

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки (профиль) 18.03.01 «Химическая технология» (Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов)

Отделение школы (НОЦ) Отделения химической инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Расчет оборудования для очистки промышленных и сточных вод от нефтепродуктов

УДК 628.32-047.74:665.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д43	Камалова Маргарита Олеговна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Кузьменко Е.А.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Трубникова Н.В.	д.и.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Немцова О.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Кузьменко Е.А.	к.т.н.		

Томск – 2019 г.

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве , ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 18.03.01 «Химическая технология» (Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов)

Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Кузьменко Е.А.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д43	Камаловой Маргарите Олеговне

Тема работы:

Расчет оборудования для очистки промышленных и сточных вод от нефтепродуктов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	2136/с от 20.03.19 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20.05.19 г.
--	--------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Объект проектирования – Очистные сооружения НПЗ 500 Вид сырья – Промышленные сточные воды НПЗ; Требования к продукту–Содержание нефтепродуктов в очищенной воде не более 10 мг/дм³.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	Аналитический обзор: Очистка промышленных и сточных вод нефтеперерабатывающих заводов, оборудование очистных сооружений, схемы очистных сооружений НПЗ; Постановка задачи проектирования; Проектирование блока очистки промышленных сточных вод НПЗ от нефтепродуктов; Обсуждение результатов выполненной работы; Заключение по работе
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Схема очистных сооружений НПЗ; Схема блока очистки промышленных сточных вод НПЗ от нефтепродуктов Чертеж нефтяной ловушки Чертеж флотатора
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение	Профессор, д.и.н. Трубникова Н.В.
Социальная ответственность	Ассистент ООД Немцова О.А.

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

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	14.01.19 г.
--	-------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Кузьменко Е.А.	К.т.н., доцент		14.01.19 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д43	Камалова Маргарита Олеговна		14.01.19 г.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д43	Камаловой Маргарите Олеговне

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	ОХИ ИШПР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования – сточная вода НПЗ, содержащая нефтепродукты. Исследования заключались в очистке сточной воды НПЗ от нефтепродуктов в лабораторных условиях
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ ГОСТ 12.1.005-88 ГОСТ 12.1.007-79 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 ГОСТ 12.2.003-91 СанПиН 2.2.4.1191-03 ПНД А 12.13.1-03
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные и опасные факторы: Отклонение показателей микроклимата; Превышение уровня шума; Вентиляция; Отсутствие или недостаток естественного света; Недостаточная освещенность рабочей зоны; Повышенное значение напряжения в электрической цепи

	Мероприятия по снижению воздействия в соответствии с НД: СанПиН 2.2.4.548-96 ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ СНиП 2.04.05-86 СП 52.13333.2016 ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ
3. Экологическая безопасность:	Воздействие на гидросферу выражается в сбросах недоочищенных сточных в канализацию и/или водоемы. Уровни этого загрязнения могут составлять от 2-3 до 1000 и более ПДК в воде
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения: - отравление, химические ожоги, пожары, взрывы, аллергии; - поражение электрическим током, термические ожоги и травмы. Наиболее типичная ЧС: пожар

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Немцова О.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д43	Камалова Маргарита Олеговна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСО-СБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д43	Камаловой Маргарите Олеговне

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОХИ ИШПР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Определение и анализ трудовых и денежных затрат, направленных на реализацию исследования на основании информации, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах. Бюджет затрат НИИ 127853,8 руб.; Стоимость человеческих ресурсов 59391,1 руб.;
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Определение и анализ трудовых и денежных затрат, направленных на реализацию исследования на основании Сборника сметных норм на геологоразведочные работы.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым выплатам в соответствии с Налоговым кодексом РФ (НК РФ-15) от 16.06.98, а также Трудовым кодексом РФ от 21.12.2011г. Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 27.1%; Налог на добавленную стоимость 20%
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Проведение оценки экономической эффективности исследования качества сточных вод НПЗ.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Трубникова Н.В.	д.и.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д43	Камалова Маргарита Олеговна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 122 _____ с., _____ 16 _____ рис., _____ 12 _____ табл., _____ 52 _____ источника.

Ключевые слова: Нефтеперерабатывающий завод (НПЗ), сточная вода, нефтепродукты, методы очистки, повышение качества очистки, нефтеловушка, флотатор.

Объектом исследования являются очистные сооружения сточных вод НПЗ-500. Предмет исследования оборудование очистных сооружений сточных вод НПЗ, позволяющее повысить качество очистки сточной воды от нефтепродуктов.

Цель работы – разработать экологически значимую технологию очистки сточных вод НПЗ от нефтепродуктов.

В процессе исследования рассмотрели методы очистки сточных вод НПЗ, технологические схемы очистных сооружений, выбрали наиболее эффективные методы очистки сточных вод от нефтепродуктов.

В результате исследования был выбран вариант модернизации, позволяющий очищать сточную воду НПЗ от нефтепродуктов достаточно глубоко, чтобы передать ее на повторное использование или далее на очистку.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: в качестве основного оборудования подобрано стандартное оборудование: нефтеловушка № 902-2-161, пропускной способностью до 162 м³/ч; флотатор «Универсал- 150», выпускаемый ЗАО НПФ «Эко-тон». Область применения: на НПЗ – 500.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в том, что при правильном выборе подходящего оборудования и способов очистки, можно очистить сточные воды от нефтепродуктов до тех концентраций, которые не препятствуют повторному использованию очищенных сточных вод в оборотных системах производства.

В будущем планируется предложить результаты проектирования для модернизации очистных сооружений НПЗ – 500.

ESSAY

Final qualifying work 122 p., 16 fig., 12 tab., _____ 52 _____ source. Key words: Refinery, waste water, petroleum products, purification methods, refining quality improvement, oil trap, flotation cell. The object of the study are wastewater treatment plants of the refinery-500. The subject of study is the equipment of wastewater treatment plants of the refinery, which allows to improve the quality of wastewater treatment from oil products. The purpose of the work is to develop an environmentally significant technology for refining wastewater from oil refineries. In the course of the study, the methods of refining wastewater treatment at refineries, technological schemes of sewage treatment plants were considered, and the most effective methods of treating wastewater from oil products were selected. As a result of the study, a modernization option was chosen that allows cleaning the wastewater of the refinery from oil products deep enough to transfer it to repeated use or further to the treatment. The main design, technological and technical and operational characteristics: standard equipment was selected as the main equipment: oil trap No. 902-2-161, with a throughput of up to $162 \text{ m}^3 / \text{h}$; the "Universal-150" floater produced by ZAO NPF Ekoton. Scope: at the refinery - 500.

The economic efficiency / significance of the work lies in the fact that with the right choice of suitable equipment and cleaning methods, you can purify waste water from oil products to those concentrations that do not prevent the reuse of treated waste water in circulating production systems. In the future, it is planned to offer the design results for the modernization of refineries - 500.

Список сокращений

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод

ЭЛОУ – электрообессоливающая установка

АВТ - атмосферно-вакуумная трубчатая установка

ГОС – городские очистные сооружения

ПАА – полиакриламид

ВПК – водорастворимый полиэлектролит катионный

ПАВ – поверхностно-активные вещества

НХП – нефтехимическое предприятие

СВ НПЗ – сточная вода нефтеперерабатывающего завода

ПДН – предельно допустимая норма

ПДК – предельно-допустимая концентрация

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	15
1. СПОСОБЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ	18
1.1 Источники образования и характеристика сточных вод нефтеперерабатывающих предприятий	18
1.2 Способы очистки сточных вод НПЗ	26
1.2.1 Механическая очистка сточных вод НПЗ	26
1.2.2 Теоретические основы очистки сточных вод отстаиванием	30
1.2.3 Физико-химические методы очистки	30
1.2.3.1 Коагуляция	30
1.2.3.2 Электрокоагуляция	35
1.2.3.3 Флокуляция	36
1.2.3.4 Флотация	38
1.2.4 Биохимические методы очистки	40
1.2.5 Сорбционные методы очистки сточных вод нефтеперерабатыва- ющих предприятий	42
1.2.6 Образование отходов при очистке сточных вод НПЗ и их обезвреживание	47
1.3 ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ	48
1.3.1 Особенности конструкций нефтеловушек	50
1.3.2 Принцип действия и конструкция горизонтальных гравитационных нефтеловушек	51
1.3.3 Очистка сточных вод методом флотации	53

1.3.4 Принцип действия и конструкция напорных флотаторов-----	57
2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ-----	62
3.РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА -----	65
3.1 Выбор варианта модернизации технологической схемы очистных сооружений НПЗ-----	65
3.2 Расчет нефтеловушки-----	71
3.3 Расчет флотационной установки -----	71
3.4 Выбор нефтеловушки и флотатора -----	73
3.5 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ (РАЗРАБОТКИ)-----	76
4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ-----	77
4.1 Введение -----	77
4.1.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности-----	78
4.1.2 Организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны --	79
4.2 Производственная безопасность-----	80
4.3 Профессиональная социальная безопасность-----	82
4.3.1.4 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования -----	82
4.3.1.1 Вредные вещества-----	82
4.3.1.2 Сточная вода,содержащая нефть-----	83
4.3.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований-----	85
4.3.2.1 Отклонение параметров микроклимата-----	85
4.3.2.2. Повышенный уровень шума-----	87
4.3.2.3 Повышенная вибрация-----	88

4.3.2.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны-----	88
4.3.2.5 Электробезопасность -----	89
4.3 Экологическая безопасность-----	91
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях-----	91
4.4.1 Возможные ЧС при работе в лаборатории-----	92
4.4.2 Предупреждение возникновения пожара-----	93
4.4.3 Действия в результате возникновения пожара и меры по его ликвидации-----	94
Выводы по разделу социальная ответственность-----	96
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ -----	71
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения -----	71
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования -----	71
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений -----	72
5.1.3 SWOT-анализ -----	73
5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований-----	75
5.3 Планирование научно-исследовательских работ-----	76
5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования-----	76
5.3.2 Определение трудоемкости работ-----	78
5.3.4 Бюджет научного исследования -----	82
5.3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ -----	82
5.3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ -----	83
5.3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы-----	84
5.3.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы -----	86
5.3.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) -----	86

5.3.4.6 Накладные расходы -----	112
5.3.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта -----	87
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования -----	88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ-----	116
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ-----	118

ВВЕДЕНИЕ

Улучшение состояния окружающей среды – одно из приоритетных направлений природоохранной деятельности, для реализации которого широко применяется внедрение малоотходных и безотходных технологий. Очистка сточных вод с целью их повторного использования – одно из перспективных направлений.

Под понятием нефтяная промышленность понимают крупнейший комплекс предприятий, объединяющий в одно целое добычу, подготовку и переработку нефти – углеводородного сырья для предприятий органического синтеза и получения энергоносителей – светлых продуктов для двигателей внутреннего сгорания и тяжелый остаток - мазут, используемый как энергетическое топливо.

Нефть применяют практически во всех отраслях народного хозяйства в качестве основного сырья для нефтехимии, источника для производства моторных топлив разных марок и назначения, разнообразных масел и смазок, а тяжелый остаток от переработки – мазут – применяется как энергетическое топлива для котлов, конвертеров и печей. Кроме того, нефть является сырьём для производства вяжущих и строительных материалов (битумы, гудрон, асфальт) для получения некоторых кормовых белков, используемых в качестве стимуляторов роста скота.

Нефть - национальное богатство, обеспечивающее материальную и энергетическую независимость страны, основа фундамента экономики.

В сложившихся условиях, благодаря тому, что нефть - основной вид доступного энергетического сырья, значение ее в мире, как экономическое, так и политическое, огромно. Тем не менее, нефтеперерабатывающие предприятия - источники образования огромного количества высокотоксичных сточных вод, которые образуются на всех стадиях добычи и переработки

нефти. Наличие загрязнителей разной природы, как органической, так и неорганической, обуславливает опасность производственных сточных вод для живых организмов. Такие сточные воды должны быть обезврежены путем многоступенчатой очистки.

Начиная с 2017 года, который был объявлен годом экологии в России, был реализован или находится в стадии реализации цикл природоохранных мероприятий, направленных на улучшение экологической ситуации.

За это время предусмотрено выполнение следующих мероприятий по охране природы:

- усовершенствование нормативно-правовых основ, регулирующих сферу охраны окружающей среды;
- реальное улучшение экологических показателей;
- формирование гражданской активности в сфере охраны окружающей среды и экологии;
- развитие системы заповедников и экологического туризма.

Нефтеперерабатывающие предприятия, как никакие другие, должны были почувствовать существенное ужесточение нормативно-правовых норм, направленных на многократное увеличение штрафов за превышение предельно-допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ, как в воздушном пространстве, так и в сточной воде.

Поэтому, цель данной работы – разработать экологически значимую технологию очистки сточных вод нефтеперерабатывающего завода (НПЗ) от нефтепродуктов, как одного из самых токсичных компонентов сточных вод НПЗ.

Способ достижения поставленной задачи – повышение эффективности очистки сточных вод от нефтепродуктов, так как нефтепродукты в сточной воде нежелательны из-за их высокой токсичности и способности накапливаться на внутренней поверхности трубопроводов.

В настоящее время приоритет отдается способам отстаивания и реагентной флотации, вследствие того, что именно этот способ позволяет сни-

зить содержание вредных веществ до уровня, требуемого к передаче на городские очистные сооружения.

Данная ВКР предназначена для решения проблемы очистки сточных вод НПЗ от нефтепродуктов, до тех концентраций, которые не препятствуют повторному использованию очищенных сточных вод в оборотных системах производства.

