВС имеют максимальное избыточное давление 2000 Па и вакуум 400 Па, что делает их уязвимыми к механическим перегрузкам. Для повышения их надежности в дополнение к дыхательным клапанам устанавливаются гидравлические клапаны, срабатывающие, когда механический клапан оказывается недостаточным для прохождения газовой смеси. Предохранительные клапаны также используют принцип гидравлического обратного клапана и рассчитаны на срабатывание при большем усилии (5-10%), чем механический клапан.

Клапаны NGKM имеют пропускную способность от 500 до 3000 м<sup>3</sup>/час, и при выборе типоразмеров для оборудования резервуара следует учитывать максимальный расход углеводородной смеси ( $Q_{max}$ ), который может пройти через дыхательный клапан, не вызывая чрезмерного давления или вакуума во внутреннем пространстве резервуара.

В период заполнения резервуара этот расход равен

$$Q_{max} = Q_n + Q_t + Q_g, \quad (1)$$

где  $Q_n$  – максимальный расход жидкости или интенсивность заполнения резервуара, м<sup>3</sup>/с;

$Q_t$  – расход углеводородных паров, которые вызваны нагревом газового пространства резервуара.

$$Q_t = \beta \Delta T V, \quad (2)$$

где  $\beta$  – коэффициент объемного расширения газа (1/273 К);

$\Delta T$  – скорость прогрева газового пространства резервуара в среднем около 0,0013 К/с;  $V$ -объем заполнения резервуара;

$Q_g$  – 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.

Обеспечение безопасной и долгосрочной эксплуатации резервуаров и резервуарных парков требует особого внимания. Резервуары и резервуарные парки следует строить в понижениях, при этом необходимо учитывать механические свойства грунтов и их устойчивость. Резервуарные парки также должны иметь надежную обваловку для предотвращения распространения разливов нефти в случае аварии.

Кроме того, для всех резервуаров должно быть предусмотрено противопожарное оборудование, как стационарное, так и мобильное. В процессе эксплуатации резервуаров необходим регулярный контроль состояния сварных швов, оборудования и наличия коррозии.

Каждый резервуар также должен быть заземлен для предотвращения опасных статических разрядов. Очистка резервуаров является важнейшей операцией и требует удаления механических загрязнений и паров углеводородов. Очистка резервуаров обычно производится с помощью моечных машин, например, типа ММ-4, после пропарки в течение 15-24 часов.

Когда речь идет о сборе нефти с высоким содержанием серы, крайне важно предотвратить попадание соединений железа в резервуар, поскольку они могут негативно повлиять на качество нефти. Кроме того, важно учитывать температуру в процессе сбора.

Прежде чем новый или отремонтированный резервуар будет введен в эксплуатацию, он должен пройти тщательные испытания и быть принят специализированной комиссией. Автоматизированные системы доставки в этом процессе обычно не используются, поэтому количество и качество собранной нефти, как правило, оценивается в резервуарах для продукта с помощью объемных методов.

Каждый резервуар предварительно калибруется с интервалом в 1 см для установления зависимости между высотой заполнения и объемом жидкости. Эта информация оформляется в виде таблицы, которая служит официальным документом для учета и реализации товарной нефти. Точное измерение уровня жидкости имеет решающее значение и обычно производится с помощью рулетки с миллиметровыми делениями. Наличие слоя пластовой воды и его высоту можно определить с помощью специальной водяной ленты. Чтобы перевести объем товарной нефти в массовый объем, в резервуар опускают пробоотборник для взятия серии проб по высоте, которые затем используются для пересчета объемного количества нефти в соответствии с существующими стандартами.

После отбора пробы масла важно как можно скорее определить температуру и плотность масла и привести среднюю плотность масла к стандартной температуре. В больших коммерческих резервуарах для упрощения этого процесса могут быть установлены стационарные устройства для отбора проб масла. После определения процентного содержания воды в лаборатории можно рассчитать общую массу чистого масла, которое продается клиентам.

Для обеспечения безопасной и длительной эксплуатации резервуаров необходимо соблюдать особую осторожность. Резервуары или резервуарные парки следует строить в пониженных местах с учетом механических свойств грунта и его устойчивости.

Резервуарные парки должны иметь надежную обваловку для предотвращения распространения разливов нефти на большую площадь в случае аварии. Все резервуары должны быть обеспечены стационарным или мобильным противопожарным оборудованием, а также средствами водяного пожаротушения.

В процессе эксплуатации резервуара необходимо постоянно контролировать состояние сварных швов, наличие или отсутствие коррозии, а также механическую исправность всего оборудования (задвижек, вентилей, лестниц и их ограждений и т.д.). Каждый резервуар должен быть надежно

заземлен для предотвращения опасных статических разрядов, а электрическое сопротивление такого заземления должно регулярно проверяться.

Особенно ответственной задачей при эксплуатации промышленных резервуаров является их очистка от механических загрязнений, таких как остатки глинистых растворов, продукты коррозии, солевые отложения. Для удаления паров углеводородов из резервуара открываются все люки и отверстия, и резервуар пропаривается в течение 15-24 часов, в зависимости от типа используемого пара.

Подводя итог, можно сказать, что сбор нефти с высоким содержанием серы требует особого внимания для предотвращения попадания соединений железа в резервуар, а собранная нефть должна быть тщательно оценена объемными методами. Резервуары должны строиться и эксплуатироваться с учетом требований безопасности, а регулярное техническое обслуживание и испытания необходимы для предотвращения несчастных случаев и обеспечения оптимальной производительности.



### **1.3 Анализ существующих способов борьбы с отложениями в нефтяных резервуарах**

Отложения в нефтяных резервуарах могут создавать значительные проблемы для добычи и переработки нефти. Скопление отложений может снизить темпы добычи, увеличить риск коррозии и снизить эффективность перерабатывающего оборудования. Поэтому были разработаны различные методы борьбы с отложениями в нефтяных резервуарах.

Одним из распространенных методов является закачка химических веществ в пласт для предотвращения образования отложений. Эти химические вещества могут включать ингибиторы отложений, диспергаторы и поверхностно-активные вещества. Ингибиторы накипеобразования предотвращают образование накипи, препятствуя росту минеральных отложений в пласте. Диспергаторы помогают разбивать и рассеивать частицы отложений, облегчая их удаление. ПАВ снижают поверхностное натяжение нефти, что может помочь предотвратить прилипание отложений к поверхностям в резервуаре.

Другим методом является использование механических методов удаления отложений из резервуара. Это может включать использование насосов для удаления воды, содержащей осадок, или применение инструментов, таких как скребки или щетки, для физического удаления осадка с поверхностей в резервуаре. Однако эти методы могут занимать много времени и быть дорогостоящими, а также могут быть эффективными не для всех типов отложений.

Более новый метод, который был разработан – это использование нанотехнологий для борьбы с отложениями. Наночастицы можно закачивать в водохранилище, где они могут связываться с частицами отложений и предотвращать их прилипание к поверхности. Этот метод пока находится на

экспериментальной стадии, но в лабораторных испытаниях он показал хорошие результаты.

В целом, наиболее эффективный метод борьбы с отложениями в нефтяных резервуарах будет зависеть от конкретного типа отложений и характеристик резервуара. Для эффективного управления отложениями и поддержания эффективной добычи и переработки нефти может потребоваться сочетание химических, механических и нанотехнологических методов.

### **1.3.1 Удаление отложений из резервуаров**

К сожалению, наиболее распространенным методом очистки нефтяных резервуаров в России и СНГ по-прежнему остается ручная очистка резервуаров, которая заключается в разжижении шлама, закачивании его в резервуары и удалении твердых остатков лопатами и носилками. Этот метод не позволяет вернуть углеводороды потребителю, так как их невозможно вручную отделить от воды и механических примесей. Следовательно, осадок вывозится на полигоны, что приводит к увеличению объема нефтешлама.



Рисунок 2 – Ручной способ очистки резервуаров

Процесс очистки резервуара включает в себя откачку остатков нефти, отсоединение резервуара от всех трубопроводов, установку промежуточных резервуаров, насосов, трубопроводов и промывочного оборудования. Затем нефть откачивается из очищаемого резервуара в соседние резервуары или в магистральный нефтепровод до минимально возможного уровня. Рабочие используют водомет для очистки внутренней поверхности резервуара, направляя струю воды или раствора (температура 70-80°C, давление 1-1,2 МПа) на очищаемую поверхность. Если остаются осадки, песок или механические загрязнения, они удаляются паром. Рабочие очищают внутреннюю поверхность резервуара непосредственно деревянными или латунными скребками, лопатами и щетками.

Этот процесс занимает много времени, трудоемок и опасен для здоровья рабочих, поскольку они подвергаются воздействию токсичных паров и высоких температур. Кроме того, этот метод не всегда обеспечивает полную очистку резервуара, могут оставаться остаточные углеводороды и механические примеси, что может привести к неисправности резервуара и повлиять на качество нефти.

Ручная очистка резервуаров имеет как преимущества, так и недостатки, как описано ниже:

#### **Преимущества:**

Ручная очистка является наиболее тщательным и эффективным способом удаления отложений и шлама из резервуара.

Она позволяет применять более целенаправленный подход к очистке, при этом работники могут сосредоточиться на конкретных участках резервуара, где скопился осадок.

Она может выполняться на резервуарах самых разных размеров и типов, и может учитывать различные типы отложений и уровни их накопления.

Она не требует использования химикатов или других чистящих средств, что может быть полезно с точки зрения экологии и безопасности.

Рабочие могут осмотреть резервуар на наличие признаков повреждения, коррозии или других проблем, которые могут потребовать внимания.

### **Недостатки:**

Ручная очистка может быть длительным и трудоемким процессом, особенно для больших резервуаров или резервуаров со значительным количеством отложений.

Для этого требуется специальная подготовка и оборудование, что может привести к увеличению затрат.

Это может быть опасный процесс, так как во время очистки рабочие могут подвергаться воздействию вредных паров или газов.

Это может привести к простоя резервуара и производственных процессов, что может дорого обойтись компании.

Существует риск повреждения резервуара или оборудования во время очистки.

В целом, ручная очистка резервуаров может быть эффективным методом удаления отложений из резервуаров, но она требует тщательного рассмотрения сопутствующих затрат и рисков.

## **1.3.2 Механизированный метод очистки**

### **Механический метод очистки резервуаров от донных отложений**

Очистка резервуаров от донных отложений является важной задачей технического обслуживания в различных отраслях промышленности, таких как нефтегазовая, химическая и очистка сточных вод. Со временем в резервуарах накапливается осадок и ил на дне, что может привести к снижению производительности, ухудшению эффективности и потенциальному риску загрязнения. Среди доступных методов очистки резервуаров механические методы доказали свою эффективность и широко используются. В этом очерке

мы рассмотрим механический метод очистки резервуаров от донных отложений, обсудим его принципы, оборудование, процесс, преимущества и ограничения.

