

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) Отделение химической инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы

Разработка схемы очистки сточных вод от нефтепродуктов

УДК 628.316.12:665.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д53	Павлович Лидия Ивановна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Юрьев Егор Михайлович	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения ОД ШБИП	Романова Светлана Владимировна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Кузьменко Е.А.	К.Т.Н.		

Томск – 2020 г.

Запланированные 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»**

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
3-2Д53	Павлович Лидия Ивановна

Тема работы:

Разработка схемы очистки сточных вод от нефтепродуктов

Утверждена приказом директора (дата, номер)	59-83/с от 28.02.2020 г.
---	---------------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	19 мая 2020 г.
--	-----------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объекты исследования:
<p><small>(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.).</small></p>	<p>определение нефтепродуктов в сточной воде флуориметрическим методом анализа, а также разработка схемы для очистки сточных вод от нефтепродуктов. Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод на анализаторе жидкости «Флюорат-02» (М 01-05-2012) ПНД Ф 14.1:2:4.128-98. Максимальный расход сточных вод — 31 м³/ч. Содержание нефтепродуктов в сточных водах получено в ходе выполнения работы.</p>

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(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).</i></p>	<p>Введение.</p> <p>Сточные воды: происхождение, состав, показатели качества. Сточные воды химической и нефтяной промышленности. Методы очистки сточных вод от нефтепродуктов, механическая очистка, физико-химическая очистка, химическая очистка, биологическая очистка. Конструирование аппаратов для очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты. Заключение.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Технологическая схема очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты (типовая). 2. Конструкция основного аппарата очистки сточных вод. 3. Профиль концентраций нефтепродуктов в сточных водах в объеме аппарата.
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Рыжакина Татьяна Гавриловна, доцент, кандидат экономических наук</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Романова Светлана Владимировна, старший преподаватель отделения ОД ШБИП</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p> <p>_____</p>	

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д53	Павлович Л.И.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д53	Павлович Лидия Ивановна

Институт	Электронного обучения	Кафедра	ТОВПМ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

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

<i>1. Стоимость ресурсов проекта: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Бюджет затрат НИИ 4355 руб.; Размер основной заработной платы руководителя проекта 44888,0 руб.; Размер основной заработной платы дипломника 24357,1 руб.</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Число календарных дней в году – 365; Продолжительность выполнения проекта – 78 дней; Дополнительная заработная плата – 15% от основной; Районный коэффициент – 30%; Премимальный коэффициент – 30%; Накладные расходы – 16% от суммы всех расходов.</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Социальные отчисления – 27,1%;</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала проекта</i>	<i>Проанализировать конкурентные технические решения.</i>
<i>2. Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>Составить SWOT-анализ.</i>
<i>3. Планирование процесса управления проектом: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Структура работ в рамках НИИ. Определение трудоемкости работы. Разработка графика проведения НИИ. Бюджет НИИ. Расчет материальных затрат НИИ. Расчет заработной платы исполнителей НИИ.</i>
<i>4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Расчет интегральных финансовых показателей, интегральных показателей эффективности разработки. Сравнительная эффективность НИИ.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИИ
4. График проведения и бюджет НИИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д53	Павлович Лидия Ивановна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д53	Павлович Лидия Ивановна

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

Тема ВКР: «Разработка схемы очистки сточных вод от нефтепродуктов»	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследование-нефтепродукты в сточной воде. Область применения – очистка промышленных сточных вод.
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.	Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	- повышенная температура поверхностей оборудования ; - острые кромки, заусенцы и шероховатости на поверхностях заготовок, инструментов, оборудования; - повышенный уровень статического электричества; - химические опасные и вредные производственные факторы; - повышенная или пониженная влажность воздуха; - повышенный уровень шума на рабочем месте; - недостаточная освещенность рабочей зоны.
3. Экологическая безопасность:	- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);

	– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы).
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	К чрезвычайным ситуациям относят в лаборатории можно отнести: - пожар; - стихийные бедствия; - социальные конфликты.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель отделения ОД ШБИП	Романова Светлана Владимировна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д53	Павлович Лидия Ивановна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 101 страницу, 19 рисунков, 23 таблицы, 58 источников литературы.

Ключевые слова: аэротенк, реактор идеального смешения, сточные воды, нефтепродукты, эффективность очистки.

Объектом исследования являлось содержание нефтепродуктов в сточной воде и аппарат для его снижения. Определение нефтепродуктов в сточной воде проводится флуориметрическим методом анализа. Разработка конструкции аппарата для микробиологической очистки производится с применением метода математического моделирования.

Цель работы: определение содержания нефтепродуктов в воде и конструирование аппарата для его снижения.

В ходе выполнения поставленной цели были решены следующие задачи:

- 1) Изучены основные методы очистки нефтесодержащих сточных вод;
- 2) Изучена методика проведения количественного химического анализа для определения состава нефтесодержащих сточных вод;
- 3) Определен состав нефтепродуктов в сточной воде;
- 4) Выявлены наиболее эффективные методы очистки сточных вод от нефтепродуктов;
- 5) С использованием метода математического моделирования разработана конструкция аппарата для микробиологической очистки сточных вод.

Работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Сокращения, обозначения

Данная работа содержит следующие обозначения и сокращения:

НТИ – научно-технического исследования;

БПК - биохимическое потребление кислорода;

ХПК – химическое потребление кислорода;

аПАВ - анионно-поверхностно-активные вещества;

ПДК – предельно-допустимая концентрация;

РИС – реактор идеального смешения;

ЧС – чрезвычайная ситуация.

Оглавление

Введение.....	13
1 Сточные воды: происхождение, состав, классификация, показатели качества.....	14
1.1 Сточные воды и её состав.....	14
1.2 Показатели качества сточных вод.....	15
2 Сточные воды химической и нефтяной промышленности.....	19
3 Методы очистки сточных вод от нефтепродуктов.....	21
3.1 Механическая очистка.....	21
3.2 Физико-химическая очистка.....	31
3.3 Химическая очистка.....	34
3.4 Биологическая очистка.....	35
3.5 Технологическая схема очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты.....	37
4 Экспериментальная часть.....	40
4.1 Определение содержания нефтепродуктов в сточной воде.....	40
4.1.1 Отбор и регистрация проб.....	41
4.1.2 Подготовка проб и посуды к анализу.....	42
4.1.3 Проведение анализа, оформление результатов.....	43
4.1.4 Методики измерений массовой концентрации органических веществ.....	43
4.1.5 Анализ по результатам определения органических веществ.....	48
4.2. Разработка конструкции аппарата для микробиологической очистки сточных вод.....	49
4.2.1. Расчет начальной концентрации кислорода в воде.....	52
4.2.2. Начальная концентрация нефтепродуктов.....	54
4.2.3. Определение константы скорости реакции окисления.....	54
4.2.4. Объемный расход сточной воды и объем жидкой фазы в аппарате.....	56
4.2.5. Математическое моделирование цилиндрического реактора для микробиологической очистки сточных вод.....	56

4.2.6. Конструктивные размеры реактора.....	59
4.2.7. Расчет объемного коэффициента массопередачи кислорода.....	59
4.2.8. Выбор перемешивающего устройства.....	61
4.2.9. Удельный расход воздуха.....	62
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	64
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	64
5.2 Планирование научно-исследовательских работ. Структура работ в рамках научного исследования.....	68
5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	73
6 Социальная ответственность.....	82
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности...82	
6.2 Профессиональная социальная безопасность.....	84
6.3 Экологическая безопасность.....	90
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	91
Заключение.....	94
Список использованных источников.....	96

Введение

Основными источниками загрязнений нефтепродуктами являются добывающие предприятия, нефтебазы, хранилища нефтепродуктов, автозаправочные комплексы и станции. Объемы отходов нефтепродуктов, скопившиеся на отдельных объектах, составляют десятки и сотни тысяч кубометров. Бурное развитие промышленности вызывает необходимость предотвращения отрицательного воздействия производственных сточных вод на водоемы [1].