1. Способы очистки сточных вод нефтеперерабатывающих предприятий

1.1 Источники образования и характеристика сточных вод нефтеперерабатывающих предприятий

Особенность предприятий нефтеперерабатывающей промышленности заключается в том, что сточные воды образуются на протяжении всего производственного цикла, начиная с добычи, транспортировки и переработки нефти. Сточные воды собираются со всего предприятия вместе [1].

Современные НПЗ имеют свою специфику и специализируются по выпуску продукции: на топливные и топливно-масляные; топливные и топливно-масляные с нефтехимическим производством.

Отходы предприятия, к которым относится и сточная вода, зависят от применяемых технологий переработки нефти. Кроме того, количество и качество сточных вод определяется профилем производства, глубиной переработки нефтяного сырья и широтой ассортимента конечных продуктов. К основным технологическим процессам переработки нефти относят: подготовка нефти к переработке, которая заключается в ее обезвоживании и обессоливании; далее следует перегонка при атмосферном давлении и/или в вакууме; для увеличения выхода целевого сырья применяют деструктивную переработку, то есть подвергают тяжелые остатки крекингу, гидрогенизации и изомеризации; в зависимости от выпускаемого ассортимента проводят очистку светлых продуктов; компаундирование с целью получения углеводородов с заданными эксплуатационными свойствами [1].

Расход потребляемой воды на нужды производства пропорционально увеличивается с глубиной переработки нефтяного сырья, при этом пропорционально возрастает объем образования сточных вод. Концентрация загрязнителей в сточных водах определяется происхождением нефти, технологиями добычи и переработки, а также регламентируемым качеством получаемых проду-

ктов. Процесс обессоливания на стадии нефтеподготовки к переработке самый затратный процесс по воде, в то же время, самый большой расход сточной воды именно после стадии обессоливания.

Качество нефти влияет на глубину ее промышленной переработки, количества и марки катализаторов, от нее зависит номенклатура товарных продуктов нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ). Благодаря номенклатуре получаемых продуктов, заводы разделены на профили следующим образом [1,2]:

1. Топливные с неглубокой переработкой нефти. Ассортимент выпускаемой продукции -

автомобильные бензины, авиационные керосины, мазут (топочное топливо), битумы, дизельное топливо, иногда выделяют парафин, серу, а некоторые ароматические углеводороды (бензол, ксилол и пр.).

2. Топливные с глубокой переработкой нефти. Ассортимент выпускаемой продукции идентичен заводам первого профиля, но большая часть мазута перерабатывается в процессах каталитической и термической деструкции (крекинг, коксование, алкилирование) с целью увеличения выхода основных продуктов, высокооктановых бензинов, нефтяного кокса и прочих продуктов.

3. Топливно-масляные с неглубокой переработкой нефти. Номенклатура основных товарных продуктов сопоставима с заводами первого профиля, но часть мазута используют как сырье для производства масел.

4. Топливно-масляного с глубокой переработкой нефти. Ассортимент выпускаемых продуктов аналогичен заводам второго профиля, но расширен за счет производства масел.

5. Топливно-нефтехимического с глубокой переработкой нефти. На таких предприятиях получают полимеры из промежуточных продуктов первичной переработки - жидкие и газообразные фракции нефти, такие как этилен, полиэтилен, полипропилен, бутиловые спирты и др.

На любом нефтеперерабатывающем заводе, в состав производственного комплекса включены основные установки, такие как:

- электрообессоливающая (ЭЛОУ). Применяется для подготовки нефти для ее дальнейшей переработки. Функция - обезвоживание и обессоливание сырой нефти;
- АВТ, комбинированная или атмосферно-вакуумная трубчатые установки. Предназначены для прямого фракционирования нефти. Отличаются только температурой кипения нефти при разгонке;
- установка очистки нефтепродуктов от непредельных углеводородов, смолистых и других веществ щелочами;
- установка гидроочистки дизельного топлива;
- установка по производству битума;
- установки для получения серы, парафина, различных ароматических углеводородов.

Как было написано ранее, процессы нефтеподготовки и нефтепереработки затратны по использованию водных ресурсов, и кроме того, они же и являются поставщиками сточных вод.

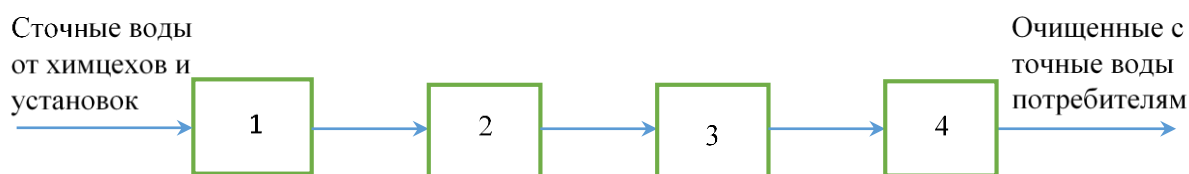
Типичная система образования сточных вод приведена на рисунке 1.1. На типовых НПЗ система производственной канализации разделена на две независимых системы[1].

I система – условно «чистая» система и её функция - отведение и очистка нефтесодержащих нейтральных производственных и производственно-ливневых сточных вод. Это объединенная канализационная сеть.

В I систему поступают условно чистые стоки - сточные воды от технологических установок, не требующих специальных способов очистки. К ним относят различные конденсаты от конденсаторов сме

шения и скрубберов (кроме барометрических конденсаторов на атмосферно-вакуумных трубчатках), дренажи от насосов и резервуаров, вода с охлаждением сальников насосов, вода после промывки нефтепродуктов (при условии малых концентраций щелочи в воде), смывы полов, а также ливневые воды с площадок установок и резервуарных парков. Основной загрязнитель сточных вод в этой системе канализации – взвешенные вещества и механические примеси.

После очистки от взвешенных веществ, сточные воды I системы канализации, могут применяться для производственного водоснабжения в качестве подпиточных на пополнение системы оборотного водоснабжения и для отдельных потребителей свежей воды. Солеосодержание (общая минерализация) очищенных вод обычно не превышает 2000 мг/дм³;



I система очистки сточных вод

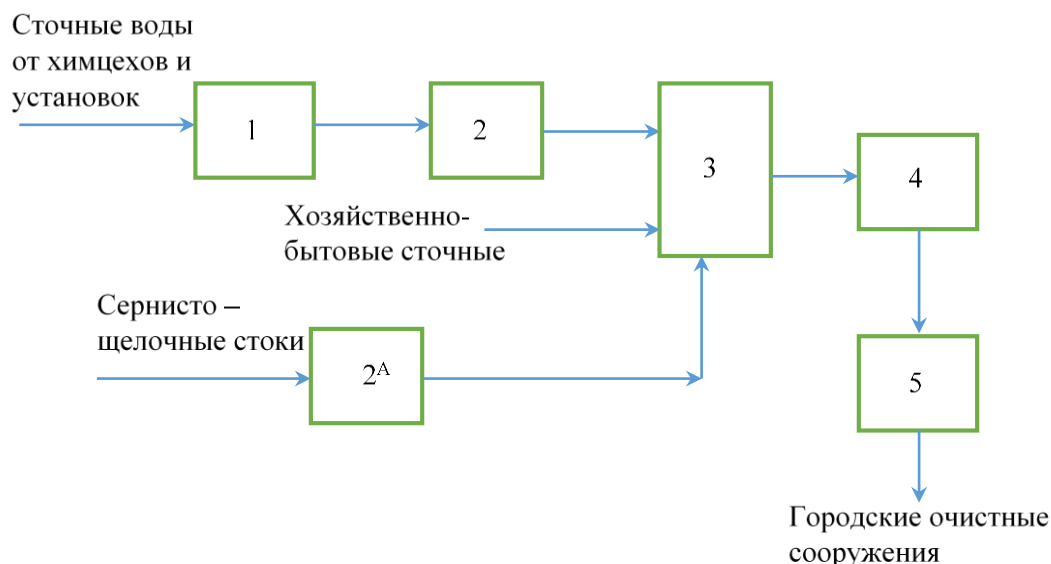


Рисунок 1.1 – Принципиальная схема сбора и очистки сточных вод НПЗ

I система очистки сточных вод: 1 – узел механическая очистка воды; 2 – узел физико-химической очистки; 3 –

установка биологической очистки сточной воды; 4 – узел доочистки сточной воды.

II система очистки сточных вод: 1 – узел механическая очистка воды; 2, 2^A – узел физико-химической очистки; 3 – сборник-усреднитель; 4 – установка биологической очистки сточной воды; 5 – узел доочистки сточной воды.

Сточные воды II-ой системы – «грязные» воды. Такие сточные воды загрязнены нефтепродуктами и нефтяными эмульсиями, солями, реагентами, применяемыми для извлечения нефти из скважины и, как правило, это органические и неорганические вещества. Эта система канализации разделена на потоки. В зависимости от вида и концентрации загрязняющих веществ, и включает следующие потоки[1]:

- нефтесодержащие воды. Источники: установки нефтеподготовки, подтоварные воды сырьевых парков, сливы с эстакад, сточные воды и загрязненный конденсат от промывочно-пропарочных станций;

- концентрированные сернисто-щелочные воды. Источники: установки промывки и обессоливания нефти – это растворы от защелачивания нефтепродуктов, сернисто-щелочные конденсаты;

- сточные воды производства синтетических жирных кислот (СЖК). Основные загрязнители: парафиновые углеводороды и органические кислоты;

- сточные воды нефтехимических производств, загрязненных растворенными органическими веществами. Например, это сточные воды производства этилена, пропилена и бутиловых спиртов;

-

воды, загрязненные минеральными кислотами и их солями, так называемые «кислые» сточные воды.

Это основные отдельные потоки, характерные для нефтеперерабатывающего предприятия. Некоторые потоки могут отсутствовать, силу того, что на заводе отсутствует производство, поставляющее сточные воды данного типа или, когда предусмотрено их совместное канализование.

Засоленные сточные воды, передаваемые во вторую систему канализования, могут после очистки сбрасываться на городские очистные сооружения (ГОС), после чего вместе с очищенными водами в водоем. Кроме того, глубокая очистка позволяет использовать эти сточные воды после очистки и подготовки повторно в производстве.

Очистку условно чистых ливневых сточных вод (канализация I системы) в настоящее время на российских предприятиях используют следующие схемы [1].

По первой схеме очистка сточных вод [3] происходит в нефтеловушках, прудах, флотаторах песчаных фильтрах и т.д. Далее, очищенная вода используется для подпитки оборотных систем закрытой теплообменной аппаратуры.

По второй схеме, наряду с сооружениями механической и физико-химической очистки, включены сооружения биологической очистки, а также, на некоторых предприятиях, установки доочистки сточных вод. Данная схема наиболее приоритетная, так как позволяет очищать сточные воды до уровня, не препятствующего к использованию на нужды самого производства и сброса на ГОС. С 2017 года сброс в водоемы сточных вод полностью запрещен.

Сооружения очистки сточных вод II системы канализования состоят из установок механической очистки, физико-химической очистки сернисто-щелочных стоков и установки биохимической очистки. Кроме того, для сильнозасоленных сточных вод в схему очистки могут быть включены установки деминерализации воды. Для увеличения глубины очистки от органических и

некоторых неорганических загрязнителей (от солей аммония), применяют до очистку очищенной сточной воды от взвешенных и растворенных органических примесей [2, 3].

Нефтесодержащие сточные воды на НПЗ характеризуются высоким содержанием солей и органических веществ.

Нефть, поступающая на установку для переработки, содержит воды до 1%, растворенных солей до 2000 мг/дм³, среди которых содержание растворимых хлоридов, примерно 50,0 мг/дм³. С таким содержанием хлоридов перерабатывать нефть не рекомендуется, ввиду высокой коррозионной опасности, поэтому, с целью снижения содержания хлористых солей до 3,0 мг/дм³ сырая нефть подвергается обессоливанию путем промывки на электрообессоливающей установке (ЭЛОУ) [2].

В блоке ЭЛОУ нефти обессоливается при двукратной промывке технической водой и затем отстаивается образовавшаяся эмульсия воды в нефти под действием переменного электрического поля, создаваемого переменным током высокого напряжения. На выходе с ЭЛОУ нефть содержит воды – 0,1 %, солей 3 – 4 мг/дм³. При этом технологические потери нефти при обессоливании составляют приблизительно 0,26 % масс. в результате уноса нефти со сбросными водами ЭЛОУ [2].

Кроме того, нефтепродукты содержатся и в поверхностных (талых и ливневых) сточных водах. Для очистки поверхностного стока на предприятии имеются очистные сооружения. Характеристика качественного и количественного состава вод, отводимых с территории НПЗ, приведена в таблице 1. Поверхностные стоки НПЗ содержат песок, взвешенные вещества различной природы, в том числе и нефтепродукты. Вследствие периодичности выпадения осадков и колебания их интенсивности, загрязненность поверхностных вод изменяется в широких пределах [16].

Таблица 1 - Характеристика сточных вод, отводимых с территории НПЗ [16]

Показатели	Ед. изм.	Талые воды	Ливневые воды
ХПК	мг/дм ³	920-910	255-985
БПК _{полн}	мг/дм ³	38-260	29-240
Содержание			
-нефтепродуктов	мг/дм ³	35-1280	10-50
-взвешенных веществ	мг/дм ³	310-3800	260-3730
-сухого остатка	мг/дм ³	320-730	300-640
-хлоридов (CL ⁻)	мг/дм ³	10-90	15-75
-сульфатов (SO ₄ ²⁻)	мг/дм ³	110-375	50-460
Общая жесткость	мг-экв/дм ³	3,4-6,4	3,6-6,75
Щелочность	мг-экв/дм ³	1,7-3,5	0,9-2,25
рН	Ед.рН	6,9-8,2	7-8,2

Усредненный состав сточных вод НПЗ, распределенных по двум системам канализации, приведен в таблице 2.