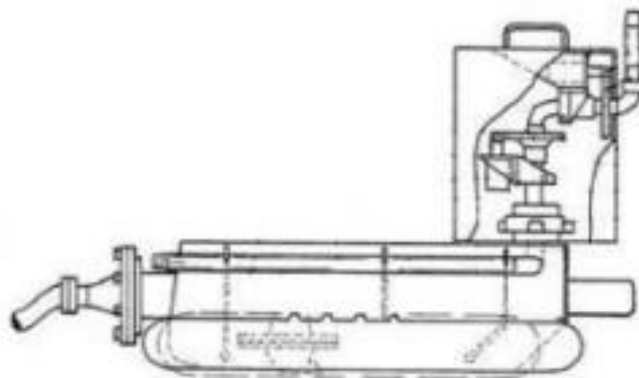


Рисунок 3 – Механический метод очистки резервуаров

Принципы механической очистки резервуаров:

Механическая очистка резервуаров подразумевает физическое удаление отложений и ила со дна резервуара с помощью специализированного оборудования. Этот метод основан на механическом воздействии, таком как соскабливание, всасывание или перемешивание, для смещения и удаления скопившегося материала. Основные принципы механической очистки резервуаров включают использование прочного и надежного оборудования, тщательное и систематическое покрытие дна резервуара, а также эффективную утилизацию или обработку удаленных отложений.

Оборудование, используемое при механической очистке резервуаров:

При механической очистке резервуаров обычно используется несколько типов оборудования:

**Машины для очистки резервуаров:** Машины для очистки резервуаров предназначены для механического удаления отложений со дна резервуара. В этих машинах используются вращающиеся или осциллирующие форсунки, выбрасывающие струи воды под высоким давлением для разрушения и смещения отложений. Затем вытесненный материал уносится потоком воды или всасывающим механизмом.

**Вакуумные грузовики:** для очистки резервуаров используются вакуумные машины, оснащенные мощными насосами и всасывающими шлангами. Они создают вакуум, который втягивает отложения и ил в резервуар грузовика. Вакуумные машины особенно эффективны для удаления больших объемов материала или когда отложения имеют жидкую природу.

**Скребки и лопаты:** для резервуаров с относительно неглубоким залеганием отложений может применяться ручное или механическое скребкование с использованием специализированных инструментов, таких как скребки или лопаты. Этот метод требует физических усилий и часто используется в сочетании с промывкой водой для облегчения удаления отложений.

Процесс механической очистки резервуара:

Процесс механической очистки резервуара обычно включает следующие этапы:

А) Подготовка к очистке: перед началом процесса очистки необходимо опорожнить резервуар и принять соответствующие меры безопасности, такие как газовый контроль и вентиляция. Должны быть созданы точки доступа и отверстия для установки оборудования и удаления отложений.

Б) Установка оборудования: Выбранное механическое оборудование, такое как машины для очистки резервуаров или вакуумные грузовики, размещается и подсоединяется к резервуару. Шланги, форсунки и другие приспособления устанавливаются по мере необходимости.

В) Вытеснение отложений: Оборудование приводится в действие для вытеснения осадка со дна резервуара. В зависимости от используемого оборудования применяются струи воды под высоким давлением, всасывание или механическое скребковое воздействие. Вытесненный материал либо смывается, либо всасывается в очистное оборудование.

Г) Удаление отложений: Удаленные отложения либо вымываются через дренажные клапаны, либо закачиваются в накопители вакуумных тележек. При

необходимости отложения могут быть доставлены на очистные сооружения для дальнейшей переработки.

Д) Послеочистительная инспекция: после удаления основной массы отложений резервуар осматривается, чтобы убедиться в эффективности очистки. Оставшиеся остатки или стойкие отложения могут потребовать дополнительных циклов очистки или применения альтернативных методов.

#### **Преимущества и ограничения:**

##### **Механическая очистка резервуара имеет ряд преимуществ:**

А) Эффективность: Механические методы позволяют относительно быстро удалить большое количество отложений, что повышает общую эффективность процесса очистки.

Б) Тщательность: Механическое воздействие обеспечивает более полное удаление отложений, достигая участков, которые могут быть недоступны для других методов.

В) Универсальность: Механическая очистка резервуаров может быть адаптирована к различным размерам, конфигурациям и типам отложений, что делает ее универсальным методом очистки.

##### **Однако механическая очистка резервуаров также имеет некоторые ограничения:**

А) Стоимость: Оборудование и машины, необходимые для механической очистки резервуаров, могут быть дорогими для приобретения или аренды. Кроме того, для этого процесса могут потребоваться квалифицированные операторы, что увеличивает общую стоимость очистки.

Б) Потенциал повреждения оборудования: Неправильное использование оборудования для механической очистки или недостаточная подготовка операторов могут привести к повреждению конструкции резервуара или внутренних компонентов. Для минимизации риска повреждения необходимо тщательно выбирать соответствующее оборудование и обеспечивать его правильную эксплуатацию.

В) Прерывание работы: Механическая очистка резервуаров часто требует вывода резервуара из эксплуатации во время процесса очистки, что приводит к простоям и потенциальному нарушению текущих операций. Это может иметь экономические последствия для отраслей, которые зависят от непрерывного производства.

Г) Ограниченная доступность: Некоторые конфигурации или конструкции резервуаров могут представлять трудности для механической очистки. Резервуары со сложной внутренней структурой, узкими отверстиями или препятствиями могут ограничивать эффективность механического оборудования, что требует применения альтернативных методов очистки.

Д) Экологические соображения: Правильная утилизация или обработка удаленных отложений имеет решающее значение для предотвращения загрязнения окружающей среды. В зависимости от характера отложений, они могут потребовать специальных процедур обработки или утилизации, что может усложнить и удорожить общий процесс очистки.

Механическая очистка резервуаров – это широко используемый метод удаления донных отложений из резервуаров в различных отраслях промышленности. Он основан на использовании такого оборудования, как машины для очистки резервуаров, вакуумные тележки или ручные инструменты для физического смещения и удаления накопившегося материала. Хотя этот метод имеет преимущества с точки зрения эффективности и тщательности, он также имеет свои недостатки, включая стоимость, возможность повреждения оборудования, перебои в работе, ограниченную доступность при определенных конфигурациях резервуаров, а также необходимость надлежащей обработки и утилизации удаленных отложений. В целом, для определения наиболее подходящего метода очистки, будь то механический или альтернативный подход, необходимо провести тщательную оценку конкретных характеристик резервуара, типа отложений и имеющихся ресурсов.



### 1.3.3 Химический метод очистки резервуаров от донных отложений

Очистка резервуаров от донных отложений является одной из важнейших задач технического обслуживания в различных отраслях промышленности. Хотя обычно используются механические методы, химические методы также играют важную роль в эффективном удалении отложений. Химическая очистка подразумевает применение специально разработанных чистящих средств для растворения или разрушения отложений, что облегчает их удаление. В данном эссе будет подробно описан химический метод очистки резервуаров от донных отложений, включая принципы, процесс, типы чистящих средств, соображения, преимущества и ограничения.



Рисунок 4 – Химический метод очистки резервуаров

Принципы химической очистки резервуаров:

Химический метод очистки резервуаров основан на применении чистящих средств, которые вступают в реакцию с отложениями, способствуя их удалению. Чистящие средства действуют по различным механизмам, например, растворяя отложения, расщепляя органические вещества или разрыхляя и

рассеивая твердые частицы. Выбор чистящих средств зависит от типа отложений, материала резервуара и желаемого результата очистки.

### **Процесс химической очистки резервуаров:**

**Процесс химической очистки резервуаров обычно включает следующие этапы:**

**Подготовка к очистке:** перед началом процесса очистки необходимо опорожнить резервуар и принять соответствующие меры безопасности, такие как газовый контроль и вентиляция. Должны быть созданы точки доступа и отверстия для введения и удаления чистящих средств.

**Выбор чистящих средств:** Исходя из характеристик отложений и резервуара, выбираются подходящие чистящие средства. Эти средства могут включать кислотные, щелочные, ферментативные растворы или специальные растворители, соответствующие характеру отложений.

**Нанесение агента:** Выбранные чистящие средства вводятся в резервуар через соответствующие отверстия или распылительные системы. Средства равномерно распределяются по дну резервуара, чтобы обеспечить тщательное покрытие отложений. Количество и концентрация чистящих средств тщательно контролируются для оптимизации процесса очистки.

**Время контакта:** Чистящим средствам дают возможность оставаться в контакте с отложениями в течение определенного периода времени. Это время контакта позволяет средствам вступить в реакцию с отложениями, разрушая или растворяя их. Продолжительность времени контакта зависит от типа и толщины отложений и эффективности чистящих средств.

**Перемешивание или циркуляция:** В зависимости от используемых чистящих средств и характера отложений для улучшения процесса очистки может применяться перемешивание или циркуляция. Механическое перемешивание, рециркуляционные насосы или подача сжатого воздуха могут способствовать смещению отложений и активизации действия чистящих средств.

Удаление отложений: после окончания времени контакта и перемешивания чистящие средства сливаются из резервуара, унося с собой растворенные или диспергированные отложения. Затем отложения откачиваются насосом, промываются через дренажные клапаны или удаляются с помощью вакуумных тележек или другими соответствующими методами.

Промывка и нейтрализация: после удаления отложений обычно проводится тщательная промывка резервуара водой для удаления остатков чистящего средства и остатков. В некоторых случаях может использоваться нейтрализующее средство для нейтрализации остаточной кислотности или щелочности в резервуаре, что обеспечивает его безопасность для дальнейшего использования.

#### **Типы чистящих средств:**

При химической очистке резервуаров могут использоваться различные типы чистящих средств в зависимости от конкретных требований и характеристик отложений и резервуара:

**Кислотные агенты:** Кислотные чистящие средства, такие как соляная или серная кислота, эффективно растворяют минеральные отложения и накипь. Они особенно полезны для удаления ржавчины, карбоната кальция и других неорганических отложений.

**Щелочные агенты:** Щелочные чистящие средства, такие как каустическая сода или гидроксид натрия, эффективны для расщепления органических веществ, жиров, масел и смазок. Они также могут помочь эмульгировать и диспергировать твердые частицы.

### **1.3.4 Химико-механизированный метод очистки**

Химико-механизированный метод очистки резервуаров

Очистка резервуаров является одним из важнейших видов технического обслуживания в различных отраслях промышленности, и сочетание химических

и механических методов может обеспечить эффективное и комплексное решение по очистке. Химико-механизированный метод очистки резервуаров предполагает использование специализированных чистящих средств в сочетании с механическим оборудованием для удаления отложений и загрязнений из резервуара. Этот комплексный подход сочетает в себе преимущества химического воздействия и механической силы для достижения тщательной и эффективной очистки. В этом очерке мы рассмотрим принципы, процесс, преимущества и ограничения химико-механизированного метода очистки резервуаров.