Опасными загрязнителями сточных вод являются нефтепродукты – группа углеводородов нефти, мазута, керосина, масел. Неизбежные отходы производства должны поступать в окружающую среду в форме и концентраций, безвредных для жизни. Особенно это относится к водным ресурсам [2].

В настоящее время защита окружающей среды от нефтесодержащих сточных вод – одна из главных задач. Мероприятия, направленные на очистку воды от нефти, помогут сберечь определенные количества нефти и сохранить чистые воздушный и водный бассейны. На земном шаре много воды, но чистой пресной воды очень мало [3].

В связи с этим целью данной дипломной работы является усовершенствование методов очистки сточных вод.

1 Сточные воды: происхождение, состав, показатели качества

1.1 Сточные воды и её состав

Сточные воды - атмосферные воды и осадки, к которым относятся талые и дождевые воды, а также воды от полива зеленых насаждений, отводимые в водоёмы с территорий промышленных предприятий и населённых мест через систему канализации или самотёком, свойства которых оказались ухудшенными в результате деятельности человека.

В составе сточных вод выделяют две основных группы загрязнителей

- консервативные, которые с трудом вступают в химические реакции и практически не поддаются биологическому разложению (примеры таких загрязнителей соли тяжёлых металлов, фенолы, пестициды);

-неконсервативные, которые могут в том числе подвергаться процессам самоочищения водоёмов.

В состав сточных вод входят как неорганические (частицы грунта, руды и пустой породы, шлака, неорганические соли, кислоты, щёлочи), так и органические (нефтепродукты, органические кислоты), в том числе биологические объекты (грибки, бактерии, дрожжи, в том числе болезнетворные) [4].

Основными веществами, загрязняющими воду, являются:

- Нефть и нефтепродукты;
- Поверхностно-активные вещества;
- Кислоты и щелочи;
- Пестициды и гербициды;
- Загрязнители атмосферы (за счет осадения);
- Загрязнители почвы (за счет вымывания);
- Органические вещества;
- Ядохимикаты;
- Горюче-смазочные материалы [4].

1.2 Показатели качества сточных вод.

Состав сточных вод и их свойства оценивают по результатам химического анализа, включающего наряду со стандартными химическими тестами ряд физических, физико-химических и санитарно-бактериологических определений.

Сложность состава сточных вод и невозможность определения каждого из загрязняющих веществ приводят к необходимости выбора таких показателей, которые характеризовали бы определенные свойства воды без идентификации отдельных веществ.

Полный химический анализ предполагает определение следующих показателей, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Показатели качества сточных вод.

№ п/п	Показатель	Нормативный документ	Метод определения	Аналитическая форма определяемого вещества
1	Содержание взвешенных веществ, мг/дм ³	Природоохранные нормативные документы федеративные (ПНД Ф) 14.1:2:4.254-09	гравиметрический	Взвешенные/прокаленные и взвешенные вещества
2	Сухой остаток, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.114	гравиметрический	Сухой остаток
3	Биохимическое потребление кислорода (БПК), мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.123-97 Центр исследования и контроля воды (ЦВ) 3.01.16-01 «А»	Титриметрический (йодометрия)	Йод, пошедший на вытеснение окисленных соединений марганца
4	Химическое потребление кислорода (ХПК), мг/дм ³	ЦВ 3.01.17-01 «А»	Титриметрический	Остаточное содержание бихромата калия

5	Аммоний-ионы, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.209-05	фотометрический	Комплекс NH ₄ ⁺ с гипохлоритом натрия и салицилатом натрия в присутствии нитропруссиды натрия
6	Нитрат-ион, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4-95	фотометрический	Комплекс с салициловой кислотой
7	Нитрит-ион, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:3-95	фотометрический	Красно-фиолетовой дiazosоединение с - нафтиламином
8	Сульфат-ион, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.159- 2000	фотометрический (турбидиметрия)	Суспензия сульфата бария
9	Хлорид-ион, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.111-97	Титриметрический (меркуриметрия)	Хлорид ртути
10	Фосфор общий и фосфор фосфатов, мг/дм ³	Государственный стандарт (ГОСТ) 18309-2014 (метод В)	фотометрический	Фосфорно-молибденовый комплекс синего цвета
11	Железо общее, железо (III), железо (II), мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.50-96	фотометрический	Комплекс железа с сульфосалициловой кислотой
12	Хром (VI), хром общий, мг/дм ³	ГОСТ 31956-2012 (метод А)	фотометрический	Окрашенное комплексное соединение, образующееся в результате реакции 1,5- дифенилкарбазида с бихромат-ионами
13	Никель, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.202-03	флуориметрический	Извлечение хлороформом внутрикомплексного соединения Ni с - фурилдиоксимом
14	Фенолы, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.182-02	флуориметрия	Извлечение фенолов из воды бутилацетатом,

				реэкстракция их в водный раствор NaOH
15	Нефтепродукты, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.128-98	флуориметрия	Экстракция гексаном из пробы воды
16	Водородный показатель, ед. рН	ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97	потенциометрия	ЭДС электродной системы стеклянный электрод – электрод сравнения
17	Анионно- поверхностно- активные вещества (аПАВ) , мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.158-2000	флуориметрия	Экстракт ионных пар АПАВ с красителем акридиновым желтым хлороформом
18	Жесткость общая, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.98- 97 ГОСТ 31954-2012 (метод А)	титриметрия	Комплексные соединения трилона Б с ионами Ca ²⁺ и Mg ²⁺ и щелочно- земельными элементами
19	Щелочность общая, щелочность свободная, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:3:4.245- 2007	титриметрия	Титрование щелочи раствором сильной кислоты
20	Активный хлор, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.113-97	титриметрия	Выделение йода при реакции с иодидом калия
21	Алюминий, мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.181-02	флуориметрия	Комплекс Al с люмогаллионом в среде ацетатного буфера

Полученные результаты сравнивают с Постановлением Правительства РФ № 644 от 29.07.2013 (ред. От 26.07.2018) г. в которых оговорено допустимое и нормальное присутствие в воде макро- и микроэлементов, солей, природных веществ и прочего. Если количественные величины примесей, минералов и солей попали в разрешенный СанПиН диапазон, тестируемый образец можно считать пригодным для бытовых, промышленных целей. Аналогично оцениваются сточные воды. Если их физико-химический и токсический состав соответствует установленным нормам, то очищенную

системой загрязненную жидкость можно выбрасывать в окружающую среду. Она не станет причиной ее загрязнения и отравления людей. По каждому виду вод разработаны свои критерии оценки и нормы.

Контроль качества воды следует проводить не только предприятиям, но и людям, использующим водопроводную, колодезную и скважинную воду. По результатам теста можно с легкостью определить, какие системы фильтрации и очистки будут наиболее эффективны.

2 Сточные воды химической и нефтяной промышленности.