Таблица

2

Характеристика сточных вод НПЗ, после механической и физико-химической очистки

Показатели	Ед. изм.	I система	II система
ХПК	мг/дм ³	200-550	130-450
БПК _{полн}	мг/дм ³	90-310	90-270
Содержание			
-нефтепродуктов	мг/дм ³	15-50	15-45
-деэмульгатора	мг/дм ³	5-20	60-120
-механических примесей	мг/дм ³	30-100	30-150
-солей (общее)	мг/дм ³	10-90	15-75
-аммонийного азота	мг/дм ³	15-50	10-15

-фенолов	мг/дм ³	3-10	1-8
рН	Ед. рН	7-8,5	7-8,5

Сточные воды второй системы канализации содержат значительно больше загрязнений, в том числе и солей, чем стоки первой системы, и поэтому они не могут быть использованы для подпитки оборотных систем без предварительной очистки.

Поэтому, исходя из всего изложенного, основной задачей при подготовке нефти к переработке является не только снижение технологических потерь нефти при обессоливании, но и очистка сбросных вод от нефтепродуктов.

1.2 Способы очистки сточных вод НПЗ

На российских и зарубежных нефтеперерабатывающих заводах схема очистки сточных вод включает следующие ступени очистки:

- 1) механическая - очистка от грубодисперсных примесей (твердых и жидких);
- 2) физико-химическая - очистка от коллоидных частиц, обезвреживание сернисто-щелочных вод и стоков ЭЛОУ;
- 3) биологическая - очистка от растворенных примесей.

На некоторых предприятиях, работающих с дефицитом подпиточной воды, проводится доочистка биологически очищенных сточных вод физико-химическими методами, с последующим использованием очищенной воды в качестве подпиточной.

1.2.1 Механическая очистка сточных вод НПЗ

Механическая очистка один из самых простых методов очистки. Является основным и самым распространенным методом на большинстве НПЗ. На этапе механической очистки из сточных вод выделяются крупные примеси и взвеси, а также часть нефтепродуктов, в основном, тяжелых. Механическая очистка обеспечивает удаление взвешенных веществ из производственных сточных вод на 60-85%, в некоторых случаях до 95%. Задача механической очистки заключается в подготовке воды к дальнейшей физико-химической и биологической очистке.

Механическая очистка сточных вод осуществляется в различных механизированных разделителях, например, в песколовках, отстойниках, гидроциклонах, центрифугах, флотаторах и фильтрах.

Первыми сооружения, стоящими в узле механической очистки стоят песколовки

устройства для улавливания из потока поступающей воды взвешенных веществ минеральной природы и крупных частиц нефти.

Песколовки используются для задержания механических примесей размером 200-250 мкм, например, песок, окалина и пр. Отделение таких примесей обусловлено тем, что при дальнейшей очистке сточной воды, эти примеси ухудшают эксплуатацию очистных сооружений, образуют трудноудаляемые отложения и в целом могут ухудшать очистку, оказывая отрицательное влияние на качество очищенной воды. В основу принцип действия песколовки заложено изменение скорости движения твердых тяжелых частиц в потоке жидкости, за счет этого происходит их коалесценция и оседание.

По видам песколовки подразделяют на:

- горизонтальные (поток жидкости движется в горизонтальном направлении, с прямолинейным или круговым движением воды),

- вертикальные (поток жидкости движется вертикально вверх),

- песколовки с поступательно-вращательным (винтовым) движением воды. Винтовые песколовки различаются способом создания винтового движения (тангенциальные и аэрируемые).

Горизонтальная песколовка — это самая простая по конструкции и наиболее часто используемая, представляет собой резервуар с треугольным или трапециидальным поперечным сечением, глубина 0,25-1 м. Скорость движения потока не более 0,3 м/с.

У песколовок с круговым движением воды проточная часть в поперечном сечении имеет в верхней части прямоугольную форму, а в основании - треугольную со щелью внизу. Весь улавливаемый осадок проваливается через щель в осадочную часть, имеющую коническую форму, собирается в коническом днище, уплотняется и далее может быть отправлен на переработку или

и утилизацию. Используются такие песколовки при расходе сточной воды до $7000 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Вертикальные песколовки могут быть прямоугольной или круглой формы с конусной частью, в которую собирается осадок. Сбор и отвод воды осуществляется через кольцевой лоток. Движение потока сточной воды в них вертикальное восходящее, скорость $0,05 \text{ м/с.}$

Для сточных вод НПЗ характерно относительно невысокое содержание минеральных примесей, поэтому подбор и расчет оборудования ведется по степени очистки от нефтепродуктов. Производительность и размеры песколовков зависят от объема воды, время пребывания воды в песколовках регламентировано и принимается - пять минут [3]. Песколовки выполняют две основные функции - собирают пленку всплывающей нефти и задерживают минеральный осадок, состоящих из мусора и крупных взвешенных веществ.

Эффективность очистки нефтепродуктов в песколовках составляет примерно 75%, а удаление минеральных взвесей не превышает 25%.

Нефтеуловитель (или нефтеловушка) предназначены для более тонкой очистки воды от нефтепродуктов, а также от тонкодисперсных взвесей.

Нефтеуловитель - это отстойник, в котором одновременно происходит извлечение нефтепродуктов и удаляются механические примеси. Использование нефтеуловителей позволяет эксплуатировать трубопроводы и распределительных устройств различного назначения без излишнего обмасливания. Отсутствие нефтеловушки на входе в комплекс очистных сооружений отрицательно влияет на работу установок очистки сточных вод, не только для физико-химической очистки, но и биологической.

На рисунке 1.2 представлен типовой нефтеуловитель (Argel T [4]).

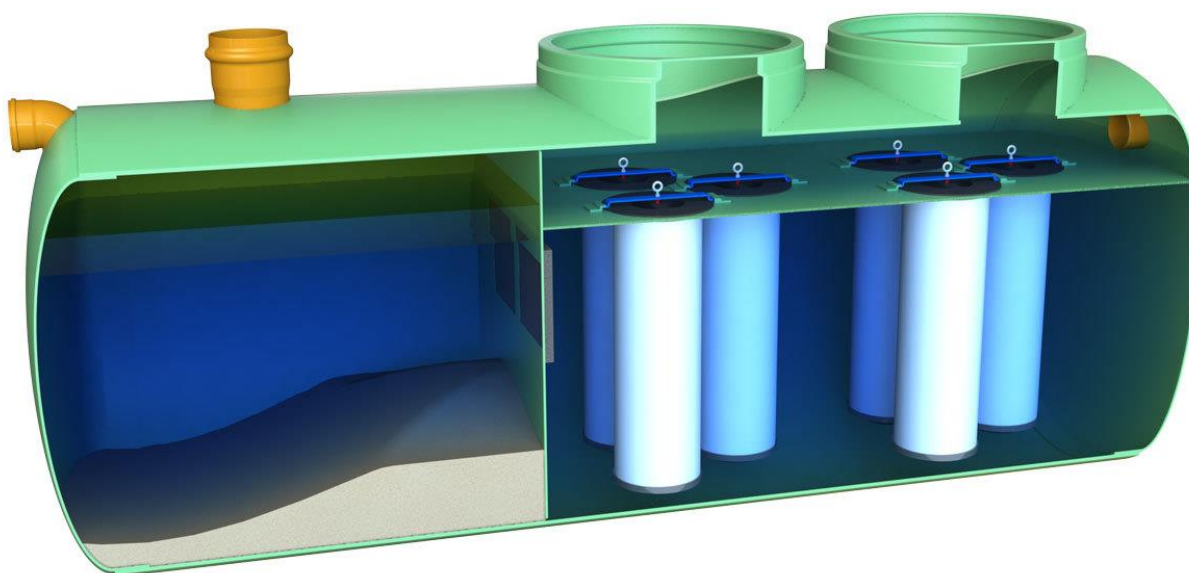


Рисунок 1.2 – Нефтеуловитель ArgelT

Представленный нефтеуловитель ArgelT – горизонтальная цилиндрическая емкость, которая разделена перегородками. Корпус выполнен из стеклопластика, а патрубки изготовлены из поливинилхлорида.

К преимуществам нефтеуловителя относится:

- не требуется нанесения антикоррозионной защиты, поэтому может использоваться для очистки воды, загрязненной различными агрессивными веществами;
- можно модифицировать различными насадками и регулировать степень очистки;
- прост в обслуживании и эксплуатации.

Эффективность очистки сточной воды в подобном нефтеуловителе приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Эффективность очистки нефтесодержащих сточных вод [4]

Показатель	Единица измерения	1 группа			2 группа		
		вход	выход	% очистки	вход	выход	% очистки
Взвешенные вещества	мг/дм ³	400	10	97,5	800	10	98,8

Нефтепродукты, не более	мг/дм ³	50	5	90	100	5	95
Специфические компоненты	мг/дм ³	Отсутствуют		-	Отсутствуют		-

Современные методы очистки позволяют совмещать песколовки и нефтеловушки в одном сооружении, благодаря тому, что загрязняющие вещества схожи по свойствам и отличаются только размерами, поэтому ведут себя аналогично при отстаивании.

Степень очистки сточных вод НПЗ от нефтепродуктов зависит:

- от объема образования сточных вод,
- от дисперсного состава эмульгированных нефтепродуктов.

Расчет и проектирование нефтеловушек производится с учетом двучасового пребывания сточной воды в аппарате [4, 3]. Содержание нефтепродуктов в сточной воде НПЗ, на выходе из нефтеловушки находится в пределах 15 - 200 мг/дм³, а в усредненном стоке, 100 – 150 мг/дм³. Несмотря на достаточно эффективное отстаивание, вода с такой концентрацией нефтепродуктов не может использоваться в производстве, а тем более, передаваться на сооружения биологической очистки. В водоемы сброс такой воды запрещен. Требуется её очистка.

Известно множество способов физико-химической очистки, которые используются или могут применяться в схемах очистки общего стока НПЗ, а также использоваться в схемах обработки локальных сточных вод технологических установок. Наиболее часто применяются такие методы, как коагуляция, электрокоагуляция, флокуляция и сорбция.

1.2.2 Теоретические основы очистки сточных вод отстаиванием

Отстаивание применяется для осаждения грубодисперсных примесей из сточных вод. Осаждение проходит под действием силы тяжести. Для осаждения используют следующее оборудование: песколовки, отстойники и освет

лители. Одновременно с отстаиванием в осветлителях проходит фильтрация сточной воды через слой взвешенных частиц [19].

Взвешенные частицы, содержащиеся в сточной воде, имеют различную форму и размер. Сточная вода, содержащая взвешенные вещества представляет собой полидисперсную гетерогенную агрегативно-неустойчивую систему. Изменение размера, плотности и формы частицы происходит в процессе осаждения, кроме того, изменяются и физические свойства системы. Также при смешивании разных сточных вод, имеющих отличающийся химический состав, в результате протекания химических реакций, могут образовываться твердые вещества. Аналогично действуют и добавляемые коагулянты. Такие явления оказывают существенное влияние на форму и размеры частиц взвешенных веществ. Это несколько усложняет выявление закономерностей процесса осаждения.

Сточные воды по своим физическим и химическим свойствам отличаются от чистой воды. Благодаря растворенным веществам сточные воды имеют более высокую плотность и вязкость. Вязкость и плотность сточных вод, имеющих в составе только взвешенные твердые частицы, равна:

$$\mu_c = \mu_0 \cdot (1 + 2,5 \cdot c_0) \quad (1.1)$$

$$\rho_c = \rho + \rho_{ТВ} \cdot (1 - \varepsilon) \quad (1.2)$$

Объемную долю жидкой фазы можно рассчитать по формуле:

$$\varepsilon = \frac{V_{ж}}{V_{ж} + V_{ТВ}} \quad (1.3)$$

где μ_c и μ_0 – динамическая вязкость сточной и чистой воды, Па·с;

c_0 – объемная концентрация взвешенных частиц, кг/м³;

ρ и $\rho_{ТВ}$ –

плотность соответственно чистой воды и твердых частиц, кг/м³;

ε – объемная доля жидкой фазы;

$V_{ж}$ и $V_{ТВ}$ – объем жидкой и твердой фаз в сточной воде, м³.

Скорость осаждения частиц ($w_{ос}$) является основным параметром при расчете отстойников. Скорость осаждения частиц зависит от режима течения

сточной воды через отстойник. Для ламинарного, переходного и турбулентного режимов скорость свободного осаждения шарообразных частиц можно считать по формуле:

$$Re_0 = \frac{Ar}{(18 + 0.6\sqrt{Ar})}$$

где $Re_0 = \frac{w_{oc} \cdot d_p}{\mu_0}$ – число Рейнольдса;

$$Ar = \frac{d^3 \cdot \rho^2 \cdot g \cdot (\rho_{ТВ} - \rho)}{\mu_0^2 \cdot \rho} - \text{критерий Архимеда}$$

d – диаметр частицы.

Для шарообразных частиц в формулы подставляем эквивалентный диаметр частиц:

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{V_q}{\pi}},$$

где V_q – объем частицы.

В процессе отстаивания сточных вод, как правило, наблюдается стесненное осаждение, которое сопровождается столкновением взвешенных частиц, трением между ними и изменением скоростей как больших, так и малых частиц за счет соударения. Скорость стесненного осаждения меньше скорости осаждения свободного, вследствие возникновения восходящего потока жидкости и большей вязкости среды.