**Принципы химико-механизированной очистки резервуаров:**

Химико-механизированный метод очистки резервуаров сочетает в себе принципы химического воздействия и механической силы для удаления отложений и загрязнений. Чистящие средства выбираются в зависимости от характера отложений и материала резервуара, а механическое оборудование используется для усиления процесса очистки путем перемешивания, скребка или всасывания. Химические средства способствуют расщеплению, растворению или диспергированию отложений, а механическое оборудование обеспечивает их удаление из резервуара.

**Процесс химико-механизированной очистки резервуара:**

**Процесс химико-механизированной очистки резервуаров обычно включает следующие этапы:**

А) Подготовка к очистке: перед началом процесса очистки необходимо опорожнить резервуар и сделать его безопасным для очистки. Применяются меры безопасности, такие как газовый контроль и вентиляция. Устанавливаются точки доступа и отверстия для ввода чистящих средств и механического оборудования.

Б) Применение химических агентов: Подходящие чистящие средства выбираются с учетом типа отложений и материала резервуара. Средства вводятся в резервуар через отверстия или распылительные системы. Они

равномерно распределяются по дну резервуара, обеспечивая тщательное покрытие отложений. Концентрация и количество чистящих средств тщательно контролируются.

В) Время контакта с химическими агентами: Чистящие агенты остаются в контакте с отложениями в течение определенного периода времени. Это время контакта позволяет реагентам вступить в реакцию с отложениями, способствуя их разрушению, растворению или диспергированию. Продолжительность времени контакта варьируется в зависимости от характера отложений и эффективности чистящих средств.

Г) Агитация или механическое воздействие: Механическое оборудование, такое как машины для очистки резервуаров, роторные струйные головки или системы очистки, используется для улучшения процесса очистки. Эти механизмы перемешивают, скребут или прикладывают механическую силу для смещения отложений и стимулирования действия чистящих средств. Оборудование может использовать струи воды под высоким давлением, вращающиеся форсунки или щетки для эффективного удаления отложений.

Д) Удаление отложений: Вытесненные отложения либо вымываются через дренажные клапаны, либо отсасываются с помощью вакуумных тележек или аналогичного оборудования. Сочетание химического воздействия и механической силы способствует легкому удалению отложений из резервуара.

Е) Промывка и окончательная очистка: после удаления отложений проводится тщательная промывка резервуара водой для удаления остатков чистящего средства и остатков воды. Этот этап гарантирует, что резервуар чист и готов к дальнейшему использованию. Для нейтрализации остаточной кислотности или щелочности, образовавшейся в результате применения чистящих средств, может потребоваться соответствующая нейтрализация.

#### **Преимущества химико-механизированной очистки резервуаров:**

Повышенная эффективность очистки: Объединение химического воздействия и механической силы повышает общую эффективность очистки.

Химические средства способствуют разрушению отложений, облегчая механическому оборудованию эффективное удаление отложений.

Тщательное удаление отложений: Сочетание химических и механических методов обеспечивает тщательное удаление отложений из резервуара, включая труднодоступные участки или сложные внутренние структуры.

Универсальность: Химико-механизированный метод может быть адаптирован к различным размерам, конфигурациям резервуаров и типам отложений. Он применим для удаления различных типов отложений, таких как минеральные отложения, накипь, органические вещества, масла.

#### **1.4 УРДО «Диоген»**

Устройство для эрозии донных отложений Диоген 700 – это специализированное оборудование, используемое для механической очистки и удаления отложений со дна резервуаров, водохранилищ и других систем хранения жидкостей.

Устройства для размыва донных отложений предназначены для перемешивания и удаления накопившихся отложений со дна резервуаров или водохранилищ. Эти устройства используют механическую силу для смещения и взвешивания отложений, что позволяет промывать или отсасывать их. Они обычно используются в промышленности, где накопление отложений может негативно повлиять на емкость хранилища, эффективность оборудования и качество продукции.

Механизм перемешивания: «Диоген 700» или аналогичные устройства оснащены механизмом перемешивания, таким как вращающиеся щетки, лопасти или струи, для нарушения и разрыхления отложений. Механическая сила, создаваемая устройством, помогает разрушить уплотненные отложения и способствует их взвешиванию в жидкости.



Рисунок 5 – Диоген 700

Переменная скорость и контроль давления: Устройства для размыва донных отложений часто оснащаются опциями регулирования скорости и давления. Это позволяет операторам регулировать интенсивность перемешивания в зависимости от характеристик отложений, размера резервуара и требований к очистке.

Мобильность и маневренность: Устройство, как правило, спроектировано таким образом, чтобы быть мобильным и маневренным для легкого доступа к различным участкам дна резервуара. Оно может быть оснащено колесами, гусеницами или другими средствами передвижения для эффективного перемещения по резервуару.

Характеристики безопасности: Соображения безопасности являются важным аспектом устройств для размыва донных отложений. Они могут включать такие элементы, как защитные кожухи, кнопки аварийной остановки и отказоустойчивые механизмы для обеспечения безопасной работы и минимизации потенциальных рисков для операторов.

Совместимость с чистящими средствами: в некоторых случаях устройства для размыва донных отложений можно использовать вместе с

химическими чистящими средствами. Устройство может быть оснащено функциями для впрыска или распыления чистящих средств на отложения для их более эффективного удаления.

Преимущества устройств для удаления донных отложений:

Эффективное удаление отложений: Механическое воздействие устройств для эрозии донных отложений позволяет эффективно удалять отложения, в том числе уплотненные или неподатливые. Это помогает восстановить первоначальную вместимость резервуара и поддерживать оптимальный режим работы.

Эффективность затрат времени и средств: Автоматизируя процесс удаления отложений, эти устройства позволяют значительно сократить время и трудозатраты, необходимые для очистки резервуара. Это приводит к экономии средств и повышению производительности.

Сохранение оборудования: Регулярное использование устройств для удаления донных отложений помогает предотвратить накопление отложений и связанное с этим негативное воздействие на оборудование, такое как насосы, смесители или датчики. Это продлевает срок службы оборудования и снижает затраты на техническое обслуживание.

Повышенная безопасность: Сводя к минимуму необходимость ручного проникновения в резервуары для удаления отложений, эти устройства способствуют повышению безопасности операторов. Они снижают риск потенциальных несчастных случаев или воздействия опасных веществ.

Важно отметить, что конкретные характеристики, возможности и подробности эксплуатации Диоген 700 или любого другого подобного устройства могут отличаться. Изучив документацию производителя или обратившись непосредственно к поставщику, вы получите более точную информацию о технических характеристиках и применении устройства.



Таблица 1 – Технические характеристики устройств «Диоген»

Наименование параметра устройств Диоген	Диоген-500	Диоген-700М	Диоген-700
Максимальный диаметр гребного винта, мм	500	590	700
Скорость вращения винта, об/мин.	550	390	390
Максимальная длина затопленной струи нефти, м	45	45	45
Максимальный угол поворота вала винта в горизонтальной плоскости не менее, угл. град	60	60	60
Время поворота вала винта в пределах 60°, час	7÷10	7÷10	7÷10
Питающее напряжение, В	~380	~380	~380
Электродвигатель ЭД	АИМР-160		АИМР-160
<ul style="list-style-type: none"> <li>• потребляемая мощность, кВт</li> </ul>	18,5	18,5	18,5
<ul style="list-style-type: none"> <li>• степень защиты оболочки ЭД</li> </ul>	IP54	IP54	IP54
Габариты, L×B×H, мм	1855×500×1190	1855×700×1190	1855×700×1190
Срок службы, лет	15	15	15
Климатическое исполнение	УХЛ1	УХЛ1	УХЛ1
Масса изделия без СКС, кг	360	400	400
Упаковка L×B×H, мм: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ящик-1,</li> <li>• ящик-2;</li> </ul>	1900×700×735; 840×480×740		

## 1.5 Подбор винта

### 4-х лопастной винт

Четырехлопастной винт относится к типу вращающихся устройств с четырьмя лопастями, которые используются для создания тяги или движущей силы в различных областях применения. Некоторые ключевые аспекты и преимущества 4-лопастного винта:

Увеличенная тяга и эффективность: по сравнению с традиционным двухлопастным гребным винтом, четырехлопастная конструкция может обеспечить повышенную тягу и эффективность проталкивания. Дополнительные лопасти позволяют увеличить площадь поверхности, что приводит к улучшению характеристик, особенно в ситуациях, требующих высокой мощности или маневренности.

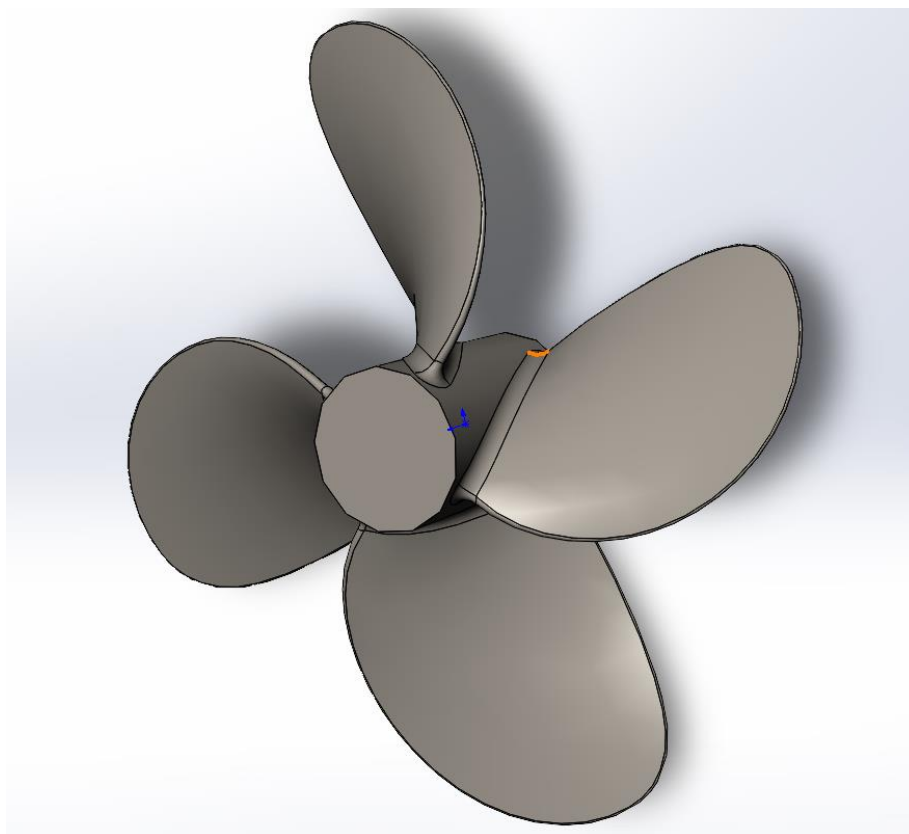


Рисунок 6 – 4-х лопастной винт

Снижение вибрации и шума: Увеличение количества лопастей в 4-лопастном гребном винте часто приводит к снижению уровня вибрации во время

работы. Кроме того, 4-лопастной гребной винт может способствовать снижению уровня шума, что приводит к более тихой работе по сравнению с гребными винтами с меньшим количеством лопастей.