Сточные воды, образующиеся на предприятиях химических и нефтяных производств, а также стоки, отводимые с территории промышленных предприятий, можно разделить на три категории:

- производственные сточные воды (использованные в технологическом процессе производства или образующиеся при добыче полезных ископаемых);

- бытовые стоки (от санитарных узлов производственных и непромышленных корпусов и зданий, а также от душевых установок, имеющих на территории промышленных предприятий);

- атмосферные стоки (дождевые и образующиеся от таяния снега).

Производственные сточные воды можно подразделить на два основных вида: незагрязненные и загрязненные.

Незагрязненные производственные сточные воды поступают от холодильных, компрессорных, теплообменных аппаратов. Кроме того, такие стоки образуются при охлаждении технологического оборудования и продуктов производства

Загрязненные производственные сточные воды содержат различные примеси, такие стоки могут быть загрязнены преимущественно органическими или преимущественно минеральными примесями.

Производственные сточные воды можно различать также по физическим свойствам, например, по температуре кипения: кипящие при температуре ниже 120 °С, 120-250 °С и выше 250 °С (в зависимости от свойств содержащихся в них примесей).

По степени агрессивности сточные воды разделяют на:

- слабоагрессивные (слабокислые, рН 6-6,5 и слабощелочные, рН 8-9);
- сильноагрессивные (сильнокислые, рН < 6 и сильнощелочные, рН > 9);
- неагрессивные (рН 6,5-8).

По концентрации загрязняющих веществ:

- слабо-загрязненные (с содержанием примесей 1 - 500 мг/л);

- средне-загрязненные (с содержанием примесей 500 – 5000 мг/л);
- сильно-загрязненные (с содержанием примесей 5000 - 30000 мг/л);
- опасные (с содержанием примесей более 30000 мг/л).

по токсическому действию и действию загрязнителей на водные объекты:

- содержащие вещества, влияющие на общесанитарное состояние водоёма (напр., на скорость процессов самоочищения);
- содержащие вещества, изменяющие органолептические свойства (вкус, запах);
- содержащие вещества, токсичные для человека и обитающих в водоёмах животных и растений [5].

Для формирования состава производственных сточных вод большим компонентом сточных вод нефтеперерабатывающих предприятий является нефть, нефтепродукты. Состав сточных вод зависит также от технологического процесса, состава исходных компонентов, промежуточных продуктов, выпускаемых продуктов, состава исходной воды, местных условий и от других факторов.

На различных предприятиях даже при одинаковых технологических процессах состав производственных сточных вод, режим водоотведения и удельный расход на единицу выпускаемой продукции будут неодинаковы.

3 Методы очистки сточных вод от нефтепродуктов

Выбор метода очистки сточных вод предприятий зависит от многих факторов: количество сточных вод различных видов, их расходы, экономическая целесообразность извлечения примесей из сточных вод, требования к качеству очищенной воды при ее использовании для повторного и оборотного водоснабжения и сброса в водоем, мощность водоема, наличие районных или городских очистных сооружений.

Очистка нефтесодержащих сточных вод должна обеспечивать:

- максимальное извлечение ценных примесей для использования их по назначению;

- применение очищенных сточных вод в технических процессах;

- минимальный сброс сточных вод в водоем.

Для очистки сточных вод от нефтепродуктов применяют:

- механические;

- физико-химические;

- химические;

- биологические методы.

Из механических практическое значение имеют отстаивание, центрифугирование и фильтрование; из физико-механических - флотация, коагуляция и сорбция; из химических - хлорирование и озонирование [6].

3.1 Механическая очистка

Механическую очистку сточных вод от нефтепродуктов применяют преимущественно как предварительную. Механическая очистка обеспечивает удаление взвешенных веществ из бытовых сточных вод на 60 - 65%, а из некоторых производственных сточных вод на 90 - 95%. Задачи механической очистки заключаются в подготовке воды к физико-химической и биологической очисткам.

Механическую очистку проводят для выделения из сточной воды находящихся в ней нерастворенных грубодисперсных примесей путем процеживания, отстаивания и фильтрования [7].

Для задержания крупных загрязнений и частично взвешенных веществ применяют процеживание воды через различные решетки и сита. Для выделения из сточной воды взвешенных веществ, имеющих большую или меньшую плотность по отношению к плотности воды, используют отстаивание. При этом тяжелые частицы оседают, а легкие всплывают.

Сооружения, в которых при отстаивании сточных вод выпадают тяжелые частицы, называются песколовками.

Сооружения, в которых при отстаивании загрязненных промышленных вод всплывают более легкие частицы, называются в зависимости от всплывающих веществ жироловками, маслоуловителями, нефтеловушками и другие.

Фильтрование применяют для задержания более мелких частиц. В фильтрах для этих целей используют фильтровальные материалы в виде тканей (сеток), слоя зернистого материала или химических материалов, имеющих определенную пористость. При прохождении сточных вод через фильтрующий материал на его поверхности или в поровом пространстве задерживается выделенная из сточной воды взвесь [8].

Механическую очистку как самостоятельный метод применяют тогда, когда осветленная вода после этого способа очистки может быть использована в технологических процессах производства или спущена в водоемы без нарушения их экологического состояния. Во всех других случаях механическая очистка служит первой ступенью очистки сточных вод [7].

Песколовки

Песколовки предназначены для выделения механических примесей с размером частиц 200 - 250 мкм. Необходимость предварительного выделения механических примесей (песка, окалины и др.) обуславливается тем, что при отсутствии песколовков эти примеси выделяются в других очистных сооружениях и тем самым усложняют эксплуатацию последних.

Принцип действия песколовки основан на изменении скорости движения твердых тяжелых частиц в потоке жидкости.

Песколовки делятся на горизонтальные, в которых жидкость движется в горизонтальном направлении, с прямолинейным или круговым движением воды, вертикальные, в которых жидкость движется вертикально вверх, и песколовки с винтовым (поступательно-вращательным) движением воды. Последние в зависимости от способа создания винтового движения разделяются на тангенциальные и аэрируемые.

Самые простейшие горизонтальные песколовки представляют собой резервуары с треугольным или трапецеидальным поперечным сечением. Глубина песколовков 0,2 - 1 м. Скорость движения воды в них не превышает 0,3 м/с.

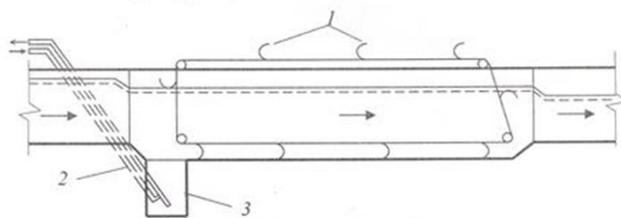


Рисунок 1 – Горизонтальная песколовка: 1- цепной скрепковый механизм; 2- гидрозелеватор; 3- бункер.

Песколовки с круговым движением воды изготавливаются в виде конического днища, откуда его направляют на переработку или отвал. Применяются при расходах до 7000 м³/сут.