Скорость стесненного осаждения шарообразных частиц одинакового размера можно рассчитать при ламинарном режиме по формуле Стокса с поправочным коэффициентом, учитывающим влияние концентрации взвешенных частиц и реологические свойства системы:

$$w_{oc} = \frac{d^3 \cdot R \cdot g \cdot (\rho_{ТВ} - \rho)}{\mu_0 \cdot 18}$$

$$R = \frac{\varepsilon \cdot \mu_0}{\mu_c}$$

Скорость осаждения полидисперсной системы – величина, носящая переменный характер, зависящая от времени нахождения в отстойнике, агломерации частиц. Скорость осаждения практическая может отличаться в несколько раз от теоретической скорости осаждения. Кроме того

о, частицы взвешенных веществ могут агломерироваться (слипаться). Слипание частиц зависит от концентрации, формы, размера и плотности осаждаемых частиц, а также от соотношения диаметра частиц и вязкости среды. Скорость осаднения от крупности осаждающихся частиц приведена на рисунке 1.3.

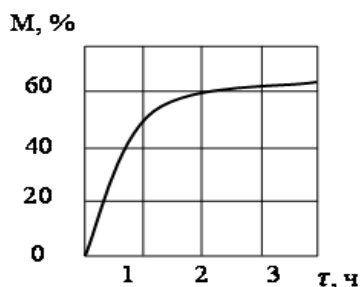


Рисунок 1.3 - Кинетика процесса осаднения

В процессе периодического осаднения взвешенные вещества в отстойнике распределяются неравномерно по высоте слоя сточных вод. Через какой-то промежуток времени после начала отстаивания в верхней части отстойника появляется осветленный слой жидкости. Чем ближе ко дну отстойника, тем больше концентрация взвешенных частиц в сточной воде, а у самого дна образуется слой осадка. Во времени высота слоя осветленной жидкости и высота слоя осадка возрастают за счет промежуточных слоев. Через определенный промежуток времени в отстойнике будут находиться только слой осветленной жидкости и слой осадка. В дальнейшем, если осадок не удалить, он будет уплотняться с уменьшением высоты.

1.2.3 Физико-химические методы очистки

Физико-химические способы очистки сточных вод предназначены для очистки от коллоидных и эмульгированных загрязнителей, концентрация которых в воде после механической очистки остаётся практически неизменной.

Нефтяные эмульсии, доля которых от 1 до 5% от общего загрязнения сточных вод НПЗ нефтепродуктами, образуются вследствие стабилизации капелек нефти в воде поверхностно-активными веществами, содержащимися в нефти, например, это нафтеновые и жирные кислоты, смолы, асфальтены и прочие, а также их растворимые соли. Эмульсии стабилизируют и минеральными солями. Эмульсии не улавливаются на сооружениях механической очистки и могут быть выделены из воды физико-химическими методами.

Для разрушения эмульсий применяют методы или их комбинацию:

- коагуляция;
- флотация;
- флокуляция.

1.2.3.1 Коагуляция

Коагуляцию используют для укрупнения за счет слипания дисперсных частиц, чтобы увеличить скорость осаждения взвешенных веществ и эмульгированных частиц. В процессе коагуляции при влиянии реагента – коагулянта, мелкодисперсные частицы слипаются, укрупняются и образуют агрегаты. Коагуляция наиболее эффективна для удаления взвешенных веществ и коллоидных частиц с размером от 1 до 100 мкм.

При добавлении реагентов – коагулянтов в сточную воду наблюдается интенсивное хлопьеобразование. Осаждение хлопьев происходит под действием силы тяжести.

Хлопьеобразование при коагуляции способствует параллельно протекающим процессам агрегирования и сорбции коллоидных частиц нефтепродуктов и солей, как органических, так и неорганических. Взаимное притяжение между хлопьями коагулянта и частицами примесей образуется за счет сил электростатического взаимодействия. В процессе коагуляции происходит нейтрализация зарядов (положительных и отрицательных) коллоидных частиц, вследствие этого они теряют стабильность.

Наиболее распространенный и часто применяемый в водоочистке коагулянт - сульфат алюминия - $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ [5]. Хорошо зарекомендовал себя в практике водоподготовки гидроксихлорид алюминия - $\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3(n-m)}$.

Кроме этих общеизвестных коагулянтов, на рынке РФ присутствуют огромное количество коагулянтов зарубежных фирм, таких как NALKO, CNF, HydroChem и прочие, а также реагенты российских производителей, таких как АО «Сорбент», ООО «Аквахим» и пр.

Несмотря на очистку от эмульгированных веществ, имеются и недостатки. К недостаткам реагентной очистки сточных вод относят:

- необходимость дозирования относительно больших доз коагулянта;
- в очищенной воде возрастает концентрация сульфат- и/или хлорид-ионов, что приводит к коррозии оборудования и трубопроводов;
-

в результате химического взаимодействия между взвешенными и эмульгированными веществами с коагулянтом образуется осадок, который необходимо обезвоживать и утилизировать.

Недостатки минеральных коагулянтов могут быть устранены высокомолекулярными флокулянтами органической или неорганической природы.

1.2.3.2 Электрокоагуляция

Разновидностью коагуляции является электрокоагуляция, которая как метод превращения примесей коллоидной степени дисперсности до грубодисперсного состояния основывается на множестве физико-химических процессов, протекающих в жидкости под действием электрического тока. Как и процесс коагуляции, процесс электрокоагуляции может протекать за счет энергетических изменений на границе раздела «частица-жидкость» и изменения кинетических факторов [6,7]. Для частиц с низкой устойчивостью ($\zeta < 20 \text{ мВ}$) кинетические факторы играют определяющую роль, для частиц с высокой устойчивостью ($\zeta > 20 \text{ мВ}$) требуется нарушение равно

весия на границе раздела с целью снижения заряда частиц, изменения толщины ДЭС или адсорбционно-сольватных слоев на поверхности.

По механизму протекания процесса электрокоагуляцию разделяют:

1. Электростатическая (поляризационная) коагуляция - диполь-дипольное взаимодействие коллоидных частиц за счет дальнедействующих сил притяжения, возникающих при наложении электрического поля.

2. Электрохимическая коагуляция - взаимодействие частиц при изменении их заряда или толщины слоя ДЭС за счет изменения физико-химических свойств раствора в межэлектродном объеме или приэлектродных слоях.

3. Электролитическая коагуляция - взаимодействие частиц при введении потенциалообразующих ионов металлов за счет электрохимического растворения электродов.

4. Гидродинамическая коагуляция - слипание частиц за счет увеличения числа их столкновений при перемешивании жидкости в электроореакторе. Перемешивание жидкости осуществляется как продуктами электрохимических реакции, так и за счет конструктивных приемов выполнения электродных систем.

5. Концентрационная коагуляция - увеличение числа столкновений частиц, приводящих к их слипанию, за счет повышения локальных концентраций частиц в межэлектродном объеме при их транспорте на электродах.

Основные проблемы, возникающие при использовании этого метода для очистки сточных вод, сводятся к поиску оптимальных условий равномерного растворения металлов и выбору дешевого и недефицитного материала для анода. В процессе обработки воды электрокоагулированием на катодах могут образовываться отложения карбонатов кальция и гидроокиси магния, а на анодах —

окисные пленки, что приводит к повышению напряжения, снижению выхода

по току газов и, в конечном счете, к снижению эффективности очистки. Устранить такое влияние можно используя специальные механические устройства для очистки поверхности электродов, проводя периодическую переполусовку (реверс тока), либо вводя реагенты для растворения карбонатов и окислов.

Большие возможности открываются перед электрофлотационной очисткой, которая в сочетании с электрокоагуляцией может дать высокий эффект очистки. Достоинством совмещения этих процессов является то, что конструктивно они решаются в одном аппарате, где в качестве материала анода используются растворимые электроды из различных сплавов и металлов. При этом отпадает необходимость в аппарате для получения коагулянтов, дозирующих устройствах [8].

1.2.3.3 Флокуляция

Флокуляция – процесс агрегации (слипания) взвешенных и эмульгированных веществ под влиянием реагента – флокулянта, который способствует интенсивному образованию и последующему осаждению хлопьев реагента. Добавление флокулянта в некоторых случаях позволяет уменьшить дозу коагулянта, увеличить скорость осаждения хлопьев.

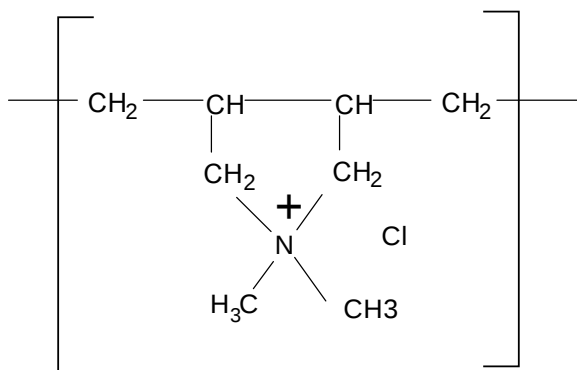
В практике очистки сточных вод НПЗ применяют природные и синтетические флокулянты. Например, природные органические флокулянты – это крахмал, целлюлоза, декстрин, эфиры; из неорганических флокулянтов наиболее распространен диоксид кремния с химической формулой $x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$.

Синтетические флокулянты – это полимерные вещества, полученные синтезом органических производных. К таким флокулянтам относится целая линейка полиакриламидов, отличающаяся различной степенью полимеризации, имеющая общую химическую формулу $[-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CONH}_2]_n$.

Очистка нефтесодержащих сточных вод флокуляцией проводится при рекомендуемой дозе ПАА (полиакриламид) в 0,75-1,5 мг/дм³ или подбирается индивидуально для каждой сточной воды на основании экспериментов.

Для сточных вод, содержащих нефть и нефтепродукты, получил широкое применение флокулянт ВПК-402 [9,10], который представляет собой водорастворимый полиэлектролит катионного типа марки ВПК-402, и является высокомолекулярным соединением линейно-циклической структуры. ВПК-402 получают путем полимеризации мономера диметилдиаллиламмонийхлорида. Эмпирическая формула элементарной ячейки ВПК-402: C₆H₁₆NCl.

Структурная формула элементарной ячейки ВПК-402: Молекулярная масса элементарной ячейки ВПК-402 – 161,7 по международным атомным массам [10].



Полиэлектролит ВПК-402 неограниченно растворим в воде, низких спиртах, растворах кислот и щелочей, негорюч, невзрывоопасен, малотоксичен, не имеет неприятного запаха. Внешний вид и физико-химическая характеристика полиэлектролита ВПК-402 приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Характеристика полиэлектролита ВПК-402 [5,9]

Наименование показателя	Норма
1 Внешний вид	Бесцветная до желтого цвета, однородная по консистенции жидкость без посторонних включений.
2 Массовая доля основного вещества, %, не менее	25
3 Массовая доля хлористого натрия, %, не более	10
4 Вязкость, мм ² /с (сСт), не менее	2
5 Водородный показатель, pH	5 – 8

ВПК адсорбируются на отрицательно заряженных частицах коллоидных загрязнений воды, связывая их в крупные хлопья. Эти реагенты хорошо поглощаются также дисперсными частицами углей, оксидов, бактериальных культур и других, вызывая их агрегацию. Часто при этом с помощью ВПК удается флокулировать мелкие частицы, которые не агрегируют в присутствии неионных или анионных полимеров [10].

Сточные воды НПЗ после коагуляции, необходимо подвергать дальнейшей очистке в отстойниках от взвешенных веществ. Наиболее эффективным методом очистки нефтесодержащих сточных вод, лишенным недостатков перечисленных методов, является флотация.

1.2.3.4 Флотация

Флотация – это процесс очистки сточных вод от грубо- и мелкодисперсных примесей, заключающийся в образовании комплекса «пузырек воздуха – частица», всплывании этих комплексов и удалении образующегося пенного слоя с поверхности обрабатываемой жидкости.

Прилипание частицы к поверхности газового пузырька возможно только тогда, когда наблюдается не смачивание или плохое смачивание частицы жидкостью.

Установки напорной флотации могут служить эффективным способом очистки сточных вод заводов по нефтепереработке от растворенных и эмульгированных нефтепродуктов [11]. На рисунке 1.4 представлена флотационная установка для очистки сточных вод[12].



Рисунок 1.4 – Установка напорной флотации

Этот метод применяется как для удаления из сточных вод эмульгированных и суспендированных примесей, которые плохо отстаиваются самопроизвольно (нефть и нефтепродукты, масла, ПАВ), как также для выделения ионов.

Флотация проводится с добавлением реагентов – флотореагентов, позволяющих увеличить эффективность очистки от эмульгированных нефтепродуктов. Как правило, это соли трехвалентного железа, которые подаются непосредственно в сточную воду перед флотатором.

Эффективность очистки от нефтепродуктов составляет 50-75% и на выходе с флотационной установки, концентрация нефтепродуктов д

50 мг/дм³. При превышении указанной концентрации нефтепродуктов, корректируют работу флотационной установки, меняя подачу воздуха, увеличивая кратность рециркуляции и пр. действия.

Достоинствами флотации являются:

- 1) непрерывность процесса;
- 2) широкий диапазон применения;
- 3) небольшие капитальные и эксплуатационные затраты;
- 4) простота аппаратуры;
- 5) селективность выделения примесей;
- 6) более высокая скорость процесса по сравнению с отстаиванием;
- 7) возможность получения шлама более низкой влажности (90-95 %);
- 8) высокая степень очистки (95-98 %);
- 9) возможность рекуперации удаляемых веществ.