**Улучшенное ускорение и характеристики на низких скоростях:** Четырехлопастной гребной винт может обеспечить улучшенные характеристики ускорения и низкой скорости, что делает его подходящим для применения в тех случаях, когда требуется быстрая реакция и маневренность.

**Управляемость и контроль:** Увеличенное количество лопастей может способствовать улучшению управляемости и контроля, особенно в сложных условиях. Дополнительные лопасти обеспечивают лучшее сцепление с рабочей средой, улучшая устойчивость и возможности маневрирования.

**Универсальность:** Четырехлопастной гребной винт универсален, он может быть разработан с учетом конкретных требований, таких как высокоскоростные характеристики, топливная эффективность или особые условия эксплуатации.

Хотя 4-лопастной винт обладает рядом преимуществ, необходимо учитывать и некоторые потенциальные недостатки:

**Повышенная стоимость:** четырехлопастный винт может быть более дорогим в производстве и приобретении, чем 3-лопастной винт. Дополнительные лопасти и сложная конструкция способствуют повышению стоимости производства, что может повлиять на общий бюджет проекта или доступность для отдельных пользователей.

**Вес и сопротивление:** дополнительные лопасти четырехлопастного винта увеличивают вес системы, что может привести к увеличению сопротивления. Этот дополнительный вес и сопротивление могут привести к снижению общей эффективности, особенно на высоких скоростях. Для компенсации дополнительного веса и сопротивления могут потребоваться более мощные двигатели.

Снижение максимальной скорости: в некоторых случаях 4-лопастной гребной винт может привести к небольшому снижению максимальной скорости. Дополнительные лопасти могут создавать большее сопротивление в воде или воздухе, ограничивая потенциал максимальной скорости. Это может быть важным фактором в тех случаях, когда необходимо достичь максимальной скорости.

Потенциал кавитации: Увеличение количества лопастей в 4-лопастном гребном винте может привести к повышению вероятности возникновения кавитации. Кавитация возникает, когда давление рабочей среды падает слишком низко, что приводит к образованию и схлопыванию пузырьков вблизи лопастей гребного винта. Это может привести к снижению эффективности, повышенному шуму, вибрации и потенциальному повреждению гребного винта или двигательной установки.

Техническое обслуживание и ремонт: Четырехлопастной гребной винт может потребовать более частого технического обслуживания и ремонта по сравнению с двухлопастным. Повышенная сложность и количество лопастей могут сделать осмотр, очистку и ремонт более трудоемкими и сложными. Кроме того, если одна из лопастей повреждается или требует замены, стоимость и доступность запасных лопастей может быть выше.

Ограниченная производительность при низких оборотах: В зависимости от конкретной конструкции и применения, 4-лопастной гребной винт может работать не так эффективно на низких оборотах (оборотах в минуту) по сравнению с 3-лопастным.

Важно учитывать эти потенциальные недостатки в связи с конкретными требованиями и приоритетами предполагаемого применения.

## **6 – лопастной винт**

6 – лопастной винт – это тип вращающегося устройства, используемого для создания тяги или движущей силы в различных областях применения. Винт

состоит из шести лопастей, расположенных вокруг центральной втулки. Вот некоторые ключевые аспекты и характеристики 6-лопастного винта:

– Повышенная тяга и эффективность: Основным преимуществом 6-лопастного винта является увеличение тяги по сравнению с винтами с меньшим количеством лопастей. Дополнительные лопасти создают большую площадь поверхности, что приводит к повышению эффективности пропульсии и улучшению характеристик, особенно в тех случаях, когда требуется высокая мощность или маневренность.

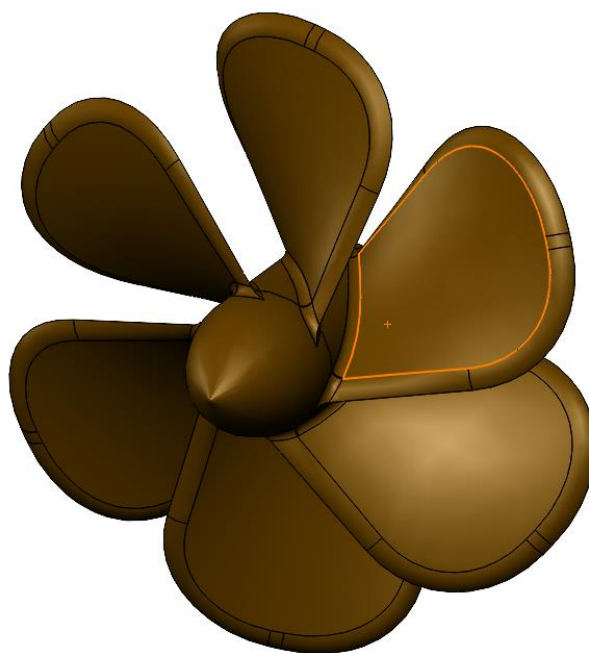


Рисунок 7 – 6 лопастной винт

– Снижение вибрации и шума: Дополнительные лопасти 6-лопастного гребного винта способствуют снижению уровня вибрации во время работы. Увеличенное количество лопастей также помогает снизить уровень шума, что приводит к более тихой работе по сравнению с винтами с меньшим количеством лопастей.

– Улучшенное ускорение и характеристики на низких скоростях: 6-лопастной гребной винт хорошо подходит для приложений, требующих улучшенных характеристик ускорения и низкой скорости. Увеличенное количество лопастей позволяет улучшить реакцию в условиях низкой скорости, которые работают в ограниченном пространстве.

Конкретные применения: 6-лопастные гребные винты обычно используются в специфических областях применения, где их преимущества особенно выгодны.

Конструктивные соображения: при проектировании 6-лопастного гребного винта учитываются различные факторы, включая форму лопастей, шаг, материал и угол наклона лопастей. Эти элементы конструкции оптимизируются для достижения желаемых характеристик, таких как эффективность, тяга и снижение шума.

Важно отметить, что 6-лопастной гребной винт дает преимущества в определенных сценариях, он может не подходить или не быть необходимым для всех применений.

Есть и у такого винта потенциальные недостатки, которые необходимо учитывать:

– Повышенная стоимость: Стоимость изготовления и приобретения 6-лопастного винта обычно выше по сравнению с винтами с меньшим количеством лопастей. Дополнительные лопасти и сложность конструкции способствуют увеличению производственных затрат, что может повлиять на общий бюджет проекта.

– Вес и сопротивление: дополнительные лопасти 6-лопастного винта увеличивают вес системы, что может привести к увеличению сопротивления. Этот дополнительный вес и сопротивление могут привести к снижению общей эффективности, особенно на высоких скоростях. Для компенсации дополнительного веса и сопротивления могут потребоваться более мощные двигатели.

– Снижение максимальной скорости: в некоторых случаях 6-лопастной гребной винт может привести к незначительному снижению максимальной скорости по сравнению с винтами с меньшим количеством лопастей. Увеличенное количество лопастей может создавать большее сопротивление в рабочей среде, ограничивая потенциал максимальной скорости. Такое снижение максимальной скорости может стать причиной для применения в тех случаях, когда достижение максимальной скорости имеет решающее значение.

– Увеличение объема технического обслуживания и ремонта: 6-лопастной гребной винт может потребовать более частого технического обслуживания и ремонта по сравнению с гребными винтами с меньшим количеством лопастей. Повышенная сложность и количество лопастей могут сделать осмотр, очистку и ремонт более трудоемкими и сложными. Кроме того, если одна из лопастей повреждается или требует замены, стоимость и доступность запасных лопастей может быть выше.

– Ограниченная маневренность на низких скоростях: из-за увеличенного количества лопастей 6-лопастной гребной винт может демонстрировать ограниченную маневренность и отзывчивость на низких скоростях. Это может повлиять на управляемость и контроль во время операций на низких скоростях.

### **3-х – лопастной винт**

Трехлопастной винт – это широко используемый тип винта в различных областях применения.

Плюсы:

Эффективность: Трехлопастные винты известны своей эффективностью в преобразовании мощности двигателя в тягу. Они могут генерировать большое количество тяги на единицу потребляемой мощности, что приводит к улучшению производительности.

Плавность работы: Конструкция трехлопастного винта обычно обеспечивает более плавную работу по сравнению с винтами с меньшим

количеством лопастей. Это может привести к снижению уровня вибрации и шума.

**Сбалансированные нагрузки:** Распределение нагрузок на трехлопастном гребном винте, как правило, более сбалансировано по сравнению с гребными винтами с меньшим количеством лопастей. Такая сбалансированная нагрузка может способствовать улучшению устойчивости и снижению нагрузки на силовую установку.

**Минусы:**

**Более высокая стоимость:** по сравнению с винтами с меньшим количеством лопастей, трехлопастные винты, как правило, дороже из-за более сложной конструкции и процесса производства.

**Ограниченная маневренность:** Трехлопастные гребные винты могут иметь несколько меньшую маневренность по сравнению с винтами с большим количеством лопастей.

**Увеличение сопротивления:** дополнительная лопасть трехлопастного винта может способствовать увеличению сопротивления, что может незначительно повлиять на общую производительность и расход топлива.

## **5 – лопастной винт**

Пятилопастной винт является одним из типов приводных устройств, используемых в нефтегазовой промышленности для размыва донных отложений в резервуарах. Он приводит в действие систему циркуляции жидкости, что обеспечивает удаление отложений и солей.

**Плюсы пятилопастного винта:**

1. **Эффективность:** пятилопастные винты создают сильные турбулентные потоки, которые могут быть очень эффективными для размыва и перемешивания донных отложений.

2. **Прочность и долговечность:** Винты с большим количеством лопастей обычно более прочные и могут выдерживать более тяжелые условия эксплуатации.



3. Повышенная надежность: благодаря более равномерному распределению нагрузки по лопастям, пятилопастной винт имеет большую надежность.

Минусы пятилопастного винта:

1. Цена: Большее количество лопастей обычно влечет за собой более высокую стоимость изготовления и обслуживания.

2. Потребление энергии: пятилопастные винты могут потреблять больше энергии по сравнению с винтами с меньшим количеством лопастей, поскольку для создания одинакового потока им требуется больше силы.

3. Условия эксплуатации: В сложных условиях, например, при высоком содержании твердых частиц, винты с большим количеством лопастей могут страдать от увеличенного износа и засорения.

Важно учитывать эти преимущества и недостатки при выборе оборудования для конкретной задачи. И, конечно, важно регулярно проводить обслуживание и проверку оборудования, чтобы обеспечивать его максимальную производительность и долговечность.