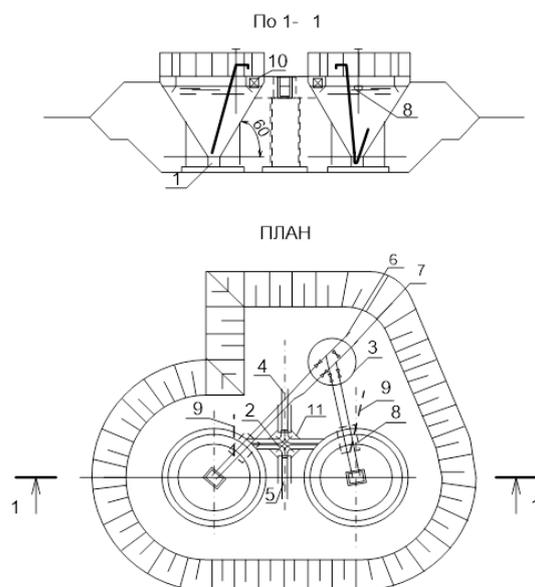


Рисунок 2 - Горизонтальная песколовка с круговым движением воды: 1 - гидроэлеватор; 2 - щитовой затвор; 3 - камера переключения; 4 - подводящий лоток; 5 - отводящий лоток; 6 - пульпопровод; 7 - трубопровод рабочей воды; 8 - устройство для сбора нефти; 9 - нефтепровод; 10 - полупогруженный щит; 11 - распределительная камера.

Вертикальные песколовки имеют прямоугольную или круглую форму, в них сточные воды движутся с вертикальным восходящим потоком со скоростью 0,05 м/с.

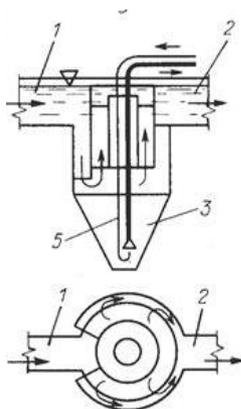


Рисунок 3 – Вертикальная песколовка: 1, 2 – подающий и отводящий каналы; 3 – песковый приямок; 4 – струенаправляющие щиты; 5 – гидроэлеватор.

Конструкцию песколовки выбирают в зависимости от количества сточных вод, концентрации взвешенных веществ. Наиболее часто

используют горизонтальные песколовки. Из опыта работы нефтебаз следует, что горизонтальные песколовки необходимо очищать не реже одного раза в 2 - 3 суток. При очистке песколовок обычно применяют переносный или стационарный гидроэлеватор [9].

Отстойники

Отстаивание - наиболее простой и часто применяемый способ выделения из сточных вод грубо дисперсных примесей, которые под действием гравитационной силы оседают на дне отстойника или всплывают на его поверхности [10-11].

Динамические отстойники

В динамических отстойниках или отстойниках непрерывного действия жидкость движется в горизонтальном или вертикальном направлении, отсюда и отстойники подразделяются на вертикальные и горизонтальные.

Вертикальный отстойник представляет собой цилиндрический или квадратный (в плане) резервуар с коническим дном для удобства сбора и откачки осаждающегося осадка. Движение воды в вертикальном отстойнике происходит снизу вверх (для осаждающихся частиц).

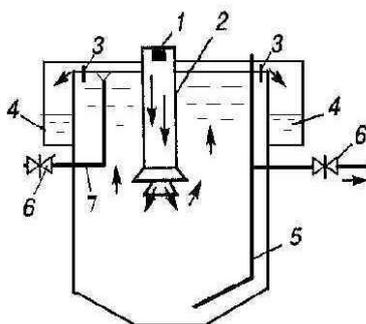


Рисунок 4 – Вертикальный отстойник: 1-водоподающий лоток; 2-центральная труба; 3-полупогружные перегородки; 4- лоток для отвода осветленной воды; 5- иловая труба; 6- задвижка; 7- жировая труба.

Горизонтальный отстойник представляет собой прямоугольный резервуар (в плане) высотой 1,5 - 4 м, шириной 3 - 6 м и длиной до 48 м.

Выпавший на дне осадок специальными скребками передвигают к приемку, а из него гидроэлеватором, насосами или другими приспособлениями удаляют из отстойника. Всплывшие примеси выводят с помощью скребков и поперечных лотков, установленных на определенном уровне.

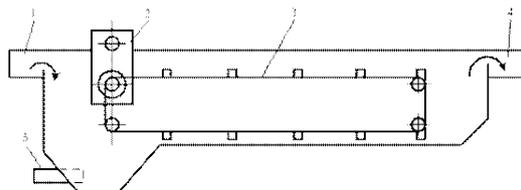


Рисунок 5 - Горизонтальный отстойник: 1 - водоподводящий лоток; 2 - привод скребкового механизма; 3 - скребковый механизм; 4 - водоотводящий лоток; 5 - отвод осадка.

В радиальных отстойниках круглой формы вода движется от центра к периферии или наоборот. Радиальные отстойники большой производительности, применяемые для очистки сточных вод, имеют диаметр до 100 м и глубину до 5 м.

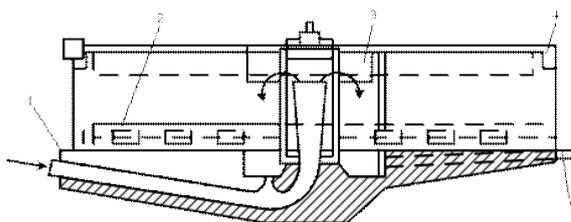


Рисунок 6 - Радиальный отстойник: 1 - труба для подачи воды; 2 - скребки; 3 - распределительная чаша; 4 - водослив; 5 - отвод осадка.

Радиальные отстойники с центральным впуском сточной воды имеют повышенные скорости впуска, что обуславливает менее эффективное использование значительной части объема отстойника по отношению к радиальным отстойникам с периферийным впуском сточных вод и отбором очищенной воды в центре [12].

Тонкослойные отстойники

Чем тоньше слой жидкости, тем процесс всплытия (оседания) происходит быстрее при прочих равных условиях. Это положение привело к созданию тонкослойных отстойников, которые по конструкции можно разделить на трубчатые и пластинчатые [13].

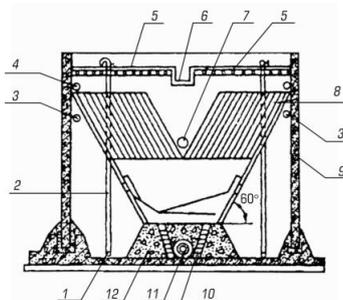


Рисунок 7 - Тонкослойный отстойник: 1 - труба для удаления осадка; 2 - труба для выпуска воздуха; 3, 7 - отвод осветленной воды из осадкоуплотнителя; 4 - трубопровод подогрева; 5 - отверстия в поперечных сборных желобах; 6 - сварной лоток; 8 - многослойная загрузка; 9 - корпус; 10 - кирпичная кладка; 11 - подвод воды в секцию; 12 - гравийная камера хлопьеобразования.

Гидроциклоны

Осаждение взвешенных частиц под действием центробежной силы проводят в гидроциклонах и центрифугах.

Для очистки сточных вод используют напорные и открытые (безнапорные) гидроциклоны.

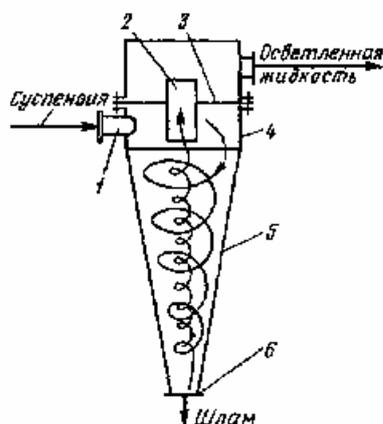


Рисунок 8 – Гидроциклон: 1- тангенциальный штуцер; 2- патрубок; 3- перегородка; 4- цилиндрический корпус; 5- коническое днище; 6- штуцер для выхода шлама.