1.2.4 Биохимические методы очистки

Полная биологическая очистка сточных вод – современный и эффективный способ предотвращения загрязнения водоемов от биологически разлагающихся органических и неорганических веществ. Сущность биологической очистки заключается в разложении содержащихся токсичных загрязняющих веществ до безопасных в результате жизнедеятельности и микроорганизмов [13]. Разложение загрязняющих веществ в процессе биологической очистки может происходить в аэробных или анаэробных условиях.

Аэробные процессы обычно используются для окисления загрязнений, остающихся в сточных водах после отстаивания, а именно: растворенных, коллоидных и тонкодиспергированных органических примесей, не выделившихся при отстаивании. Окисление осуществляется аэробными микроорганизмами в естественных (биологические пруды, поля орошения и поля фильтрации) условиях и на искусственных очистных сооружениях (аэротенки, био- и аэрофильтры). В аэротенках, окислительных прудах воспроизводятся проц

ессы самоочищения, протекающие в водоемах. Эффективность удаления органических веществ определяется технологическими особенностями очистных сооружений и выбором оптимальных условий для жизнедеятельности организма, характеризующимися оптимальной нагрузкой по органическим веществам, температурой, pH, количеством растворенного кислорода, отсутствием токсичных примесей и др. [14].

Анаэробная очистка состоит из двух фаз: закисленной и щелочной. В кислой фазе органические вещества под действием внеклеточных бактериальных ферментов гидролизуются до более простых веществ: белки – до пептидов и аминокислот, жиры – до глицерина и жирных кислот, углеводы – до простых сахаров. В дальнейшем образуются конечные продукты – органические кислоты. Во второй фазе образуется метан и угольная кислота [8, 14].

С помощью этого метода практически невозможно достичь полного разрушения органических загрязнений сточных вод из-за образования большого количества промежуточных продуктов брожения. Вследствие чего, на современных биологических установках – это первая ступень, подготавливающая сточную воду с высокой концентрацией органических загрязнений для последующей аэробной очистки. Благодаря использованию анаэробного метода, концентрация органических загрязнений понижается в 10 – 20 раз, что создает благоприятные условия для последующей аэробной очистки [8].

Сточные воды, прошедшие предварительную физико-химическую очистку, содержат еще достаточно большое количество растворенных, а в ряде случаев сильно диспергированных органических загрязнений. Поэтому дальнейшую очистку таких вод целесообразно проводить биохимическим методом. Задачей биохимической очистки производственных сточных вод является по возможности более полное превращение загрязнений, содержащихся

ащихся в сточной жидкости, в безвредные продукты окисления – воду, двуокись углерода, нитрат- и сульфат-ионы и т.д. Биохимическая очистка возможна только для производственных сточных вод, загрязненных веществами, которые могут быть окислены микроорганизмами. В первую очередь сюда относятся производственные сточные воды, содержащие всевозможные органические вещества. Для сточных вод, содержащих неорганические вещества, эти методы применяются только для очистки от сульфидов и аммониевых солей [14].

Биологическое окисление осуществляется сообществом микроорганизмов (биоценозом), включающим множество различных бактерий, простейших и ряд более высокоорганизованных организмов – водорослей, грибов и т.д., связанных между собой в единый комплекс сложными взаимоотношениями (метабиоза, симбиоза и антагонизма). Главенствующая роль в этом сообществе принадлежит бактериям, количество которых варьируется от 10^6 до 10^{14} клеток на 1 г сухой биомассы. Число родов бактерий может достигать 5 – 10, число видов – нескольких десятков и даже сотен. Такое разнообразие видов бактерий обусловлено наличием в очищаемой воде органических веществ различных классов [13].

Важная задача при биохимической очистке – обработка и утилизация избыточного активного ила. На предприятиях ГОС для предотвращения загнивания и возможности последующего использования как удобрения в сельском хозяйстве его подвергают сбраживанию в метантенках, а затем сушке. Но с избыточным илом промышленных предприятий так поступать нельзя, так как на активном иле сорбированы все вещества, присутствующие в исходной сточной воде [8].

1.2.5 Сорбционные методы очистки сточных вод нефтеперерабатывающих предприятий

Несмотря на очистку сточных вод нефтеперерабатывающих предприятий на 90-95 % от нефтепродуктов и эмульгированных органических веществ, Очистка сточных вод от нефтепродуктов не достаточна для повторного использования, либо для передачи городские очистные сооружения, поэтому необходимо проводить еще дополнительную очистку [17].

В последние годы на нефтеперерабатывающих предприятиях все чаще стали применять очистку сточной воды сорбентами. Основное достоинство сорбционной очистки — это относительно простая схема очистки, позволяющая получать воду заданного качества, при этом не усложняя технологические схемы очистки.

Сорбционный метод очистки сточных вод имеет свои преимущества, по сравнению с остальными методами[17]:

- адсорбции практически любых органических веществ из многокомпонентных смесей;
- высокая эффективность при невысоких концентрациях загрязнителей в сточных водах, по сравнению с другими методами очистки;
- вероятное извлечение из сточных вод растворенных веществ и их последующая утилизация;
- возможность использования очищенных сточных вод в системе оборотного водоснабжения промышленных предприятий[17].

Для достижения высокой степени очистки сточной воды сорбцией принимают во внимание следующие характеристики сорбентов параметры: соотношение размеров адсорбируемых молекул, пор сорбента, оптимальная темп

ратуры процесса, концентрация примесей в воде. Но для сокращения концентраций нефтепродуктов, играет многозначительную роль это- выбор сорбента. При его выборе большое внимание уделяется сорбционными характеристикам, а также стоимости и доступности сорбента.

В настоящее время для очистки сточных вод применяется более 200 сорбентов, которые условно делят на две группы: природные и искусственные [17].

Углеродные сорбенты искусственного происхождения находят все большее применение при очистке сточных вод от нефтепродуктов. Широкое распространение получило использование активированных углей, перлита, вспушенного и терморасширенного графита.

Таблица 1.3- Виды сорбентов, их преимущества и недостатки [17]

Тип сорбента	Пример	Достоинства	Недостатки
Природные сорбенты	Цеолиты, сапропели, торфы. <i>Новое направление:</i> древесные опилки, кора осины, шелуха гречихи, отходы оливкового масла.	Низкая стоимость сорбента	Угроза вторичного загрязнения из-за сорбентов, содержащих нефтепродукты.
Искусственные сорбенты	Волокнистые сорбенты, алюмосиликаты, перлит, стекловолно	Высокая степень очистки	Дорогая стоимость сорбента, некоторые виды малодоступны для небольших предприятий

На особом месте среди искусственных сорбентов находятся волокнистые сорбенты, поскольку в них содержатся свободные пространства внутри макромолекул сорбента, ограниченного узлами полимерных цепей, так называемых «окон», благодаря которым они способны удерживать большое количество нефтепродуктов. К таким сорбентам относятся целлюлоза, активированное углеродное волокно «АКВАЛЕН» (патент США N 5,521,008) [18].

Для большинства предприятий, в том числе и российских, интерес вызывают те сорбенты, которые являются отходами производств. Используя так

им образом отходы в качестве сорбентов, одновременно решаются две экологические проблемы: очистка загрязненной воды и утилизация отходов.

В качестве сорбентов нефтепродуктов широко используют отходы деревообрабатывающей и целлюлозной промышленности, растительные отходы, пакли, мох и лишайники. В некоторых случаях для доочистки сточной воды на НПЗ могут быть использованы активированные угли.

Для сбора остаточных нефтепродуктов принимают во внимание такие требования, как, высокое нефтепоглощение и водопоглощение, степень отжима нефти. В качестве сорбентов могут быть использованы вещества, приведенные в таблице 1.4.

Таблица 1.4

Свойства материалов для поглощения нефтепродуктов из сточных вод [17]

Сорбент	Нефтепоглощение, г/г	Водопоглощение, г/г	Степень отжима нефти%
Природные органические материалы			
Камышовая сечка: листья	6,1	4,6	31
Солома	4,1	4,3	36
Шелуха гречихи	3,5	2,2	44
Уголь измельченный	2	0,2	-
Кора сосны	0,3	0,8	0
Синтетические органические материалы			
Поролон листовой	35,2	25,9	75–85
Синтепон	47	56	96
Лавсан (волокно)	13,2	4,3–13,9	63–80
Смола карбаминоформальдегидная в виде кусков	23,3	0,1	0
Смола карбаминоформальдегидная в виде порошка	39,6	0,1	60
Пенополистирол в гранулах	9,2	4,4	0

Волокно	7,0–10,0	6,0–11,0	81–91
Полипропилен в гранулах	1,6	0,8	0
Неорганические материалы			
Никель вспененный	2,9	3,0	0
Стекловолокно	5,4	1,7	60
Модифицированный графит	40,0–58,3	0,5–9,0	10–66
Перлит	5,1–7,1	0,4	0
Базальтовое волокно модифицированное	37	0,4	28

Из таблицы 1.4 видно, при очистки сточных вод у каждого из приведенных сорбентов имеются преимущества, но, тем не менее отсутствует эталонный сорбент, который сочетал бы в себе как эффективность очистки и безопасность использования, так и отвечал бы экономическим ожиданиям.

При подборе эффективных сорбентов для очистки сточных вод, как правило, руководствуются следующими факторами: масштаб загрязнения, стоимость сырья для получения сорбента и плата за нанесенный экологический ущерб при сбросе сточных вод без очистки.

Одним из перспективных направлений для очистки сточных вод НПЗ является использование сорбентов на основе природных органических материалов. Такие сорбенты наносят минимальный ущерб окружающей среде, и в большинстве случаев способствуют решению проблемы утилизации отходов. Поэтому, использование современных методов очистки сточных вод на НПЗ, в том числе и использование сорбции различными сорбентами, способствует решению экологических проблем, связанных с очисткой и утилизацией отходов, что в свою очередь повышает безопасность жизнедеятельности и в будущем улучшает качество жизни человека.

1.2.6 Образование отходов при очистке сточных вод НПЗ и их обезвреживание

Практически на каждой стадии добычи и переработки нефти образуется множество отходов, которые в настоящее время, в большинстве своем, утилизируются путем переработки. При очистке нефтесодержащих сточных вод также образуются отходы – это шлам со дна нефтеловушки, всплывшие нефтепродукты и шлам от флотации.

Осадок нефтеловушки представляет собой маслянистую неоднородную пастообразную жидкость с включением минеральных частиц. Чтобы избежать забивания нефтеловушки, осадок из нее следует регулярно выгружать по установленному графику. Сначала замеряют количество осадка в нефтеловушке, при достижении регламентированного уровня шлама, включают механизмы для его удаления. Шлам удаляется на иловые площадки для обезвоживания. Удаление шлама происходит в среднем, 1-2 раза в смену.

Всплывшие нефтепродукты, сгоняются скребками к концу отстойной зоны нефтеловушки и через вторую щелевую поворотную трубу периодически и отводятся. Далее, нефтепродукты перерабатываются вместе с мазутом.

Эмульгированные нефтепродукты, содержащиеся в сточной воде в виде эмульсии масла в воде, далее поступают в напорный флотатор, где удаляются флотацией. При этом образующаяся на поверхности воды пена – флотошлам, собирается в сборник, дополнительно отстаивается и утилизируется вместе со всплывшими продуктами.

1.3 Очистка сточных вод от нефтепродуктов

В бытовом и техническом смысле под нефтепродуктами понимают любые продукты переработки нефти. На первоначальном этапе получения нефтепродуктов нефть разделяют на узкие фракции, выкипающие в заданных пределах. В промышленности фракционная перегонка нефти основывается на однократном испарении с последующей ректификацией (очисткой). В сырой нефти содержится много различных веществ, а выделить можно в индивидуальном виде только около 500 химических соединений, находящихся в разных агрегатных состояниях (газообразном, жидком и твердом).

Согласно ГОСТ 17.1.4.01-80 [15] под нефтепродуктами в поверхностных и сточных водах понимают неполярные и малополярные углеводороды (алифатические, ароматические, алициклические), составляющие главную и наиболее характерную часть нефти и продуктов ее переработки. То есть, согласно этому определению и необходимо очищать сточные воды от содержащихся в ней нефтепродуктах.

Кроме того, в соответствии с ГОСТ 17.1.4.01-80 выделяют нефтепродукты пленочные, растворенные и эмульгированные.

Под пленочными нефтепродуктами понимают нефтепродукты, находящиеся на поверхности водного объекта в виде тонкого, нередко мономолекулярного слоя (пленки). К растворенным нефтепродуктам относят нефтепродукты, находящиеся в водной толще в истинно растворенном состоянии. И наконец, эмульгированные нефтепродукты — это нефтепродукты, находящиеся в толще воды в виде тонкодисперсной эмульсии с размером частиц более 0,45 мкм. Как правило, эти все виды нефтепродуктов определяют суммарно при анализе сточных и природных вод.

Основные источники загрязнения водоемов — это, в основном, недоочищенные сточные воды промышленных предприятий.

Нефть и нефтепродукты, при попадании в водоемы, являются источниками следующих видов загрязнения: плавающей на воде нефтяной пленки, растворенных или эмульгированных в воде нефтепродуктов, осевшем на дне нефтяном шламе, так называемой тяжелой фракции и т.д. Из-за такой нагрузки снижается самоочищающаяся способность водоемов и вода становится токсичной и не пригодной для использования.