## **1.6 Неньютоновские свойства нефти**

Нефть – это универсальное вещество, обладающее неньютоновскими свойствами, то есть ее вязкость и поведение потока не строго соответствуют законам вязкости Ньютона. В то время как ньютоновские жидкости, такие как вода, демонстрируют постоянную вязкость независимо от приложенной силы, неньютоновские жидкости, такие как нефть, могут демонстрировать изменения вязкости в ответ на внешние силы или скорость сдвига.

Существует несколько типов неньютоновского поведения, наблюдаемых в маслах, включая сдвиговое утончение, сдвиговое утолщение и вязкоупругость. Эти свойства играют решающую роль в различных промышленных приложениях и научных областях.

Сдвиговое утончение: Многие масла обладают свойством сдвигового утончения, также известным как псевдопластичность. Это означает, что их вязкость уменьшается при увеличении скорости сдвига или напряжения. Когда к маслу прикладывается усилие сдвига, молекулы выравниваются и легче текут, что приводит к уменьшению сопротивления и снижению вязкости. Это свойство полезно в тех случаях, когда требуется легкость течения, например, при смазывании или в красках на масляной основе. Масла, разжижающие сдвиг, также могут предотвратить чрезмерное сопротивление и турбулентность в гидравлических системах.

Уплотнение при сдвиге: В противоположность сдвигово-уплотняющему поведению, масла, уплотняющиеся при сдвиге, также называемые дилатантными жидкостями, демонстрируют увеличение вязкости при увеличении скорости сдвига или напряжения. В условиях низкого сдвига масло течет относительно легко. Однако при воздействии высоких скоростей сдвига или сил вязкость резко возрастает, в результате чего жидкость сопротивляется течению. Масла, загущающие сдвиг, находят применение в таких областях, как демпфирование и защита от ударов, поскольку их повышенная вязкость в условиях высокого напряжения может обеспечить повышенную стойкость.

Вязкоупругость: Некоторые масла обладают вязкоупругими свойствами, сочетая в себе характеристики как жидкостей, так и твердых тел. Вязкоупругие масла могут деформироваться и течь как жидкости при определенных условиях, но они также обладают упругими свойствами и могут накапливать и высвобождать энергию. Такое поведение объясняется наличием в масле длинноцепочечных полимерных молекул, которые могут спутываться и образовывать временные сети. Вязкоупругие масла широко применяются в таких областях, как буровые растворы, гидроразрыв пласта и повышение нефтеотдачи пластов.

Неньютоновские свойства нефти обусловлены различными факторами, включая молекулярную структуру, температуру, давление, наличие присадок

или загрязняющих веществ. Понимая эти свойства и манипулируя ими, ученые и инженеры могут оптимизировать составы нефти для конкретных применений, повышая производительность и эффективность в широком спектре отраслей.

Реальные нефти часто имеют более сложные свойства, чем те, которые выражаются законом вязкого трения Ньютона. Зависимость скорости сдвига от касательного напряжения трения между движущимися слоями нефти выражается более общим уравнением по сравнению с линейным уравнением:

$$\tau = k|\gamma|^{n-1}\gamma, \quad (3)$$

В этом случае, если  $f(\gamma = 0) = 0$  (т.е. поток инициируется очень малой сдвиговой силой), то говорят, что нефть является неньютоновской жидкостью; если  $f(\gamma) = \tau_0 \neq 0$  (т.е. для возникновения сдвига в нефтяном пласте необходимо преодолеть конечное напряжение, называемое напряжением сдвигового разрушения), то можно сказать, что жидкость является вязкопластичной.

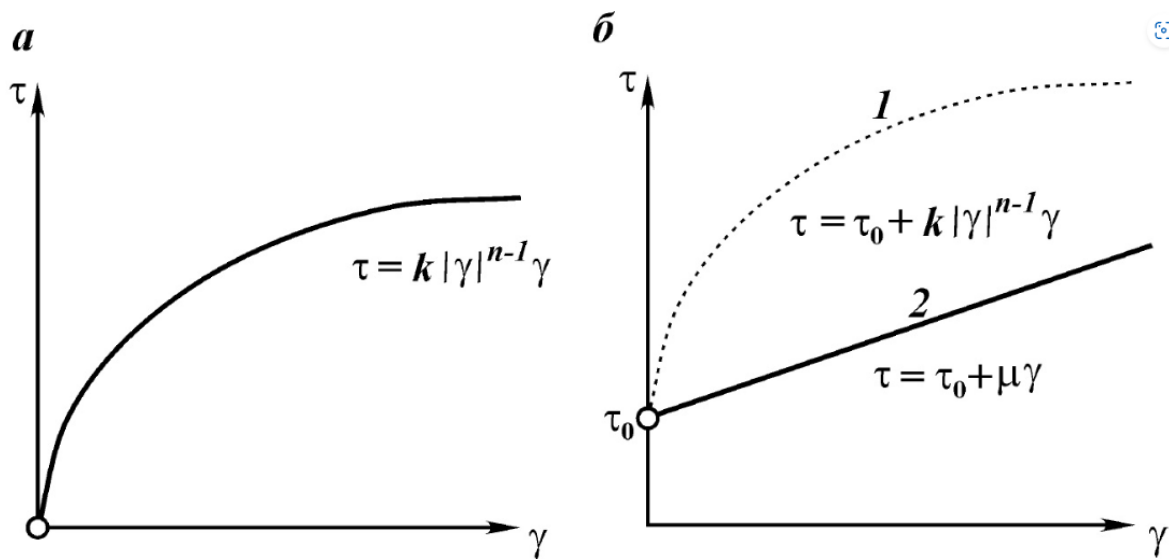


Рисунок 8 – Кривые течения неньютоновских сред:  
а – неньютоновские жидкости; б – вязкопластичные среды

## 1.7 Кинематическая и динамическая вязкость

Кинематическая и динамическая вязкость – два важных параметра, используемых для характеристики поведения потока и сопротивления течению жидкостей, включая масла. Хотя они оба предоставляют информацию о вязкости жидкости, они отличаются способом измерения и используемыми единицами измерения.

Динамическая вязкость ( $\eta$ ):

Динамическая вязкость, обозначаемая символом  $\eta$ , является мерой внутреннего сопротивления жидкости потоку или напряжения сдвига. Она определяет силу, необходимую для перемещения соседних слоев жидкости друг относительно друга. Проще говоря, она показывает, насколько "густой" или "липкой" является жидкость.

Единицей динамической вязкости является паскаль-секунда (Па-с) в Международной системе единиц (СИ). Однако на практике чаще всего используется сантипуаз (сП) или миллипаскаль-секунда (мПа-с). Один паскаль-секунда (Па-с) эквивалентен 1000 миллипаскаль-секундам (мПа-с) или 1000 сантипуазам (сП).

Динамическая вязкость может быть измерена с помощью различных приборов, таких как вискозиметр, который прикладывает к жидкости известное напряжение сдвига и измеряет результирующую деформацию или скорость потока. Обычно она определяется путем деления напряжения сдвига ( $\tau$ ), приложенного к жидкости, на скорость деформации сдвига ( $du / dy$ ), которую она производит, в соответствии с уравнением:

$$\eta = \frac{\tau}{(du / dy)}, \quad (4)$$

Кинематическая вязкость ( $\nu$ ):

Кинематическая вязкость, обозначаемая символом  $\nu$ , является производным параметром, получаемым путем деления динамической вязкости жидкости на ее плотность ( $\rho$ ). Он представляет собой отношение сопротивления течению жидкости под действием силы тяжести к ее инерционным эффектам.

Единица кинематической вязкости обычно выражается в квадратных метрах в секунду ( $\text{м}^2/\text{с}$ ) в системе СИ. Однако на практике чаще используется стокс (Ст) или сантистокс (сСт), где 1 стокс равен  $1 \text{ см}^2/\text{с}$ .

Кинематическая вязкость – это мера скорости течения жидкости под действием силы тяжести, не зависящая от ее плотности. Она особенно полезна при сравнении характеристик течения жидкостей с различной плотностью.

Связь между динамической вязкостью ( $\eta$ ), кинематической вязкостью ( $\nu$ ) и плотностью ( $\rho$ ) определяется уравнением:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}, \quad (5)$$

На практике кинематическая вязкость может быть определена путем деления динамической вязкости жидкости на ее плотность, которая обычно измеряется отдельно.

Как динамическая, так и кинематическая вязкость играют важную роль в различных промышленных процессах и приложениях. Они являются важнейшими параметрами в таких областях, как механика жидкости, смазка, гидравлические системы, нефтяная промышленность и многие другие области, где понимание поведения потока жидкостей, включая масла, необходимо для проектирования, анализа и оптимизации.

Для дальнейших расчетов была взята нефть с Ашальчинского месторождения (Рисунок 9).



Рисунок 9 – Ашалчинское месторождение

Необходимо найти динамическую вязкость нефти при 10 градусах. Плотность нефти при 10 градусах Ашалчинского месторождения  $850 \text{ м}^3/\text{кг}$ . Кинематическая вязкость нефти при 10 градусах равна примерно 0.04 сСт. Далее находим динамическую вязкость нефти при 10 градусах:

$$850 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}} \cdot 0.04 \text{ сСт} = 0.034 \text{ мПа} \cdot \text{с}, \quad (6)$$

## ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ16	Иптышев Аймир Евгеньевич

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	21.04.01 Нефтегазовое дело Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оценка стоимости материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих ресурсов на проведение исследования и подбора оборудования для размыва донных отложений.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Отраслевые регламентирующие документы
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Налоговый кодекс Российской Федерации (1 часть) ФЗ №146 от 31.07.1998 в ред. от 28.03.2023 Налоговый кодекс Российской Федерации (2 часть) ФЗ №117 от 05.08.2000 в ред от 28.04.2023

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Обоснование перспективности мероприятий по модернизации и внедрению оборудования для размыва донных отложений.
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Расчет доходов и затрат на проведение мероприятий по модернизации и внедрению оборудования для размыва донных отложений
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка экономической эффективности по модернизации и внедрению оборудования для размыва донных отложений

### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Таблицы:
1. Расчет капиталовложений
2. Расчет эксплуатационных затрат
3. Показатели экономической эффективности

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОНД	Шарф Ирина Валерьевна	д.э.н., доцент		

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ16	Иптышев Аймир Евгеньевич		

### **3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Размыв донных отложений является одной из наиболее распространенных проблем, связанных с эксплуатацией резервуаров. Данный процесс может привести к значительному уменьшению объема хранящихся веществ и повышению затрат на техническое обслуживание. Кроме того, размыв донных отложений может стать причиной серьезных аварий и загрязнения окружающей среды. В связи с этим разработка методов предотвращения и ликвидации размыва донных отложений является актуальной задачей для многих компаний, занимающихся производством и хранением нефтепродуктов.