При вращении жидкости в гидроциклонах на частицы действуют центробежные силы, отбрасывающие тяжелые частицы к периферии потока, силы сопротивления движущегося потока, гравитационные силы и силы инерции. Силы инерции незначительны и ими можно пренебречь. При высоких скоростях вращения центробежные силы значительно больше сил тяжести [14].

Центрифуги

Для удаления осадков из сточных вод могут быть использованы фильтрующие или отстойные центрифуги.

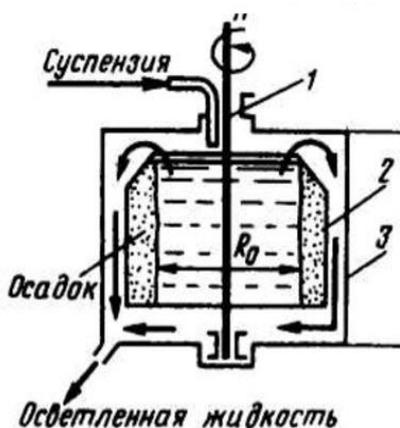


Рисунок 9 – Центрифуга: 1- вал; 2- барабан; 3- корпус.

Центробежное фильтрование достигается вращением суспензии в перфорированном барабане, обтянутом сеткой или фильтровальной тканью.

Осадок остается на стенках барабана. Его удаляют вручную или ножевым съемом. Такое фильтрование наиболее эффективно, когда надо получать продукт наименьшей влажностью и требуется промывка осадка.

Центрифуги могут быть периодического или непрерывного действия; горизонтальными, вертикальными или наклонными; различаются по расположению вала в пространстве; по способу выгрузки осадка из ротора

(с ручной, с ножевой, поршневой или центробежной выгрузкой). Они могут быть в герметизированном и негерметизированном исполнении [16].

Фильтры

Метод фильтрования приобретает все большее значение в связи с повышением требований к качеству очищенной воды. Фильтрование применяют после очистки сточных вод в отстойниках или после биологической очистки.

Процесс основан на прилипанию грубодисперсных частиц нефти и нефтепродуктов к поверхности фильтрующего материала. Фильтры по виду фильтрующей среды делятся на тканевые или сетчатые, каркасные или намывные, зернистые или мембранные.

Фильтрование через различные сетки и ткани обычно применяют для удаления грубо дисперсных частиц. Более глубокую очистку нефтесодержащей воды можно осуществлять на каркасных фильтрах. Пленочные фильтры очищают воду на молекулярном уровне [8].

Микрофильтры

Микрофильтры представляют собой фильтровальные аппараты, в качестве фильтрующего элемента использующие металлические сетки, ткани и полимерные материалы.

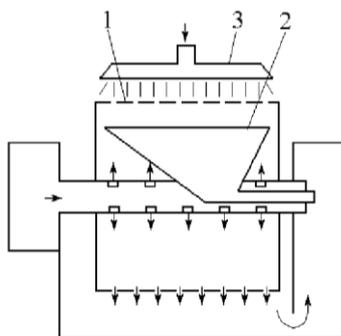


Рисунок 10 – Схема микрофильтра: 1- вращающийся барабан; 2- лоток для сбора промывных вод; 3- устройство для промывки.

Очищаемая вода поступает внутрь барабана и фильтруется через фильтр наружу. В промышленности применяют микрофильтры различных конструкций [17].

Каркасные фильтры

Фильтровальные процессы на каркасных фильтрах можно разделить на три большие группы:

-фильтрация через пористые зернистые материалы, обладающие адгезионными свойствами (кварцевый песок, керамзит, антрацит, пенополистирол, котельные и металлургические шлаки и др.);

- фильтрация через волокнистые и эластичные материалы, обладающие сорбционными свойствами и высокой нефтеемкостью (нетканые синтетические материалы, пенополиуретан и др.);

- фильтрация через пористые зернистые и волокнистые материалы для укрупнения эмульгированных частиц нефтепродуктов (коалесцирующие фильтры).

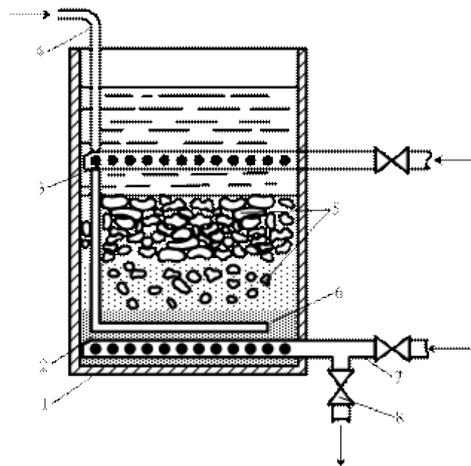


Рисунок 11 - Каркасный фильтр: 1 - поддерживающий гравийный слой; 2 - распределительное перфорированное днище; 3 - коллектор для подачи исходной и отвода промывной воды; 4 - подача сжатого воздуха при промывке; 5 - гравий; 6 - песчаная загрузка; 7 - подача промывной воды; 8 - трубопровод отвода очищенной воды (фильтрата).

В нефтяной и нефтехимической промышленности обычно применяют фильтры с зернистой загрузкой, которые по скорости фильтрования делятся на медленные, скорые и сверхскоростные [17].

Фильтры с эластичной загрузкой

Для очистки нефтесодержащих сточных вод разработана новая технология с использованием эластичных полимерных материалов, в частности, эластичного пенополиуретана. Эластичный пенополиуретан характеризуется высокой пористостью, механической прочностью, химической стойкостью, гидрофобными свойствами, что обеспечивает значительную поглощающую способность по нефтепродуктам [17].

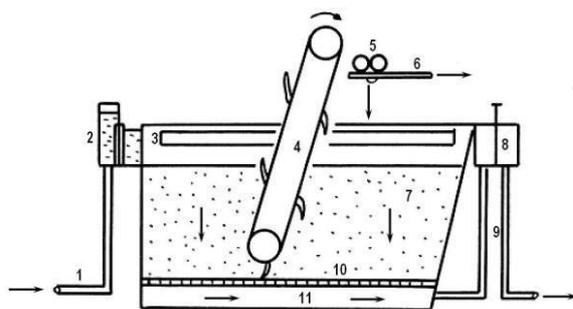


Рисунок 12 – Фильтр с эластичной загрузкой: 1 - исходная вода; 2 – распределительная камера; 3 - водораспределительные окна; 4 – ковшовый элеватор; 5 – отжимные барабаны; 6 – сборный желоб для нефти; 7 – фильтрующий слой; 8 – гидрозатвор; 9 – труба отвода фильтрата; 10 – решетка; 11 – приемная камера для очищение воды.

3.2 Физико-химическая очистка

К физико-химическим методам очистки сточных вод от нефтепродуктов относят коагуляцию, флотацию и сорбцию. Это процесс укрупнения дисперсных частиц в результате их взаимодействия и объединения в агрегаты.