Для выделения пленочных нефтепродуктов применяют отстаивание в нефтеловушках-

наиболее распространенный метод механической очистки [2-4]. Этот метод не обеспечивает эффективной очистки, так как при его использовании не достигается полного удаления осадка и всплывающих нефтепродуктов. Кроме того, в зависимости от расхода обрабатываемого потока нефтесодержащих сточных вод эти сооружения имеют большие объемы и занимают большие производственные площади. С целью их сокращения применяют тонкослойное отстаивание [2,5,6]. Для увеличения производительности и эффективности типовой нефтеловушки, в нее помещают различные пластинчатые загрузки.

Однако, методом только одного отстаивания невозможно полностью очистить сточную воду до требований на сброс сточных вод ни в канализацию, ни в водоем. Степень очистки сточных вод отстаиванием не превышает 60-70 %. Более эффективным является использование процессов отделения взвешенных веществ и нефтепродуктов во флотаторах различных конструкций. Для очистки от эмульгированных нефтепродуктов используют напорную флотацию. Под давлением насыщают воздухом от 10 до 50 % загрязненной воды, которая смешивается с остальной водой в камере флотации.

Достоинствами флотации являются непрерывность процесса, невысокие капитальные и эксплуатационные затраты, простота аппаратного оформления, более высокая скорость процесса по сравнению с отстаиванием, достаточно высокая степень очистки. Кроме того, степень очистки можно повысить применением реагентов – коагулянтов и флокулянтов.

1.3.1 Особенности конструкций нефтеловушек

Решением поставленной задачи, снизить потери нефти при обессоливании и очистить сточные воды от нефтепродуктов, является включение в технологическую схему блока ЭЛОУ нефтеотделителя (или нефтеловушки).

Нефтеотделитель (нефтеловушка) - механическое устройство, которое применяется достаточно давно уже в практике очистки сточных вод от нефтепродуктов. Нефтеловушки представляют собой очистительные системы, главное предназначение которых - очистка производственных стоков от механических примесей и нефтепродуктов. В принцип работы этих сооружений очистки заложено использование гравитационных сил, то есть нефтесодержащие сточные воды очищаются отстаиванием.

Нефтеотделители условно делят на три типа по принципу действия:

1. Гравитационные нефтеловушки - ловушки, работающие по принципу отделения нефтепродуктов по разнице плотностей воды и нефти.

2. Сорбционные нефтеловушки. Поглощение нефтепродуктов за счет использования сорбента.

3. Коалесцентные нефтеловушки. В этом типе нефтеловушке используется коалесценция частиц нефтепродуктов при прохождении жидкости через коалесцентный модуль. Использование такого модуля в нефтеловушке позволяет увеличить эффективный рабочий объем или уменьшить габариты нефтеловушки.

Положительные результаты, достигаемые при использовании нефтеловушек для удаления нефтепродуктов:

- увеличение степени очистки сточных вод на выходе может достигать 95%;
- простота конструкции;

-
конструкция нефтеловушки может быть исполнена из стекловолокна, устойчивого к ударам и воздействиям агрессивной среды;

- простота в эксплуатации и экономичное обслуживание;

-
отсутствуют мобильные элементы в конструкции, что исключает необходимость их ремонта или замены;

-
простота в управлении процессом очистки даже при залповых сбросах нефте содержащих сточных вод;

-
возможность монтажа под землей, это позволяет экономить рабочее пространство;

-
статичность конструкции позволяет не укреплять путем бетонирования;

-
оборудована надежной системой защиты от утечки и потерь нефтепродуктов ;

-
относительно невысокая стоимость покупки и обслуживания нефтеловушек по сравнению с другими объектами очистных сооружений.

Эти все достоинства обуславливают популярность использования нефтеловушек в очистке сточных вод, содержащих нефтепродукты не только на НПЗ, но и на прочих производствах, где имеются нефтепродукты в сточных водах.

1.3.2 Принцип действия и конструкция горизонтальных гравитационных нефтеловушек

Наиболее распространены на предприятиях горизонтальные нефтеловушки, которые представляют собой большие резервуары с несколькими секциями, расположенными параллельно, и образованы они перегородками.

Из распределительной камеры, которая расположена отдельно, стоки, содержащие нефтепродукты, двигаясь по трубопроводам, просачиваются через щели в перегородках в каждую секцию нефтеловителя.

Очищенные от нефтепродуктов воды движутся к концу секции под затопленной стенкой, удерживающей нефть, и через водослив, попадают в специальный отводящий лоток, а оттуда уже в трубопровод.

В холодное время года, чтобы снизить вязкость нефти, проводят подогрев жидкости через змеевик.

Принципиальная схема нефтеловушки представлена на рисунке 2.1.

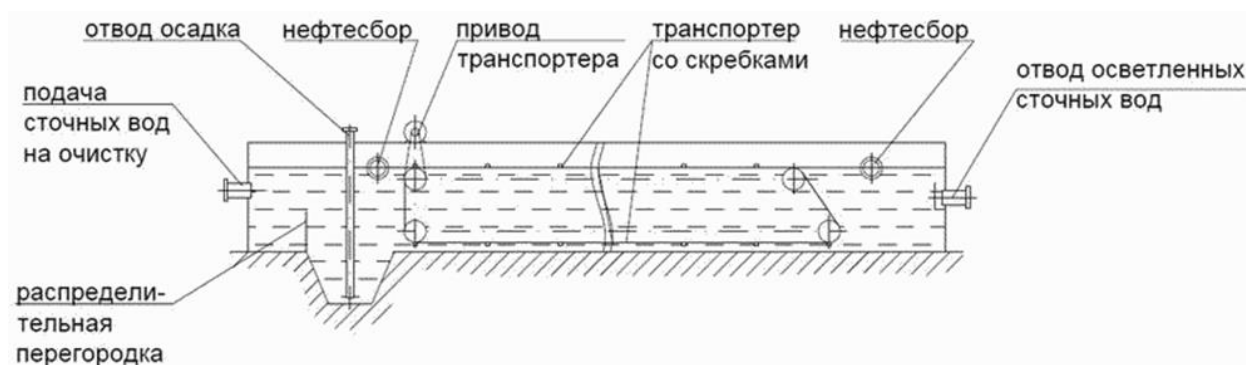
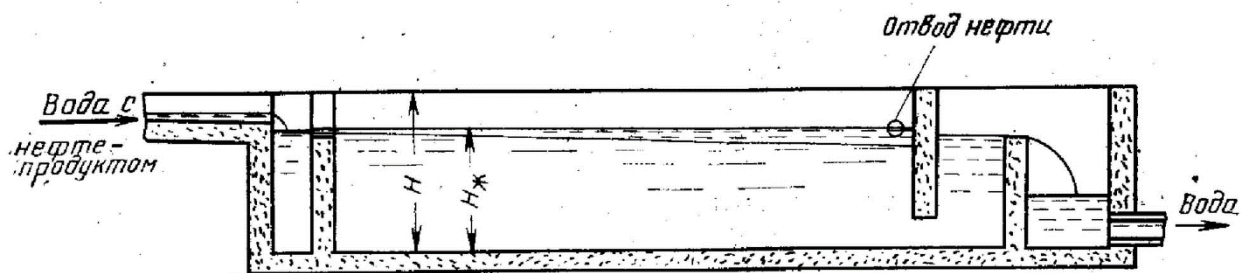


Рисунок 2.1 – Принципиальная схема нефтеловушки

Внешний вид нефтеловушек, устанавливаемых на предприятиях с много тоннажным производством, представлен на рисунке 2.2. Схема движения потока воды приведена на рисунке 2.3.



Рисунок 2.2 – Нефтеловушка, установленная на НПЗ



Рисунок

2.3

Схема потоков очищаемой и поступающей сточной воды, содержащей нефте продукты

1.3.3 Очистка сточных вод методом флотации

Флотация

-

физико-

химический метод очистки сточных вод от диспергированных и коллоидных включений. Флотацию часто применяют для очистки воды от органических веществ: нефти, масел и ПАВ. Благодаря этому флотация часто применяется для очистки сточных вод различных производств, имеющих замасленные сточные воды, например, НПЗ, автозаводов, автомоек, молочных и мясоперерабатывающих комбинатов.

В основном, флотацию применяют для удаления из сточных вод эмульгированных масел и нефтепродуктов, которые плохо отстаиваются или не отстаиваются совсем.

Очистка производственных сточных вод, содержащих ПАВ, нефть, нефтепродукты, масла и пр. материалы методом флотации заключается в образовании комплексов "пузырек-частица", затем их всплытие на поверхность в виде масляной пены и последующего удаления образовавшегося пенного слоя с поверхности обрабатываемой воды.

Уплотнение и разрушение пенного слоя может быть интенсифицировано нагреванием, добавкой специальных реагентов (флотореагентов) или с помощью специальных приспособлений брызгалок. Прилипание частиц, содержащихся в очищаемой воде, к поверхности газового пузырька возможно только в том случае, когда наблюдается несмачивание или плохое смачивание частицы жидкостью. Возможность образования комплекса "пузырек-частица" зависит от интенсивности их столкновения друг с другом, химического взаимодействия веществ, избыточного давления воздуха в сточной воде и т.п.

Возможность образования флотационного комплекса "пузырек-частица", скорость процесса и прочность связи, продолжительность существования комплекса зависят от природы частиц, а также от характера взаимодействия реагентов с их поверхностью и способности частиц смачиваться водой. При закреплении пузырька образуется трехфазный периметр – линия, ограничивающая площадь прилипания пузырька и являющаяся границей трех фаз: твердой, жидкой и газообразной. Касательная к поверхности пузырька (рисунок 2.4) в точке трехфазного периметра и поверхность твердого тела образуют обращенный в жидкость угол θ , называемый краевым углом смачивания[20].

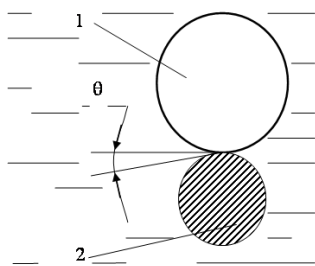


Рисунок 2.4 - Схема образования комплекса "пузырек-частица"

Смачивающая способность жидкости зависит от ее полярности, с возрастанием которой способность жидкости смачивать твердые тела слабеет. Внешним проявлением способности жидкости к смачиванию является величина ее поверхностного натяжения на границе с газовой средой, а также разность полярностей на границе жидкой и твердой фаз. Процесс флотации идет эффективно при поверхностном натяжении воды не более 60-65 мН/м. Степень смачиваемости водой твердых или газовых частиц, взвешенных в воде, характеризуется величиной краевого угла смачивания θ . Чем больше угол θ , тем более гидрофобна поверхность частицы, таким образом, увеличиваются вероятность прилипания к ней и прочность удержания на ее поверхности воздушных пузырьков. Такие частицы обладают малой смачиваемостью и легко флотируются. Большое значение при флотации имеют размер, количество и равномерность распределения воздушных пузырьков в сточной воде. Оптимальные размеры воздушных пузырьков 15-30 мкм, а максимальные 100-200 мкм.

Таким образом, процесс флотации заключается в следующем – при сближении в воде поднимающегося пузырька воздуха с твердой гидрофобной частицей разделяющая их прослойка воды при некоторой критической толщине прорывается и происходит слипание пузырька с частицей. Затем комплекс "пузырек-частица" поднимается на поверхность воды, где пузырьки собираются и возникает пенный слой с более высокой концентрацией частиц, чем в исходной сточной воде. Принципиальная схема работы флотатора представлена на рисунке 2.5 [21].

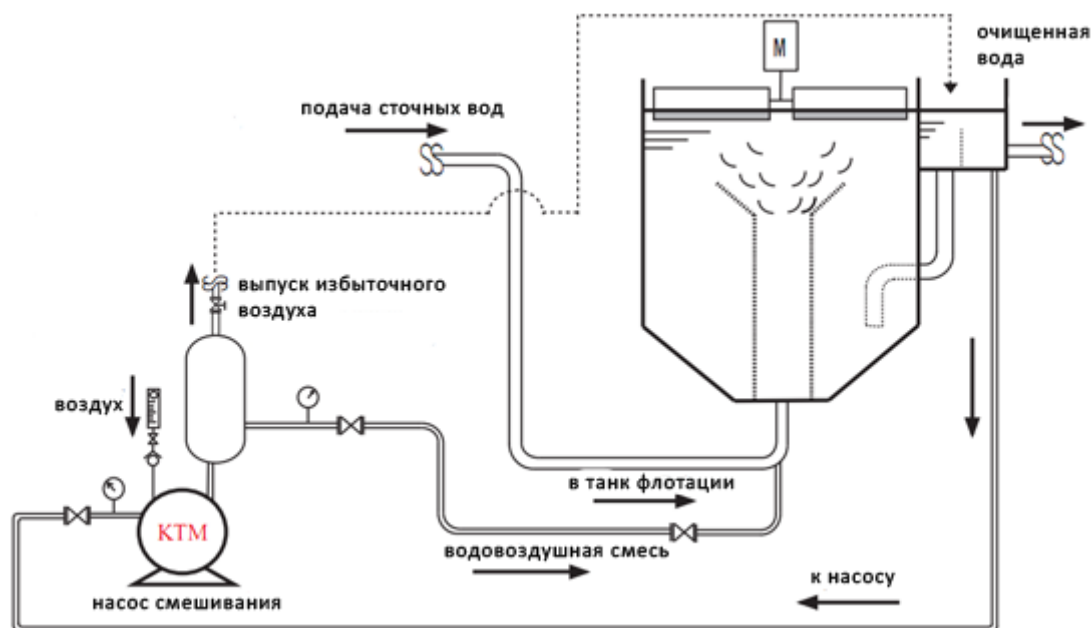


Рисунок 2.5 – Принципиальная схема работы флотатора

Работа флотатора достаточно проста. Сточная вода подается во флотатор по трубопроводу, в который врезан трубопровод подачи водовоздушной смеси. Водовоздушная смесь подается под давлением (напором) от 2 до 6 атм. При выходе из трубы в аппарат, происходит резкое падение давления и происходит выделение пузырьков воздуха, т.е. происходит флотация. Прилипание происходит при столкновении пузырька с частицей нефтепродуктов или при образовании пузырька из раствора при падении давления на поверхности частицы.