В данной главе проведена оценка перспективности и успешности научно-исследовательской работы по расчёту и подбору необходимого технологического оборудования. Для достижения цели необходимо решить задачи такие как:

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

#### **3.1 Капитальные вложения**

В состав капитальных вложений входит стоимость необходимого для внедрения оборудования, затраты на доставку и установку. Затраты на доставку возьмем как 10 % от стоимости оборудования. Для расчета затрат на установку оборудования воспользуемся государственными элементными сметными нормами на ремонтно-строительные работы и федеральными единичными расценками.



Таблица 4 – Расчет капитальных вложений

Показатели	Электродвигатель	винт	Компьютер	Датчик скорости вращения	Датчик температуры
Стоимость оборудования, руб.	46254	120000	60000	35000	6000
Доставка, руб.	15000	5000	10000	4000	3000
Монтаж, руб.	12000	4000	2000	2000	2000
Сумма, руб.	73254	129000	72000	41000	11000
Итого, руб.	326 254				

### 3.2 Расчет эксплуатационных затрат

В данную статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется на основе трудоемкости выполняемых работ и действующей системы тарифных ставок и окладов.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{пол}} = Z_{\text{осн}} \cdot Z_{\text{доп}}, \quad (7)$$

Где  $Z_{\text{осн}}$ ,  $Z_{\text{доп}}$  – основная и дополнительная заработная плата; Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей форм:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (8)$$

Где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (9)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5 – дневная неделя;

– при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6 – дневная неделя.

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб.дн. (таблица 5).

Таблица 5 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней – выходные дни – праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени – отпуск – невыходы по болезни	62	62
Действительный годовой фонд рабочего времени	185	185

Месячный должностной оклад работника:

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{д}) \cdot k_{р} = 43852,64 \text{ руб.}, \quad (10)$$

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{д}) \cdot k_{р} = 27490,84 \text{ руб.}, \quad (11)$$

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,25 (т.е. 25% от  $Z_{тс}$ );

$k_{д}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от  $Z_{тс}$ );

$k_{р}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Гомска).

Тарифная заработная плата  $Z_{тс}$  находится из произведения тарифной ставки работника на тарифный коэффициент  $k_t$  и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии.

За основу оклада берется ставка работника ТПУ, согласно занимаемой должности. Из таблицы окладов для доцента (степень – кандидат наук) – 23264 руб., для ассистента (степень отсутствует) – 14584 руб.

Таблица 6– Расчет основной заработной платы для всех исполнений

Исполнители	Зтс, руб.	кпр	кд	кр	Зм, руб.	Здн, руб.	Тр, раб. дн.	Зосн, руб.
Руководитель	23264	0,25	0,2	1,3	43852,64	2465,23	44	108470
Исполнитель	14584	0,25	0,2	1,3	27490,84	1545,43	95	146816
<b>Итого</b>								<b>255286</b>

### 3.2.1 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,13 \cdot 108470 = 14101, \quad (12)$$

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,13 \cdot 146816 = 19086, \quad (13)$$

где  $З_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

$З_{осн}$  – основная заработная плата, руб.

Итоговая сумма заработной платы составила 288473руб.

### 3.2.2 Затраты на отчисления во внебюджетные страховые фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$\begin{aligned} Z_{\text{внеб}} &= k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,374 \cdot (108470 + 14101) \\ &= 45841,6, \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{внеб}} &= k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,374 \cdot (146816 + 19086) \\ &= 62047,3, \end{aligned} \quad (15)$$

где  $k_{\text{внеб}} = 30\%$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд – 22%, фонд обязательного медицинского – 5,1% и социального – 2,9% страхования), в соответствии со статьей 425 НК РФ. А также отчисления в фонд страхования от несчастных случаев – 7,4% по 30 классу профессионального риска.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (таблица 7)

Таблица 7 – Отчисления во внебюджетные фонды

	<b>Руководитель</b>	<b>Исполнитель проекта</b>
Основная ЗП, тыс. руб.	108470	146816
Дополнительная ЗП, тыс. руб.	14101	19086
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды	0,374	
<b>Итого</b>	<b>45841,6</b>	<b>62047,3</b>

### 3.3 Затраты на материалы

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:

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:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (16)$$

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.

$$Z_M = (1+0,2) \cdot ((12 \cdot 51) + (22 \cdot 4) + (270 \cdot 3)) = 1812 \text{ руб.}, \quad (17)$$

Итоговая сумма эксплуатационных затрат составила 964595 руб. (таблица 11). Амортизационных отчисления и налог на имущество рассчитывается, если стоимость единицы оборудования составляет  $> 100$  тыс. руб.

Таблица 8 – Эксплуатационные затраты, тыс. руб.

п. 2.1	Материальные затраты	619,26
	в том числе:	
п. 2.1.1	электроэнергия	617,45
п. 2.1.2	топливо	0,00
п. 2.1.3	прочие материальные затраты	1,81
	в том числе:	
п. 2.1.3.1	затраты на пуско-наладочные работы	
п. 2.1.3.2	материалы на ремонтно-эксплуатационные нужды	
п. 2.1.3.3	другие прочие материальные	1,81
	в том числе:	
	материалы	1,81
п. 2.2	Фонд оплаты труда	255,29
п. 2.3	Отчисления от фонда оплаты труда (30,2 %)	77,10
п. 2.4	Амортизационные отчисления	8,00
п. 2.5	Прочие работы и затраты	4,95
	из них:	
п. 2.5.1	налог на имущество организации	2,552
п. 2.5.2	затраты ТО и ремонт (2% от стоимости оборудования)	2,40
п. 2.6	Итого Эксплуатационные (текущие) затраты	964,595

### 3.4 Расчет экономического эффекта от сокращения потребления электроэнергии

Для уменьшения потребления электроэнергии используется трехлопастной винт, который размывает немного дальше донные отложения, при этом потребляет мощности меньше, чем трехлопастной винт от «диоген».

Ежегодный экономический эффект от сокращения потребления электроэнергии определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{эк.эл.}} = C_{\text{эл.}} \cdot M \cdot 24 \cdot 365 / 1000, \quad (18)$$

Где  $C_{\text{эл.}}$  – стоимость киловатт часа руб;

$M$  – мощность электродвигателя.

Таким образом:

$$\mathcal{E}_{\text{эк.эл.}} = 3,81 \cdot 9 \cdot 24 \cdot \frac{365}{1000} = 300,38 \text{ тыс. руб./год}, \quad (19)$$

Таблица 9 – Сокращение потребления электроэнергии

Сокращение потребления электроэнергии	
78840	кВт·ч
Тарифы на электроэнергию (средняя по России)	
3,81	руб./кВт*ч
Объем потребляемой электроэнергии	
162060,000	кВт·ч/год

Дополнительный экономический эффект предполагается получить за счет сокращения времени простоя на 48 часов, при стоимости часа простоя 20000 руб.

### 3.5 Расчет экономической эффективности модернизации

Оценка экономической эффективности является ключевым этапом в расчете, при котором определяются индекс доходности капитальных вложений, срок окупаемости, чистый дисконтированный доход. Расчет показателей экономической эффективности проводился из расчета периода на 7 лет.

Таблица 10– Итоговые результаты

Показатели	Ед. изм.	Σ
Денежный поток	тыс. руб.	336,69
Чистый дисконтированный доход (ЧДД) ( $i = 14,62\%$ ) NPV	тыс. руб.	151,48
Внутренняя норма доходности (ВНД, ВНР) IRR	%	36,72%
Срок окупаемости (простой) PP	годы	1,7
Срок окупаемости (дисконтированный) DPP	годы	3,4
Индекс доходности капитальных вложений PI	доли ед.	0,36

## **Вывод по разделу**

На основании проведенных расчетов можно сказать следующее: расчеты показали ресурсоэффективность технологии установки нового винта вместо 4-х лопастного аналогичного от «диоген». Данная модернизация позволяет сократить использование электроэнергии на 78840 кВт\*ч.

Все, вышеперечисленные технико-экономические показатели проекта (срок окупаемости 1,7 лет, доходность 0,36), позволяют сделать вывод о том, что выполнение данного проекта и его реализация является возможной к реализации 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:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
2БМ16		Иптышев Аймир Евгеньевич	
<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа природных ресурсов</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Отделение нефтегазового дела</b>
<b>Уровень образования</b>	магистратура	<b>Направление/специальность</b>	24.04.01 Нефтегазовое дело

Тема ВКР:

<b>Модернизация устройства размыва донных отложений типа «диоген» для работы с высоковязкими нефтепродуктами</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</li> </ul>	<p><u>Объект исследования:</u> устройство размыва донных отложений типа «диоген» для работы с высоковязкими нефтепродуктами</p> <p><u>Область применения:</u> нефтедобывающая и нефтеперерабатывающие промышленность</p> <p><u>Рабочая зона:</u> полевые условия</p> <p><u>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</u> разжижающее устройство, насос, емкость, резервуарный парк.</p> <p><u>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</u> переработка нефтяных донных отложений.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Трудовой кодекс РФ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ст. 117 ТК РФ;</li> <li>- ст. 147 ТК РФ;</li> <li>- 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»</li> </ul>
<p><b>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> <li>– Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора</li> </ul>	<p>Вредные и опасные производственные факторы:</p> <p>Опасные и вредные производственные факторы согласно ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы.</p> <p>Классификация:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. повышенный уровень локальной вибрации,</li> <li>2. повышенный уровень шума,</li> <li>3. повышенное образование электростатических зарядов,</li> <li>4. наличие электромагнитных полей промышленных частот (50-60 Гц),</li> <li>5. недостаточность естественного освещения,</li> </ol> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</p> <p>Согласно ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих, средствами защиты являются:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. источники света и осветительные приборы,</li> <li>2. защитные заземления,</li> <li>3. изолирующие устройства и покрытия,</li> </ol>

	4. звукоизолирующие приборы, 5. устройства автоматического отключения, 6. предохранительные устройства, 7. знаки безопасности 8. устройства защитного заземления и зануления.
<b>3. Экологическая безопасность разработке проектного решения</b>	<u>Воздействие на селитебную зону:</u> Установка находится в нежилой зоне и не несет вреда селитебной зоне. <u>Воздействие на литосферу:</u> утечка или разлив вредных и токсичных веществ <u>Воздействие на гидросферу:</u> бытовые отходы химические вещества, пыль заражают воду и воздействуют на окружающий мир. <u>Воздействие на атмосферу:</u> воздействие вредных газов и паров, запыленность.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b>	<b>Возможные ЧС:</b> - возгорание и пожар, - поражение электрическим током. - испарение вредных газов <b>Наиболее типичная ЧС:</b> - пожар.
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ16	Иптышев Аймир Евгеньевич		

## **4 Социальная ответственность**

Данный раздел посвящен анализу опасных и вредных производственных факторов при выполнении работ и эксплуатации устройства для размыва донных отложений в резервуаре «Диоген – 700», а также ставятся задачи определения необходимых мер защиты от этих факторов, оценки условий труда, микроклимата рабочей среды и представления рекомендаций по созданию оптимальных условий труда. Объектом исследования является рабочее место обслуживающего персонала.