В очистке вод ее применяют для ускорения процесса осаждения тонкодисперсных примесей и эмульгированных веществ. Коагуляция

наиболее эффективна для удаления из воды коллоидно-дисперсных частиц, то есть частиц размером 1 - 100 мкм. Коагуляция может происходить самопроизвольно или под влиянием химических и физических процессов. В процессах очистки сточных вод коагуляция происходит под влиянием добавляемых к ним специальных веществ – коагулянтов. Коагулянты в воде образуют хлопья гидроксидов металлов, которые быстро оседают под действием силы тяжести. Хлопья обладают способностью улавливать коллоидные и взвешенные частицы и агрегировать их. Так как коллоидные частицы имеют слабый отрицательный заряд, а хлопья коагулянтов слабый положительный заряд, то между ними возникает взаимное притяжение [18].

Флотация

Флотация является сложным физико-химическим процессом, заключающимся в создании комплекса частица-пузырек воздуха или газа, всплывании этого комплекса и удалении образовавшегося пенного слоя. Процесс флотации широко применяют при обогащении полезных ископаемых, а также при очистке сточных вод [18,19].

Вакуумная флотация

Вакуумная флотация основана на понижении давления ниже атмосферного в камере флотатора.

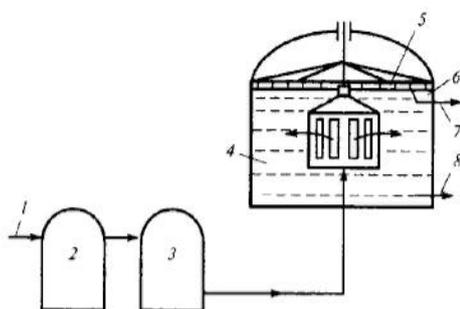


Рисунок 12 - Схема процесса вакуумной флотации: 1 – подача сточной воды; 2 – аэратор; 3 – деаэратор; 4 – флотационная камера; 5 – механизм сгребания пены; 6 – пеносборник; 7 – отвод пены; 8 – отвод отработанной сточной воды.

При этом происходит выделение воздуха, растворенного в воде. При таком процессе флотации образование пузырьков воздуха происходит в спокойной среде, в результате чего улучшается агрегирование комплексов частица-пузырек и не нарушается их целостность вплоть до достижения ими поверхности жидкости [19].

Напорная флотация

Этот вид очистки сточных вод выполняется в две стадии: насыщение воды воздухом под давлением; выделение пузырьков воздуха соответствующего диаметра и всплытие взвешенных и эмульгированных частиц примесей вместе с пузырьками воздуха.

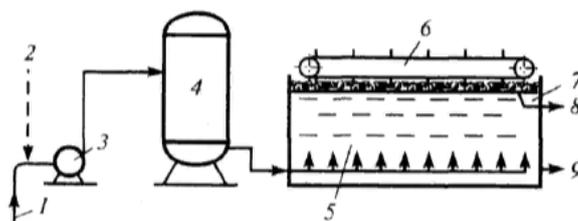


Рисунок 13 - Схема процесса напорной флотации: 1 – подача сточной воды; 2 – подача воздуха; 3 – насос; 4 – сатуратор (напорный бак); 5 – флотационная камера; 6 – механизм для сгребания пены; 7 – пеносборник; 8 – отвод пены; 9 – отвод отработанной сточной воды.

Если флотация проводится без добавления реагентов, то такая флотация относится к физическим способам очистки сточных вод [19].

Сорбция

Сорбция – это процесс поглощения вещества из окружающей среды твердым телом или жидкостью. Поглощающее тело называется сорбентом, поглощаемое – сорбатом. Различают поглощение вещества всей массой жидкого сорбента (абсорбция) и поверхностным слоем твердого или жидкого сорбента (адсорбция). Сорбция, сопровождающаяся химическим

взаимодействием сорбента с поглощаемым веществом, называется хемосорбцией. Сорбция представляет собой один из наиболее эффективных методов глубокой очистки от растворенных органических веществ сточных вод предприятий нефтехимической промышленности.

В качестве сорбентов применяют различные пористые материалы: золу, коксовую мелочь, торф, силикагели, алюмогели, активные глины и др. Эффективными сорбентами являются активированные угли различных марок [20].

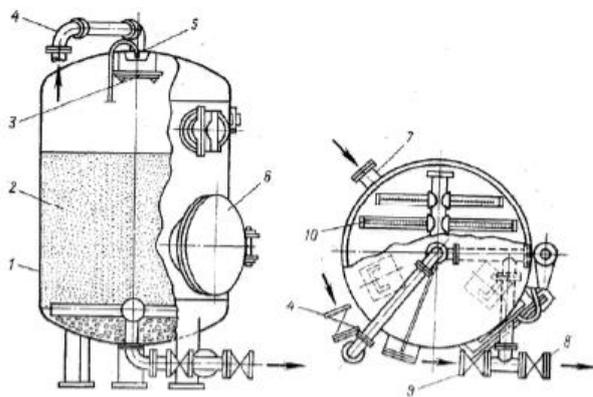


Рисунок 14 - Схема вертикального напорного адсорбера: 1 – корпус; 2 – неподвижный слой активного угля; 3 – отбойник; 4 – трубопровод подачи очищаемой сточной воды; 5 – трубка для сброса воздуха; 6 – люк; 7 – трубопровод гидровыгрузки активного угля; 8 – трубопровод отвода очищенной воды; 9 – трубопровод подачи взрыхляющей воды; 10 – распределительная система труб.

3.3 Химическая очистка

Окислительный метод очистки применяют для обезвреживания производственных сточных вод, содержащих токсичные примеси (цианиды, комплексные цианиды меди и цинка) или соединения, которые нецелесообразно извлекать из сточных вод, а также очищать другими методами (сероводород, сульфиды). Такие виды сточных вод встречаются в машиностроительной (цехи гальванических покрытий), горно-добывающей

(обогащительные фабрики свинцо-цинковых и медных руд), нефтехимической (нефтеперерабатывающие и нефтехимические заводы), целлюлозно-бумажной (цехи варки целлюлозы) и в других отраслях промышленности.

В узком смысле окисление – реакция соединения какого - либо вещества с кислородом, а в более широком – всякая химическая реакция, сущность которой состоит в отнятии электронов от атомов или ионов. В практике обезвреживание производственных сточных вод в качестве окислителей используют хлор, гипохлорит кальция и натрия, хлорную известь, диоксид хлора, озон, технический кислород и кислород воздуха [21].

Хлорирование

Обезвреживание сточных вод хлором или его соединениями – один из самых распространенных способов их очистки от ядовитых цианидов, а также от таких органических и неорганических соединений, как сероводород, гидросульфид, сульфид, метилмеркаптан и др.

Озонирование

Озон обладает высокой окислительной способностью и при нормальной температуре разрушает многие органические вещества, находящиеся в воде. При этом процессе возможно одновременное окисление примесей, обесцвечивание, дезодорация, обеззараживание сточной воды и насыщение ее кислородом. Преимуществом этого метода является отсутствие химических реагентов при очистке сточных вод [22].

3.4 Биологическая очистка

Сточные воды, прошедшие механическую и физико-химическую очистку, содержат еще достаточно большое количество растворенных и тонкодиспергированных нефтепродуктов, а также других органических

загрязнений и не могут быть выпущены в водоем без дальнейшей очистки [6].

Наиболее универсален для очистки сточных вод от органических загрязнений биологический метод. Он основан на способности микроорганизмов использовать разнообразные вещества, содержащиеся в сточных водах, в качестве источника питания в процессе их жизнедеятельности. Задачей биологической очистки является превращение органических загрязнений в безвредные продукты окисления $\text{-H}_2\text{O}$, CO_2 , NO_3^- , SO_4^{2-} и др. Процесс биохимического разрушения органических загрязнений в очистных сооружениях происходит под воздействием комплекса бактерий и простейших микроорганизмов, развивающихся в данном сооружении.