Улучшить процесс флотации можно добавкой поверхностно-активных веществ (ПАВ). ПАВ – реагенты, которые адсорбируются на частицах и снижают их смачиваемость, то есть придают частицам гидрофобность. В качестве реагентов-собирателей используют масла, жирные кислоты и их соли, меркаптаны, ксантогенаты, дитиокарбонаты, алкилсульфаты, амины и другие вещества. Увеличить гидрофобность эмульгированных частиц можно сорбцией молекул растворенных газов на их поверхность.

Энергия образования комплекса "пузырек-частица":

$$A = \sigma \cdot (l - \cos \theta), \quad (2.1)$$

где σ – поверхностное натяжение воды на границе с воздухом.

Для частиц, хорошо смачиваемых водой, θ стремится к нулю, следовательно, $\cos \theta$ стремится к единице, а значит, прочность прилипания минимальна. Для несмачиваемых частиц, наоборот, энергия образования комплекса "пузырек-частица" будет максимальной.

Эффект разделения флотацией зависит от размера и от количества пузырьков воздуха. При этом необходима высокая степень насыщения воды пузырьками или большое содержание газа в ней. Удельный расход воздуха снижается с повышением концентрации примесей, т.к. увеличивается вероятность столкновения и прилипания. Большое значение имеет стабилизация размеров пузырьков процессе флотации. Для этой цели вводят различные пенообразователи, которые уменьшают поверхностную энергию раздела фаз. К ним относят сосновое масло, крезол, фенолы, алкил-сульфаты натрия.

Вес частицы не должен превышать силы прилипания ее к пузырьку и подъемной силы пузырьков. Размер частиц, которые хорошо флотируются, зависит от плотности материала и равен 0,2-1,5 мм.

1.3.4 Принцип действия и конструкция напорных флотаторов

В практике очистки производственных сточных вод выработаны различные конструктивные схемы, приемы и методы флотации. Флотацию применяют для очистки сточных вод многих производств: нефтепереработка, целлюлозно-

бумажная промышленность, а также кожевенная, машиностроительная, пищевая и химическая. Флотацию используют для выделения активного ила после биохимической очистки. Флотация сопровождается аэрацией сточных вод, снижением концентрации ПАВ и легко окисляемых веществ, бактерий и мик

роорганизмов. Это способствует успешному проведению следующих стадий очистки.

Наиболее существенные принципиальные отличия способов флотации связаны с насыщением жидкости пузырьками воздуха определенной крупности. По этому принципу, можно выделить следующие способы обработки производственных сточных вод:

- флотация с выделением воздуха из раствора;

-

флотация с механическим диспергированием воздуха (импеллерные, безнапорные и пневматические флотационные установки);

- флотация с подачей воздуха через пористые материалы;

- электрофлотация;

- биологическая и химическая флотация.

Флотационные установки могут состоять из одного или двух отделений (камер). В однокамерных установках в одном и том же отделении происходят одновременно насыщение жидкости пузырьками воздуха и всплывание флотирующихся загрязнений. В двухкамерных установках, состоящих из приемного и отстойного отделений, в первом отделении происходят образование пузырьков воздуха и агрегатов "пузырек-частица", а во втором – всплывание шлама (пены) и осветление жидкости.

В очистке сточных вод НПЗ чаще всего применяется флотация с механическим диспергированием воздуха и в практике очистки сточных вод используют напорные и импеллерные флотаторы.

На рисунках 2.6 и 2.7[22]представлен промышленный напорный флотатор, используемый для маслосодержащих сточных вод.



Рисунок 2.6 – Напорный флотатор в закрытом помещении[22]



Рисунок 2.7 – Напорный флотатор[22]

Оборудование данного типа флотаторов состоит: из повысительного насоса, компрессора (или эжектора), сатуратора (ёмкость, предназначенная для насыщения воздухом очищаемой воды), а также устройства для ввода подготовленной водовоздушной смеси. На установке данного типа можно применять реагенты разных типов: коагулянты и флокулянты [22].

Особенности напорных флотаторов данного типа:

- ✓ Компактность, более высокая удельная производительность (в 1,3-1,5 раза).
- ✓ Установки изготовлены из металла, могут быть в полностью герметичном исполнении (снижается загазованность помещения).
- ✓ Размещаются над полом на раме, обеспечивая самотечный отвод задержанных загрязнений и осветленной воды.

Кроме того используют радиальные флотаторы различных типов. На рисунках 2.8 и 2.9 [22] представлены радиальные флотаторы, расположенные на открытой площадке и в закрытом помещении.



Рисунок 2.8 –
Радиальный напорный флотатор на открытой производственной площадке [22]



Рисунок 2.9 -

Радиальный напорный флотатор на закрытой производственной площадке [22]

Принцип работы радиальных напорных флотаторов состоит в том, что по патрубку забора циркуляционной воды насосом под давлением 6-6,5 бар вода подаётся на сатуратор. Одновременно из компрессора в сатуратор поступает воздух под давлением 7-9 бар. Грязная вода подаётся в центральную часть флотатора вместе с водовоздушной смесью. Вода смешивается и распределяется по всему объёму флотатора, в котором происходит декомпрессия водовоздушной смеси, во время которой выделившиеся пузырьки налипают к частицам загрязнителей, и всплывают на поверхность, образуя пенную «шапку». Пена удаляется спиралеобразным скребком-улиткой. Флотошлам транспортируется в центральную часть ячейки и отводится в трубопровод. Осевшие вещества убираются донным скребком, направляются во встроенные приемки, откуда удаляются с флотошлагом в ёмкость для сбора флотопены и осадка.

Также на предприятиях НПЗ применяют импеллерный флотатор, внешний вид которого приведен на рисунке 2.10 [22].



Рисунок 2.10 – Импеллерный флотатор [22]

Для приготовления рабочей смеси используется механический диспергатор, обеспечивающий вовлечение, дробление, смешение воздуха и воды. Установки позволяют работать с реагентами более эффективно за счёт улучшенной компоновки механизмов внутри аппарата. Процесс очистки ведётся в объёме сооружения без применения выносного оборудования.

2. Объект и методы исследования

Нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность (НХП) на сегодняшний день одни из крупнейших загрязнителей окружающей среды. Предприятия нефтяной отрасли оказывают негативное влияние на экологическую обстановку практически во всех регионах РФ, при этом загрязняется атмосферный воздух, водные объекты и почвы.

Сточные воды НПЗ – достаточно сложная система, состоящая из растворимых и нерастворимых, в том числе и эмульгированных, загрязнителей.

Откуда берутся сточные воды на НПЗ? Нефти, поступающие с нефтепромыслов, содержат до 2 % воды и до 0,5 % солей. Однако для переработки пригодна нефть, в которой не более 0,0005 % солей и 0,1 % воды. Поэтому нефть, поступающая на НПЗ, вначале подвергается обезвоживанию и обессоливанию на специальных электрообессоливающих установках (ЭЛОУ)[24].

В сырую нефть добавляют воду, затем разделяют образовавшуюся эмульсию в две ступени:

- первая - термическое отстаивание при 75-80 °С;

-

вторая - разрушение эмульсий и обезвоживание с использованием деэмульгаторов ОП-7, ОП-10 и др.

Вода, отделившаяся на установках ЭЛОУ, отводится в специальную сеть канализации. В ней содержатся *соли, нефть, сернистые соединения* и другие вещества, находящиеся в сырой нефти в виде примесей.

Эффективная и качественная очистка сточных вод НПЗ – необходимое условие для передачи сточных вод за территорию предприятия с целью сохранения чистоты природных водных объектов. Однако на существующих очистных сооружениях не всегда удается достичь необходимого кач

ества очистки[25]. Среди основных причин неэффективной работы очистных сооружений можно выделить следующие:

- не полное соответствие технологии очистки составу сточных вод;
- отсутствие или неэффективность сооружений локальной очистки;
-
- неудовлетворительная и некорректная эксплуатация очистных сооружений;
-
- физический износ оборудования сооружений механической и биологической очистки;
- применение устаревших технологий очистки сточных вод;
-
- отсутствие материальных и человеческих ресурсов у предприятия для модернизации;
-
- отсутствие мотивации для повышения эффективности очистки сточных вод.

С такими сточными водами НПП и НХП попадают в водоемы нефтепродукты, взвешенные вещества, соли, органические соединения, фенолы, аммонийный азот и другие загрязняющие вещества[24].

В таблице 2.1 представлены усредненные данные по загрязнению сточных вод НПЗ РФ [25, 26].

Таблица

2.1

—

Сведения по загрязнению сточных вод НПЗ (усредненные данные)[26].

Загрязнители сточных вод	Содержание, мг/дм ³	
	Очищенная СВНПЗ	ПДН для водоёмов
Нефтепродукты	7,9	0,05
Фенолы	1,3	0,01
Хлорид-ион	540	300
Сульфат-ион	146	100
Взвешенные вещества	7,9	-
ХПК	1230	15
БПК ₅	64	3
Аммонийный азот	52	0,39

НПП и НХП, кроме того, отличаются от прочих, высоким уровнем водопотребления. Расход подпиточной воды для целей производства зависит от профиля предприятия, глубины переработки нефти и объема производства. Расход оборотной воды в закрытых теплообменных системах водоснабжения может составлять сотни миллионов м³ воды в год, и удельное количество свежей технической воды может достигать 2,5 м³ на 1 т перерабатываемой нефти [27].

Как было написано ранее (раздел 1), на НПЗ имеется несколько систем канализования, имеющих свои коллекторы и свои подходы и методы очистки. Однако в данной работе поставлена цель – увеличить эффективность очистки сточных вод НПЗ от нефтепродуктов, которые являются токсичными компонентами сточных вод.

Нефть и нефтепродукты способны образовывать воздухонепроницаемую пленку на поверхности воды, что препятствует ее аэрации. Растворенные и эмульгированные нефтепродукты при концентрации в воде 0,05 мг/дм³ придают воде неприятный привкус. Нефтепродукты могут переходить в донные отложения, накапливаться в илах, и благодаря этому, будут являться постоянным источником загрязнения воды. Кроме того, нефтепродукты хорошо сорбируются водными организмами, затем по пищевой цепочке накапливаются в теле рыб, тем самым, отравляя их, и делают их не пригодными для употребления в пищу [28].

Нефтепродукты, как правило, нерастворимые загрязнители. Нерастворимые загрязнители необходимо удалять механическим способом – отстаиванием. Отстаивание – эффективный процесс для удаления грубодисперсных примесей. Основным оборудованием, используемым на данном этапе, являются нефтеловушки. Дальнейшие процессы очистки зависят от того, насколько хорошо прошло отстаивание в нефтеловушке.

Поэтому, для повышения качества очистки промышленных и сточных вод НПЗ от нефтепродуктов, необходимо разработать схему модернизации о

чистных сооружений НПЗ и выполнить проектные расчеты и подбор оборудования модернизированного участка.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе рассматривается исследование процесса очистки сточных вод НПЗ от нефти.

Объектом исследования является сточная вода, загрязненная нефтью.

Предмет исследования – повышение качества очистки сточной воды от нефти путем отстаивания и последующей флотации.

Обоснование целесообразности проведения исследовательских работ является целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» [53].

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

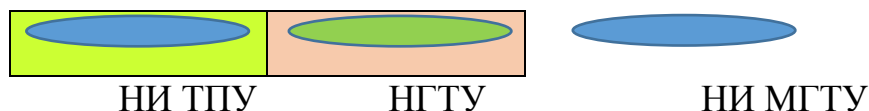
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

По результатам проведенного сегментирования рынка были определены основные сегменты, а также выбраны наиболее благоприятные. Основные сегменты рынка приведены на рисунке 5.1.

Профиль	Вид услуги
---------	------------

	Проектирование	Мониторинг	Оптимизация
Нефтехимический			
Коксохимический			
Химический			

Рисунок 5.1 - Карта сегментирования рынка услуг



Таким образом, наиболее благоприятным сегментом и направлением для исследования было выбрано исследование очистки нефтесодержащих сточных вод для НИ ТПУ.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок и технологий, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой вид анализа помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реально оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущей оптимизации. Анализ конкурентных решений проводят с помощью оценочной карты (таблица 5.2).

Таблица

5.2

-

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентноспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности	0,15	4	3	2	0,6	0,45	0,3
2. Удобство в эксплуатации	0,05	3	3	3	0,15	0,15	0,15
3. Энергоэкономичность	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
4. Надежность	0,08	5	3	3	0,4	0,24	0,24

5. Безопасность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
6. Простота эксплуатации	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,11	4	3	3	0,44	0,33	0,33
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	1	2	2	0,05	0,1	0,1
3. Цена	0,08	4	3	3	0,32	0,32	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
5. Финансирование научной разработки	0,08	3	5	4	0,24	0,40	0,32
6. Срок выхода на рынок	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
7. Наличие сертификации разработки	0,05	1	3	3	0,05	0,15	0,15
Итого	1				3,83	3,59	3,28

Б_{к1} - РХТУ им. Д.И. Менделеева,

Б_{к2} - Институт проблем нефти и газа РАН, г. Москва.