Взрывозащищённые устройства «Диоген – 700», предназначены для установки на крышке овального или круглого люков – лазов, размещённых на первом поясе резервуаров с нефтью и эксплуатируются в наружных установках во взрывоопасных зонах класса В – 1г, в которых возможно образование паро – и газовоздушных взрывоопасных смесей категории ПА, ПВ групп Т1, Т2, Т3 по классификации ГОСТ 12.1.011.

Данный аппарат используется в нефтяной промышленности, в частности в резервуарах с нефтью. В зависимости от объема их может устанавливаться несколько штук.

### **4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **4.1.1 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» [82] производственное оборудование должно обеспечивать безопасность работающих.

Так как место работы находится на значительном удалении от места постоянного проживания работников, применяется вахтовый метод 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.

## **4.2 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 обеспечивается 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.

## **4.3 Производственная безопасность**

Выполнение работ на опасных производственных объектах, включающих резервуарные парки хранения нефти, сопровождается вредными и опасными факторами согласно [83], приведенными в таблице 11.

Таблица 11 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Факторы (Гост 12.0.003-2015)	Этапы работы			Нормативные документы
	Разрабо тка	Изготов ление	Эксплуа тация	
Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу	-	+	+	Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005-88 [84]. Требования к СИЗ не накапливающих статическое электричество ГОСТ 12.4.124-83 [85]. Для выполнения работ на высоте необходимо предусмотреть наличие исправных оградительных средств по ГОСТ 12.4.059 [86] и защитных приспособлений по ГОСТ 26887 [87], ГОСТ 27321 [88], ГОСТ 27372 [89]. Требования к освещению устанавливаются СНиП 23-05-95 [90]. Требования электробезопасности регламентируются ГОСТ 12.1.038-82 [91]; Уровень шума должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.003-83[92]; Требования к вибрационной безопасности устанавливаются ГОСТ 12.1.012-90[93];
Повышенный уровень шума	+	+	+	
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	-	
Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочей зоны, рабочей зоны	+	+	+	
Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны	+	+	+	
Опасность поражения электрическим током	+	+	+	
Опасность механических повреждений	+	+	+	

#### 4.4 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.

#### 4.4.1 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 12 [94].

Таблица 12 – Взрывопожароопасные, токсические свойства сырья, продуктов, готовой продукции и отходов производства

№	Наименование сырья, полупродуктов, готовой продукции, отходов производства	Агрегатное состояние	Класс опасности	Температура, °С			Концент р. пределы распространения пламени, % об.		Характеристика токсичности	ПДК в воздухе рабочей зоны произв. помещений, мг/м <sup>3</sup>
				Вспышки	Воспламенения	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
4	Метанол	ж	3	6	13	440	7,3	36	Опьянение, потеря зрения	5
5	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;

#### **4.4.2 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 закладки-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.

### **4.4.3 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;

### **4.4.4 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 [95].

#### 4.4.5 Расчет системы воздухообмена

Произведём расчёт системы воздухообмена в рабочем помещении.  
Размеры помещения 4 / 3 / 2,5 м.

Потребный воздухообмен определяется по формуле:

$$\frac{1000 \cdot G}{X_B - X_H} = L, \quad (20)$$

где  $L$  – потребный воздухообмен, м<sup>3</sup>/ч;

$G$  - количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения, г/ч;

$X_B$  - предельно допустимая концентрация вредности в воздухе рабочей зоны помещения, мг/м<sup>3</sup>;

$X_H$  - максимально возможная концентрация той же вредности в воздухе населенных мест по СанПиН 1.2.3685-21, мг/м<sup>3</sup>.

Применяется также понятие кратности воздухообмена  $n$ , которая показывает, сколько раз в течение одного часа воздух полностью сменяется в помещении. Кратность воздухообмена определяется по формуле:

$$\frac{L}{V} = n, \quad (21)$$

где  $n$  – кратность воздухообмена, ч<sup>-1</sup>;

$V$  – внутренний объем помещения, м<sup>3</sup>.

Согласно СП 2.2.3670-20, кратность воздухообмена  $n > 10$  недопустима.

В жилых и общественных помещениях постоянным вредным выделением является выдыхаемый людьми углекислый газ (СО<sub>2</sub>). Определение потребного воздухообмена производится по количеству углекислого газа, выделяемого человеком и по его допустимой концентрации.

Предельно допустимая концентрация СО<sub>2</sub> в воздухе рабочей зоны – 9000 мг/м<sup>3</sup>. Содержание углекислоты в атмосфере обычного городка – 650 мг/м<sup>3</sup>.

Количество СО<sub>2</sub>, выделяемое всеми работниками, определяется по формуле:

$$G = N_{\text{чел}} \cdot G_{\text{CO}_2}, \quad (22)$$

где  $N_{\text{чел}}$  – количество людей в помещении, шт;

$G_{\text{CO}_2}$  – количество углекислоты, выделяющейся в воздух помещения, г/ч.

Взрослый человек в состоянии покоя выделяет 35 г/ч углекислого газа.

Количество  $\text{CO}_2$ , выделяемое 1 работником:

$$G = 1 \cdot 35 = 35 \frac{\text{г}}{\text{ч}}, \quad (23)$$

Определим потребный воздухообмен:

$$L = \frac{1000 \cdot 35}{9000 - 650} = 4,19, \text{ м}^3 / \text{ч}, \quad (24)$$

Кратность воздухообмена составляет:

$$n = \frac{4,19}{4 \cdot 3 \cdot 2,5} = 0,14, \text{ ч}^{-1}, \quad (25)$$

Таким образом, нужна вентиляционная система в рабочем помещении, которая будет обеспечивать воздухообмен 4,19 м<sup>3</sup>/ч. Кратность воздухообмена при этом составит 0,15 ч<sup>-1</sup>.

#### **4.4.6 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/м<sup>2</sup> при облучении 50% поверхности тела, 70 Вт/м<sup>2</sup> при облучении 25-50% поверхности тела и 100 Вт/м<sup>2</sup> при облучении менее 25%. Максимальная температура при этом 28°С (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.

#### **4.4.7 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/м<sup>3</sup>, для природного газа ПДК 300 мг/м<sup>3</sup>.

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.

#### **4.4.8 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 13 – Степени воздействия 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
2–3	сильное дрожание пальцев рук	не ощущается
5–7	судороги в руках	зуд, ощущение нагрева
8–10	трудно оторвать руки от электродов, сильные боли в пальцах, кистях рук и предплечьях	усиление нагрева
20–25	паралич рук, оторвать их от электрода невозможно, сильные боли, дыхание затруднено	ещё большее усиление нагрева
50–80	остановка дыхания, начало фибрилляции сердца	сильное ощущение нагрева, сокращение мышц рук, судороги, затруднение дыхания
90–100	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.

#### 4.4.9 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".

#### **4.5 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.

#### **4.6 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.

#### **4.7 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.

#### **4.8 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 вышеперечисленным 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.

#### **4.9 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.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы, был предложен трехлопастной винт для размыва высоковязких нефтепродуктов, при низкой температуре ( $10^{\circ}\text{C}$ ), в резервуаре объемом  $30000\text{ м}^3$ .

Отмечено, что с точки зрения моделирования и расчета процессов размыва донных нефтяных отложений как высоко-неоднородных сред представляет собой крайне сложную динамическую систему.

Следует отметить, что в отсутствии экспериментальных подтверждений описанных методов моделирования и расчетов невозможно установить достоверность результатов исследования.

## 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. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Рогачев М.К., Кондрашева Н.К. Реология нефти и нефтепродуктов // Учеб. пособие. — Уфа: УГНТУ, 2000. — 89 с
11. Кесельман Г.С., Махмудбеков Э.А. Защита окружающей среды при добыче, транспорте и хранении нефти и газа - М. : Недра, 1981. - 256 с.
12. 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.

13. Hummer J. S. Method for cleaning an oil tank : пат. 5591272 США. – 1997.

14. 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

15. 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

16. Patent № 4,817,653 US Tank cleaning, water washing robot / R. Krajicek, R. Cradeur. - 1989. - №147,237. - 18 p.

17. S. E. Shaheen, Hesham M. Ibrahim, Parienti Raoul Chemical treatment vs. mechanical operations in tank cleaning: Who won ?, Environmental Science, Engineering – 1999 – 8 p

18. Lawrence Nicholas Kremer, Joe Nguyen On-Line Method for Reducing Sludge Volume in Crude Oil Storage Tanks // NACE International – 2000 – 7 p

19. 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

20. 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.

21. Альтшуль А. Д., Животовский Л. С., Иванов Л. П. Гидравлика и аэродинамика: учебник для студентов вузов // М.: Стройиздат. – 1987.

22. 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.



23. 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.

24. 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;

25. Персиянцев М.Н. Добыча нефти в осложненных условиях. М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 2000. 653 с.

26. Павлов, Михаил Валентинович. Применение ультразвука для очистки от асфальтосмолистых и парафиновых отложений на объектах транспорта и хранения нефти: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 25.00.19 / Павлов Михаил Валентинович; [Место защиты: Уфим. гос. нефтяной техн. ун-т]. - Уфа, 2019. - 24 с.

27. Урьев Н. Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов. — М.: Химия, 1988, с. 256.

28. Ребиндер П. А., Физико-химическая механика, М., «Знание», 1958  
Гумеров, Рамиль Рустамович. Разработка эффективных ингибиторов асфальтосмолопарафиновых отложений асфальтенового типа: автореферат дис. кандидата технических наук: 05.17.07 / Гумеров Рамиль Рустамович;

[Место защиты: Уфим. гос. нефтяной техн. ун-т]. - Уфа, 2018. - 24 с

29. Иванова Л.В., Буров Е.А., Кошелев В.Н. АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ В ПРОЦЕССАХ ДОБЫЧИ, ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ. Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2011, №1

30. Дмитриева, А. Ю. Исследование основных причин образования вязких (аномальных) нефтей / А. Ю. Дмитриева, М. В. Залитова, М. И. Старшов, М. Х. Мусабилов // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – С. 254–256.

31. Хайбуллина, Карина Шамильевна. Обоснование комплексной

технологии удаления и предупреждения органических отложений в скважинах на поздней стадии разработки нефтяного месторождения: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 25.00.17 / Хайбуллина Карина Шамильевна; [Место защиты: С.-Петербург. гос. гор. ун-т]. - Санкт-Петербург, 2019. - 21 с.

32. Егоров, А. В. Ингибитор парафиноотложения комплексного действия для нефтяных эмульсий и парафинистых нефтей / А. В. Егоров, В.Ф. Николаев, К. И. Сенгатуллин, И. Я. Муратов, Х. Г. Зайнутдинов // Электронный журнал «Нефтегазовое дело». – 2013. – С. 334–348.