Для правильного использования микроорганизмов при биологической очистке необходимо знать физиологию микроорганизмов, т.е. физиологию процесса питания, дыхания, роста и их развития. Всякий живой организм отличается от неживого наличием обмена веществ, в процессе которого происходит усвоение питательных веществ и выделение продуктов жизнедеятельности. Основными процессами обмена веществ являются питание и дыхание.

Биохимическая очистка производственных сточных вод нефтеперерабатывающих заводов производится в аэрофильтрах (биофильтры), аэротенках и биологических прудах.

Биофильтры представляют собой железобетонные или кирпичные резервуары, заполненные фильтрующим материалом, который укладывается на дырчатое днище и орошается сточными водами. Для загрузки биофильтров применяют шлак, щебень, пластмассу и др. Очистка сточных вод в биофильтрах происходит под воздействием микроорганизмов,

заселяющих поверхность загрузки и образующих биологическую пленку. При контакте сточной жидкости с этой пленкой микроорганизмы извлекают из воды органические вещества, в результате чего сточная вода очищается.

Аэротенки представляют собой железобетонные резервуары длиной 30 -100 м и более, шириной 3 - 10 м и глубиной 3 - 5 м. Очистка сточных вод в аэротенках происходит под воздействием скоплений микроорганизмов (активного ила). Для нормальной их жизнедеятельности в аэротенки подают воздух и питательные вещества.

Преимущества биологического метода очистки - возможность удалять из сточных вод разнообразные органические соединения, в том числе токсичные, простота конструкции аппаратуры, относительно невысокая эксплуатационная стоимость. К недостаткам следует отнести высокие капитальные затраты, необходимость строгого соблюдения технологического режима очистки, токсичное действие на микроорганизмы некоторых органических соединений и необходимость разбавления сточных вод в случае высокой концентрации примесей [6, 23].

3.5 Технологическая схема очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты

Нефтепродукты являются одним из наиболее распространённых антропогенных загрязнителей поверхностных водоёмов, а в некоторых регионах также и подземных источников питьевого водоснабжения. Загрязняющие вещества, содержащиеся в промышленно-ливневых водах (нефтепродукты, взвешенные вещества, тяжёлые металлы и пр.), находятся в виде грубодисперсных суспензий и эмульсий, в коллоидном и растворённом состоянии.

Для каждой из групп веществ существуют свои достаточно эффективные методы очистки. Однако для выполнения всех требований, предъявляемых к очищаемым стокам для выпуска в водоём, требуется применение целого комплекса методов.

Для решения задачи очистки сточных вод от нефтепродуктов разработан полностью автоматизированный технологический процесс, отличающийся полнотой очистки и простотой обслуживания (рис. 15).

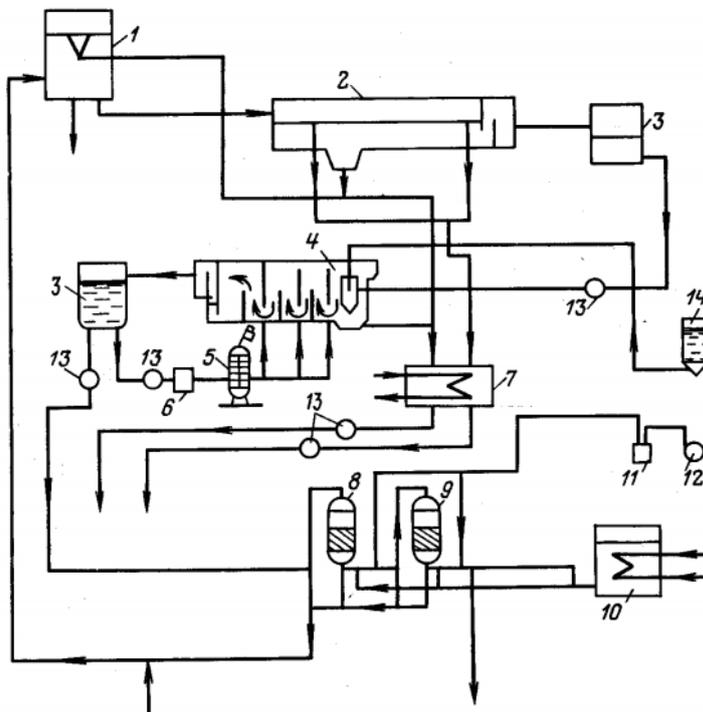


Рисунок 15 - Технологическая схема очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты: 1- приемный бак; 2- нефтеловушка; 3- промежуточные баки; 4- флотатор; 5- напорная емкость; 6- эжектор; 7- мазутоприемник; 8- механический фильтр; 9- угольный фильтр; 10- бак промывочной воды; 11- ресивер; 12- компрессор; 13- насосы; 14- раствор коагулянта.

Полная типовая схема очистки сточных вод от нефтепродуктов показана на рис.15. Сточные воды собираются в буферные усреднительные баки, в которых происходит выделение части наиболее крупных грубодисперсных примесей и частиц нефтепродуктов. Сточная вода, частично освобожденная от примесей, направляется в нефтеловушку. Затем

вода поступает в промежуточный бак и оттуда насосом подается на флотатор. Выделенные нефтепродукты направляются в мазутоприемник, затем подогреваются паром для снижения вязкости и эвакуируются из установки для сжигания. Частично очищенная вода направляется во второй промежуточный бак и подается из него на фильтровальную установку, состоящую из двух ступеней. Первая ступень представляет собой фильтр с двухслойной загрузкой из кварцевого песка и антрацита. Вторая ступень состоит из сорбционного фильтра, загруженного активированным углем. Степень очистки воды по этой схеме составляет около 95%.

4 Экспериментальная часть

Объектом исследования являлись образцы сточных вод, содержащих нефтепродукты и требующих очистки. Для расчёта аппаратов микробиологической очистки необходимо было оценить показатели сточной воды предприятий г. Томска.

Изучение основ процесса очистки, проведенное выше, показало наличие разных вариантов схем очистки сточных, содержащих, в основном нефтепродукты. В рамках данной работы будет предложен аппарат микробиологической очистки сточных вод и его место в комплексной схеме очистки. Известно, что максимальный расход исследуемой сточной воды составляет 31 м³/ч. Учтем это при проектировании аппарата.

Таким образом целью настоящей работы является определение содержания нефтепродуктов в воде и конструирование аппарата микробиологической очистки для его снижения.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- 1) Изучить основные методы очистки нефтесодержащих сточных вод;
- 2) Изучить методики проведения количественного химического анализа для определения состава нефтесодержащих сточных вод;
- 3) Определить содержания нефтепродуктов в сточной воде;
- 4) Выявить наиболее эффективные методы очистки сточных вод от нефтепродуктов;
- 5) С использованием метода математического моделирования разработать конструкцию аппарата для микробиологической очистки сточных вод и разместить его в схеме очистки сточных вод

4.1 Определение содержания нефтепродуктов в сточной воде.

Исследования сточной воды было проведено на предприятии ООО «Томскводоканал», в базовой лаборатории, лаборатории по анализу природных и сточных вод.

Лаборатория по анализу природных и сточных вод проводит контроль качества природных вод, контроль состава сточных вод, поступающих в городскую систему водоотведения.