Рассматриваемые в проекте решения имеют наиболее высокий коэффициент конкурентоспособности в сравнении с конкурентами.

5.1.3 SWOT-анализ

SWOT

Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) — представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 5.3

Таблица 4.3 - Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Решение экологической проблемы С2. Наличие квалифицированного персонала, имеющего опыт работы в данной области. С3. Заявленная экономичность и энергоэффективность. С4. Внедрение новых узлов оборудования и совершенствования технологических процессов.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Низкий уровень заработной платы для молодых специалистов. Сл2. Устаревшее оборудование. Сл3. Высокая степень износа оборудования. Сл4. Повышение цен у поставщиков. Сл5. Высокий уровень цен
Возможности: 1. Спрос на добычу нефти, в силу истощения запасов 2. Небольшое количество конкурентов.	Сильные стороны и возможности: С1. Эффективное использование ресурсов производства. С2. Оптимизация количества посредников за счет постоянных и проверенных поставщиков. С3. Поддержание увеличения спроса и выхода на новые рынки сбыта. С4. Рециклинг очищенной сточной воды в производство, экономия свежей технической воды	Слабые стороны и возможности: Сл1. Создание эффективной системы мотивации и стимулирования для сотрудников. Сл2. Нарботка и укрепление конкурентных преимуществ продукта. Сл3. Модернизация оборудования. Сл4. Внедрение технологии Сл5. Увеличение численности обслуживающего персонала
Угрозы: 1. Увеличение уровня налогов. 2. Повышение требований к качеству продукции.	Сильные стороны и угрозы: С1. Применение оптимальной налоговой политики. С2. Внедрение системы менеджмента качества. С3. Выбор оптимального потребителя и заключение договорных отношений. С4. Модернизация производства.	Слабые стороны и угрозы: Сл1. Понижение цен на добываемую продукцию Сл2. Выбор оптимального потребителя и заключение договоровных отношений. Сл3. Закупка оборудования Сл4. Доставка оборудования к месту эксплуатации Сл5. Большой срок доставки оборудования и комплектующих, используемых для реализации проекта

Выявим соответствие сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Данные

соответствие или несоответствие помогут выявить потребность в проведении стратегических изменений. Для этого построим интерактивные матрицы проекта (таблицы 5.4 – 5.7).

Таблица 5.4 - Интерактивная матрица возможностей проекта

Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	-	+	-
	B2	-	+	+	-

Таблица 5.5 - Интерактивная матрица возможностей проекта

Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	+	+	-	-	-
	B2	+	+	-	-	-

Таблица 5.6 - Интерактивная матрица угроз проекта

Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	+	+	+	+
	У2	+	+	-	-

Таблица 4.7 - Интерактивная матрица угроз проекта

Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	+	-	-	-
	У2	-	+	+	-	-

5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

На данном этапе составляем морфологическую матрицу для исследования процесса очистки сточной воды от нефти.

Таблица 5.8

Морфологическая матрица для методов исследования очистки сточной воды НПЗ от нефти

	1	2	3
А. Мет	Определение экстрагируемых веществ	Определение нефтепродуктов	Определение механических примесей

од ис сл ед ов ан ия			
ха ра кт ер ис ти ки	Б. Определения содержания экстрагируемых веществ путем экстракции из загрязненной воды органических примесей и последующем гравиметрическом определении	Определение содержания нефтепродуктов путем расщепления экстрагированных веществ в неполярном растворителе с хроматографическим завершением анализа.	Определение взвешенных веществ путем фильтрования сточной воды через фильтр и высушивания при 105 ⁰ С до постоянной массы

5.3 Планирование научно-исследовательских работ

5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят дипломирующийся, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) ВКР. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Сначала составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведем распределение исполнителей по видам работ.

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб б	Содержание работ	Должн ость исполн ителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, Дипломник
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Дипломник
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических исследований, изучение литературы	Дипломник
	6	Построение и проведение экспериментов	Руководитель, Дипломник
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Дипломник
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, Дипломник
1	2	3	4

Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	10	Сбор информации по охране труда	Дипломник
	11	Оформление результатов по охране труда	Дипломник
	12	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Дипломник
	13	Оформление экономической части работы	Дипломник
Оформление отчета по НИР (комплект документации по ОКР)	14	Составление пояснительной записки	Руководитель, Дипломник

5.3.2 Определение трудоемкости работ

Трудоемкость выполнения проекта оценивается экспертным путем в человеко-

днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{minі} + 2 \cdot t_{maxі}}{5} \quad (5.1)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{ч_i} \quad (5.2)$$

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

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

$ч_i$ – —

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

Продолжительность выполнения работ находится в таблице 5.10.

4.3.3 График проведения научного исследования

График проведения научного исследования приведен в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Календарный план выполнения проекта

	Наименование этапа	Кол-во человек	Продолжительность работ, дней			Т р и д не й
			t _{min}	t _{max}	t _{ож}	
1	2	3	4	5	6	7
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1	1	1	1
2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломант	2	2	2	2
3	Выбор направления исследований	Руководитель, Дипломант	1 2	1 5	1 3	1 3
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Дипломант	1 4	1 10	1 7	1 7
5	Проведение теоретических исследований, изучение литературы	Дипломант	3	8	6	6
6	Построение и проведение экспериментов	Руководитель, Дипломант	1 3	1 5	1 4	1 4
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Дипломант	3	5	4	4
8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	6	6	6	6
9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, Дипломант	10 3	12 5	11 4	11 4
1	Сбор информации по охране труда	Дипломант	3	5	4	4
1	Оформление результатов по охране труда	Дипломант	3	5	4	4
1	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Дипломант	2	4	3	3

1	Оформление экономической части работы	Дипло	2	4	3	3
1	Составление пояснительной записки	Руков ель, Дипло	1 9	1 14	1 12	1 12
1	Всего дней	Руков ель, Дипло				22 56

Таблица 5.11– Календарный план проекта

№	Наименование этапа	человек	дни	апрель	апрель	апрель	май	май	май	июнь
				с 1 по 10	с 11 по 20	с 21 по 30	с 1 по 10	с 11 по 20	с 21 по 31	с 1 по 10
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1							
2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник	2							
3	Выбор направления исследований	Руководитель, Дипломник	1 3							
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Дипломник	1 7							
5	Проведение теоретических исследований, изучение литературы	Дипломник	6							
6	Построение и проведение экспериментов	Руководитель, Дипломник	1 4							
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Дипломник	4							
8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	6							
9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, Дипломник	11 4							
10	Сбор информации по охране труда	Дипломник	4							
11	Оформление результатов по охране труда	Дипломник	4							
12	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Дипломник	3							
13	Оформление экономической части работы	Дипломник	3							
14	Составление пояснительной записки	Руководитель, Дипломник	1 12							

	Руководитель
	Дипломник

5.3.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;

-

затраты на специальное оборудование для научных и/или экспериментальных работ;

- основная заработная плата исполнителей работы;

- дополнительная заработная плата исполнителей работы;

- страховые отчисления;

- затраты на научные и производственные командировки;

- накладные расходы и пр.

5.3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при выполнении проекта.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{расхi} \quad (5.3)$$

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, м² и т.д.);

$Ц_i$

—

цена

приобретения

единицы

i -

го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, приведены в таблице 5.12

Таблица 5.12 – Материальные затраты

Наименование затрат	Ед.измер.	Количество			Цена за ед., руб			Затраты на материалы (Зм), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Дистиллированная вода	л	1	1	1	150	150	150	150	150	150
Хлороформ	л	1	-	2	192	-	192	192	-	384
н-гексан	л	2	1	-	248	248	-	496	248	-
Бумага	шт.	100	100	100	2	2	2	200	200	200
Ручки	шт.	2	2	2	20	20	20	40	40	40
Итого								1078	638	774

5.3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В этой статье включены все расходы, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для выполнения работ, связанных с выполнением проекта, приведены в таблице 5.13.

Таблица 5.13

Расчет бюджета затрат на приобретение специального оборудования для проведения научных работ

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Всего
1	Экстрактор	1	5875,8	5875,8
2	Набор химической посуды	1	35000	35000
3	Вентилятор	1	900	900
4	Эл.плитка	2	1000	2000
5	Сушильный шкаф	1	83000	83000
6	Итого			126775,8

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

5.3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИТИ, (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада:

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} \quad (5.4)$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12 – 20 % от $З_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($З_{\text{осн}}$) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (5.5)$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 5.11)

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (5.6)$$

где $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

В таблице 5.14 приведен баланс рабочего времени каждого работника НИТИ.

Таблица 5.14 –Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
Календарное число дней	140	140	140	140
Количество нерабочих дней				
выходные дни:	16	16	16	16
праздничные дни:	6	6	6	6

Потери рабочего времени отпуск:	0	0	0	0
невыходы по болезни:	0	0	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	118	118	118	118

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} \quad (5.7)$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 - 0,5;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, для Томска равный 1,3.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 5.15.

Таблица 5.15 – Расчет основной заработной платы

Категори я	$З_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб	$T_{\text{р}}$, дней	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель							
ППСЗ	25420	0,35	1,3	54526	1848	7,7	14229,6
Бакалавр							
ППС1	13542	0,35	1,3	29048	985	35,8	35263,0
Консультант ЭЧ							
ППС2	20652	0,35	1,3	44299	1502	3,6	5407,2
Консультант СО							
ППС3	20652	0,35	1,3	44299	1502	3,6	5407,2

Общая заработная исполнителей работы приведена в таблице 5.16.

Таблица 5.16 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$З_{\text{осн}}$, руб.	$З_{\text{доп}}$, руб	$З_{\text{зп}}$, руб.
Руководитель	14229,6	2845,9	17075,5
Бакалавр	35263,0	7052,6	42315,6
Консультант ЭЧ	5407,2	1081,4	6488,6
Консультант СО	5407,2	1081,4	6488,6

5.3.4.4 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:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (5.8)$$

где $k_{\text{доп}}$ — коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

5.3.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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 этих отчислений определяется по формуле (5.8):

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (5.9)$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 № 212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. Однако на основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды приведены в таблице 5.17.

Таблица 5.17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	14229,6	2845,9
Бакалавр	35263,0	7052,6
Консультант ЭЧ	5407,2	1081,4
Консультант СО	5407,2	1081,4
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,30	
Итого:	21710,5	

5.3.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование графических материалов, оплата услуг связи, электроэнергии, транспортные расходы и т.д.

Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 4) \quad (5.10)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов $k_{\text{нр}}$ допускается взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы на данные НТИ составляют 27148 руб.

5.3.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 5.18.

Таблица 5.18 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	1078	638	774	Таблица 5.12
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	126775,8	126775,8	126775,8	Таблица 5.13
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	60307	60307	60307	Таблица 5.15
4. Затраты по дополнительной заработной плате и исполнителей темы	12061,3	12061,3	12061,3	Таблица 4.16
5. Отчисления во внебюджетные фонды	21710,5	21710,5	21710,5	Таблица 4.17
6. Накладные расходы	35509,22	35438,82	35460,58	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	257441,82	256931,42	257089,18	Сумма с т. 1- 6

Как видно из таблицы 5.18 основные затраты НТИ приходятся на затраты для приобретения специального оборудования.

5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Расчет интегрального показателя

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (5.11)$$

Где $I_{\text{фин.р}}^{\text{исп}i}$ - интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп}1} = \frac{257441,82}{257441,82} = 1$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп}2} = \frac{256931,42}{280000} = 0,92$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп}3} = \frac{257089,18}{267801,2} = 0,96$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (5.12)$$

Где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 5.19 - Сравнительная оценка вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметр а	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность	0,1	4	4	4

2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	2	3
3. Срок службы	0,15	3	3	5
4. Ремонтопригодность	0,20	5	3	4
5. Надёжность	0,25	4	4	4
6. Материалоёмкость	0,15	3	4	5
Итого	1	3,9	3,35	4,15

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{фин.р}} \quad (5.13)$$

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп.1}}{I_{фин.р}} = \frac{3,9}{1} = 3,9$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп.2}}{I_{фин.р}} = \frac{3,35}{0,92} = 3,64$$

$$I_{исп.3} = \frac{I_{p-исп.3}}{I_{фин.р}} = \frac{4,15}{0,96} = 4,32$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 5.20) и выбрать наиболее приемлемый вариант. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (5.14)$$

$$\text{Исп.1 } \mathcal{E}_{ср} = \frac{3,9}{3,9} = 1$$

$$\text{Исп.2 } \mathcal{E}_{ср} = \frac{3,9}{3,64} = 1,07$$

$$\text{Исп.1 } \mathcal{E}_{ср} = \frac{3,9}{4,15} = 0,94$$

Таблица 5.20 - Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,92	0,96
2. Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,9	3,35	4,15
3. Интегральный показатель эффективности	3,9	3,64	4,15
4. Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,07	0,94

Заключение: в ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были определены финансовый показатель разработки, показатель ресурсоэффективности, интегральный показатель эффективности и, на основании сравнительной эффективности вариантов исполнения, оптимальным был выбран вариант исполнения 1: исследование процесса очистки сточных вод НПЗ от нефти для НИ ТПУ.

В ходе выполнения данной части выпускной работы была доказана конкурентоспособность данного технического решения, был произведен SWOT - анализ. Также был посчитан бюджет НИИ равный 257441,82 руб., основные затраты приходятся на затраты для приобретения специального оборудования.