33. Кононов, Олег Владимирович. 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; [Место защиты: Уфим. гос. нефтяной техн. ун-т]. - Уфа, 2010. - 178 с.: ил. РГБ ОД, 61 11-5/781

34. Свет В.Д., Цысарь С.А. ОСОБЕННОСТИ АКУСТИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В БОЛЬШИХ НЕФТЯНЫХ РЕЗЕРВУАРАХ. АКУСТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ. 2014. том 64.

№1 с. 112-118

35. Гильмияров Е. А., Груздева И. В. МЕТОДЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ РЕЗЕРВУАРОВ ОТ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ. БУЛАТОВСКИЕ ЧТЕНИЯ. СБОРНИК СТАТЕЙ – 2019

36. Гималетдинов Г.М., Саттарова Д.М. СПОСОБЫ ОЧИСТКИ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ НАКОПЛЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В РЕЗЕРВУАРАХ. Нефтегазовое дело, 2006

37. Чурикова Л.А. Обзор современных методов очистки резервуаров от нефтяных остатков / Л.А. Чурикова, Е.А. Конашева, А.Т. Утегалиев // Технические науки в России и за рубежом: материалы V международной научной конференции. – 2016. – С. 71–75.

38. Шайхутдинова М.Ш., Дудников Ю.В., Ямалетдинова К.Ш., Гоц С.С.К ВОПРОСУ О ПРЕДОТВРАЩЕНИИ ОБРАЗОВАНИЯ И

НАКОПЛЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В РЕЗЕРВУАРАХ. УСПЕХИ  
СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ. № 4, 2018

39. Кузнецов, С.П. Динамический хаос: Курс лекций: Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по физ. специальностям / С.П. Кузнецов.

- М.: Физматлит, 2001. - 295 с.: ил.; 22 см. - (Современная теория колебаний и волн).

40. Рюэль Д., Такенс Ф. О природе турбулентности // Странные аттракторы / Под. ред. Я.Г. Синая и Л.П. Шильникова. - М.: Мир, 1981. с. 117-151

41. Белоцерковский О. М., Опарин А. М., Чечеткин В. М. Турбулентность. Новые подходы М, Наука, 2003

42. Монин, Андрей Сергеевич. Статистическая гидромеханика [Текст]: Механика турбулентности: [В 2 ч.]/А.С. Монин, А. М. Яглом. - Москва: Наука, 1965-1967.-2т.;22 см. Ч. 1. - 1965. - 639 с.: ил..

43. Яглом А. М., Монин А. С. Статистическая гидромеханика Часть 2. Механика турбулентности. Наука. 1967. 720 стр.

44. Фрик П. Г. Турбулентность: модели и подходы, часть 1, Пермь, 1998

45. Фрик П. Г. Турбулентность: модели и подходы, часть 2, Пермь, 1999

46. Spalart P.R. Strategies for turbulence modelling and simulation. Intern. Journal of Heat and Fluid Flow, 2000, v. 21, pp. 252-263

47. Колмогоров А.Н. Локальная структура турбулентности в несжимаемой жидкости при очень больших числах Рейнольдса. - Докл. АН СССР, Т. 30, № 4, С. 299-303

48. Лапин Ю.В. Статистическая теория турбулентности. Научно-технические ведомости 2' 2004

49. Deardorff J.W. A numerical study of three-dimensional turbulent channel flow at large Reynolds numbers. // J. Fluid Mech., 1970, 41, pp. 453-480

50. LEONARD A. 1974 Energy cascade in Large-Eddy Simulations of turbulent fluid flows. Adv. in Geophysics, 18A, 237-248

51. Orszag SA, Patterson GS. 1972. Numerical simulation of three-dimensional homogeneous isotropic turbulence. *Phys. Rev. Lett.* 28:76–79
52. J. H. Ferziger and H. G. Kaper, *Mathematical Theory of Transport Processes in Gases* (North-Holland, Amsterdam, 1972; Mir, Moscow, 1976).
53. Турбулентные сдвиговые течения. (перев. с англ. под ред. А.С. Гиневского). М., Машиностроение, 1982.
54. Ферцигер Дж. Х. Численное моделирование крупных вихрей для расчета турбулентных течений. *Ракетн. техн. и космонавтика* 1977, т. 15, №9, с. 56-66.
55. Smagorinsky J. General circulation experiments with the primitive equations: I. the basic equations. *Mon. Weather Rev.*, 91, 99–164 (1963).
56. Ферцигер Дж. Х. Численное моделирование крупных вихрей для расчета турбулентных течений. *Ракетн. техн. и космонавтика* 1977, т. 15, №9, с. 56-66.
57. Samtaney R., Voelkl T., Pullin D.I. Large eddy simulation of strong shock Richtmyer-Meshkov instability // 8-th International Workshop on The Physics of Compressible Turbulent Mixing. US, Pasadena, 2001
58. Youngs D.L., Silvani X., Magnaudet J., Llor A. Preliminary results of DNS and LES simulations of self-similar variable acceleration RT-mixing flows // 8-th International Workshop on The Physics of Compressible Turbulent Mixing. US, Pasadena, 2001
59. Eppler A., Bernert K. Two-stage testing of advanced dynamic subgrid-scale models for large-eddy simulation on parallel computers. Preprint SFB393/99-13, Technische Universitat Chemnitz, 1999
60. Spalart P.R., Jou W.H., Strelets M. and Allmaras S.R. Comments on the feasibility of LES for wings and on a hybrid RANS/LES approach. In Liu C. and Liu Z. (eds) *Advances in DNS/LES, Proceedings of 1st AFOSR International Conference on DNS/LES*, Ruston, LA, August 4-8, Greyden Press, Columbus, OH, 1997. p. 137-147.

61. Spalart P.R., Allmaras S.R. A One–Equation Turbulence Model for Aerodynamic 34 Flows. AIAA Paper 92-0439, Jan. 1992
62. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей. Том 1. М.: Мир, 1991. - 504 с
63. К. Флетчер Вычислительные методы в динамике жидкости, т.2 Изво “Мир”, М., 1991- 552 с
64. Самарский А. А., Гулин А. В. Численные методы: Учеб. пособие для вузов. — М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1989.—432
65. Роуч П. Вычислительная гидродинамика Мир, М., 1980. -618 с.
66. Самарский А.А. Теория разностных схем. – М.: Наука, 1983. – 616 с.
67. Cain Z. A theoretical foundation of the finite volume element method // Thes. University of Colorado at Denver, may 1990
68. Курант Р., Гильберт Д., Методы математической физики, пер. с нем., 3 изд., т. 1, М. Л., 1951;
69. Jameson A., Bader T. J. Euler Calculations for a Complete Aircraft. — In: Proc. Tenth Int. Conf. Numerical Methods in Fluid Dynamics, Beijing, Lecture Notes in Physics, 1986 Vol. 264 (Springer, Berlin, Heidelberg), p. 334—344.
70. Lam, K. Flow around four cylinders in square configuration using surface vorticity method [Text] / K. Lam, R.M.C. So, J.Y. Li // Proceedings of the Second International Conference on Vortex Methods, Sept. 26-28. – Turkey. – 2001. - pp.235-242.
71. Волков К.Н., Емельянов В. Н. Реализация Лагранжевого подхода к описанию течений газа с частицами на неструктурированных сетках. // Вычислительные методы и программирование, Т9, стр. 19-33, 2008 г
72. Noak R.W., Steinbrenner J.P. A three-dimensional hybrid grid generation technique - в сб. 12th AIAA Computational Fluid Dynamics Conference, San-Diego, 1995, pp.413-423
73. Patrick Rabenold. Parallel Adaptive Mesh Refinement for the

- Incompressible Navier-Stokes Equations AMSC663 Project Proposal October 13,2005
74. Gregory J. Larson. PERFORMANCE OF ALGEBRAIC MULTIGRID FOR PARALLELIZED FINITE ELEMENT DNS/LES SOLVERS. Department of Mechanical Engineering Brigham Young University December 2006
75. Jennie Andersson, Dinis Reis Oliveiraa, Irma Yeginbayevab, Michael Leer-Andersenc, Rickard E. Bensowa. Review and comparison of methods to model ship hull roughness. Applied Ocean Research 99 (2020) 102119
76. Лукьянова И.Э. Шмелев В.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ FLOWVISION И ANSYS ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НДС НЕФТЯНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ПРИ УДАЛЕНИИ ОТЛОЖЕНИЙ.  
[https://tesis.com.ru/infocenter/downloads/flowvision/fv\\_oil\\_ugntu1\\_06.pdf](https://tesis.com.ru/infocenter/downloads/flowvision/fv_oil_ugntu1_06.pdf)
77. Галиакбаров В.Ф., Салихова Ю.Р. Расчет гидродинамических характеристик процесса перемешивания нефтепродуктов в резервуарах. / Нефтегазовое дело, 2003.– <http://www.ogbus.ru>
78. Применение системы ANSYS к решению задач механики сплошной среды. Практическое руководство / под ред. проф. А.К. Любимова. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2006. – 227 с.
79. Галиакбарова Э. В., Бахтизин Р. Н., Надршин А. С., Галиакбаров В. Ф. БЕЗОПАСНОЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНОЕ ИСКЛЮЧЕНИЕ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ПРИ ХРАНЕНИИ НЕФТИ В РЕЗЕРВУАРНЫХ ЕМКОСТЯХ. Нефтегазовое дело 2015, т. 13, No 4
- 80.ГОСТ 31385-2008. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия.  
[//www.StandartGost.ru](http://www.StandartGost.ru)g/ ГОСТ\_31385-2008, дата обращения 22.04.2014.
81. Федеральный закон от 21.07.1997 No 116-ФЗ (ред. от 07.03.2017) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»
82. ГОСТ С. 12.2. 003-91 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» //М.: Издательство стандартов. – 1992.

- 83.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.
84. ГОСТ 12.1. 005-88 Воздух С. рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. – 1988.
85. ГОСТ 12.4. 124-83 ССБТ Средства защиты от статистического электричества. – 1990.
86. ГОСТ 12.4.059 Ограждения предохранительные инвентарные. – 1990.
87. ГОСТ 26887-86 Площадки и лестницы для строительно-монтажных работ. Общие технические условия. – 1987.
88. ГОСТ 27321-2018 Леса стоечные приставные для строительно-монтажных работ. – 1987.
- 89.ГОСТ 27372-87 Люльки для строительно-монтажных работ. Технические условия. – 1989.
90. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение. – 1996.
- 91.ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Предельно допустимые величины напряжений и токов. Электробезопасность – 1982.
92. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности - М.: Стандартиформ, 1983.
93. ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. – 2008.
- 94.ПБ 08-624-03. Правил безопасности в нефтяной и газовой промышленности. - М.: ПИО ОБТ, 2003. - 167 с.
95. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений. – 2013.