Анализ состоит из нескольких стадий:

1. Отбор пробы и подготовка химической посуды;
2. Пробоподготовка;
3. Проведение анализа;
4. Оформление результата количественного определения.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- рассмотреть методы очистки сточных вод;
- проанализировать методы очистки сточных вод с точки зрения охраны труда и производственной безопасности;
- выявить наиболее эффективные методы очистки сточных вод от нефтепродуктов.

4.1.1 Отбор и регистрация проб

Лаборатория принимает на анализ пробы воды:

- отобранные специалистами лаборатории, гидрогеологами и специалистами службы главного технолога, в соответствии с утвержденными программами производственного контроля и графиками отбора проб сточных вод;
- внеплановые пробы.

Отбор пробы и подготовка химической посуды осуществляется согласно следующим документам:

- ГОСТ 31861-2012. «Вода. Общие требования к отбору проб»;
- Нормативным документам на методики испытаний;
- ПНД Ф 12.15.1-08 «Методические указания по отбору проб для анализа сточных вод».

Отбор и транспортировка пробы в соответствии с требованиями вышеуказанных документов (способ отбора, вид тары) производится службой главного технолога и доставляется прямо в химическую лабораторию. Целью

отбора проб является получение дискретной пробы, отражающей качество исследуемой воды.

Отбор проб может производиться ручными или автоматическими пробоотборными устройствами. Места отбора проб (контрольные точки) выбираются в соответствии с целями работ и определяются программами и планами графиками.

Пробы сточных вод должны отбираться из хорошо перемешанных потоков, вне зон возможного подпора. Для целей контроля за соблюдением нормативов сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод пробы отбираются из водоотводящих устройств. Места отбора проб сточных вод должны быть максимально приближены к точке сброса. Пробы природных поверхностных вод отбирают на расстоянии 500 м выше источника загрязнения и 500 м ниже источника загрязнения на расстоянии от 3 до 5 метров от берега, с целью избежать возможности попадания взмученных донных осадков в пробы воды. Летом пробы природных вод отбирают на глубине от 0,2 до 0,5 м, зимой - у нижней поверхности льда [10].

Для отбора и хранения проб следует применять сосуды из стекла или полиэтилена с притертыми или плотно навинчивающимися крышками. Емкости для отбора проб должны быть тщательно промыты, чтобы свести к минимуму возможные загрязнения пробы. Тип применяемого для промывки вещества выбирают в зависимости от определяемых показателей и материала емкости.

Ответственные за отбор проб составляют сопроводительный документ по принятой форме, в котором указывают цель анализа, предполагаемые загрязнители, время, место отбора проб, ее номер, должность и ФИО ответственного за отбор, дату отбора. Регистрация поступивших проб заносится в «Журнал регистрации проб воды» [11].

4.1.2 Подготовка проб и посуды к анализу

После того, как проба доставлена в лабораторию, в случае, если анализ не может быть произведен сразу после отбора, производится консервация пробы согласно методике анализа и ГОСТ 31861-2012.

К тому же, чтобы максимально сохранить неизменным состав пробы, не привнести посторонних примесей, необходимо тщательно удалить со стенок посуды, которая будет использована в дальнейшем в ходе анализа, все возможные загрязнения.

Для этого используют следующие способы (в зависимости от типа и степени загрязнения):

- механическая обработка с помощью щеток, ершей, пропаривания;
- мытье при помощи моющих средств, воды, органических растворителей;
- мытье окислителями (серная кислота, азотная кислота, бихромат калия).

Данные по условиям предварительной обработки проб воды и посуды, а также способ обработки по завершению анализа, соответствующие требованиям нормативных документов по показателям, определяемым в лаборатории по анализу природных и сточных вод [12].

4.1.3 Проведение анализа, оформление результатов

Проведение испытаний в лаборатории осуществляется с соблюдением всех требований нормативных документов на методику испытаний. Первичная информация (дата выполнения, расчеты, величина аналитического сигнала) фиксируется в рабочих журналах исполнителя, после чего результаты испытаний, зафиксированные в рабочих журналах, переносят в сводные журналы («Журнал регистрации результатов количественного химического анализа»). Далее данные обрабатываются инженером-химиком и заносятся в протокол исследования, выдаваемый заказчику анализа.

4.1.4 Методики измерений массовой концентрации органических веществ

Для анализа были выбраны пробы трёх промышленных предприятий города Томска. Если при анализе проб воды нашли превышение, то предприятию выставляют штраф.

Для каждого из показателей есть нормы предельно допустимой концентрации (ПДК). ПДК - утверждённый в законодательном порядке

санитарно-гигиенический или рыбохозяйственный норматив. Под ПДК понимается такая максимальная концентрация химических элементов и их соединений в окружающей среде, которая при повседневном влиянии в течение длительного времени на организм человека не вызывает патологических изменений или заболеваний, устанавливаемых современными методами исследований, в любые сроки жизни настоящего и последующего поколений.

Нормы ПДК нефтепродуктов составляют 10 мг/дм³.

Рассмотрим методику определения органических веществ в сточных водах.

Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод на анализаторе жидкости «Флюорат-02» (М 01-05-2012) ПНД Ф 14.1:2:4.128-98

Флуориметрический метод измерений массовой концентрации нефтепродуктов основан на их экстракции гексаном из пробы воды, при необходимости очистке экстракта, измерении массовой концентрации нефтепродуктов с использованием градуировочной характеристики, заложенной в память анализатора и вычислении массовой концентрации нефтепродуктов в пробе.

Диапазон измеряемых массовых концентраций нефтепродуктов в пробах природных, питьевых и сточных вод составляет 0,005 - 50,0 мг/дм³.

Значения показателей точности измерений представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Значения показателей точности измерений

Диапазон измерения, мг/дм ³	Характеристика погрешности измерений, ±δ, %
От 0,005 до 0,01 вкл.	50
Свыше 0,01 до 0,5 вкл.	35
Свыше 0,5 до 50,0 вкл.	25

Массовую концентрацию нефтепродуктов (X, мг/дм³) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{C_{\text{изм}} \cdot V_r \cdot K}{V_{\text{пр}}} \quad (2)$$

где $C_{\text{изм}}$ - массовая концентрация нефтепродуктов в гексановом экстракте пробы, мг/дм³;

V_r - объём гексана, взятый для экстракции, см³ (10 см³);

$V_{\text{пр}}$ - объём пробы, см³;

K - коэффициент разбавления экстракта (соотношение объёмов мерной колбы и аликвоты экстракта). Если экстракт не разбавляют, $K = 1$.

Результаты измерений массовой концентрации нефтепродуктов приведены в таблице 3 [14].

Таблица 3 - Результаты измерений массовой концентрации нефтепродуктов

Шифр пробы	$V_{\text{пр}}, \text{см}^3$	Коэффициент разбавления экстракта (соотношение объёмов мерной колбы и аликвоты экстракта), K	$C_{\text{изм}}, \text{мг/дм}^3$	Коэффициент пропускания, $T, \%$	$(X \pm \Delta), \text{мг/дм}^3$
КП	100	1	5,33	95,4	$0,53 \pm 0,13$
1	130	25	20,5	76,3	$39,4 \pm 9,9$
2	140	12,5	12,8	84,6	$11,4 \pm 2,9$
3	120	12,5	19,4	79,3	$20,2 \pm 5,1$

А для сравнения взяли те же пробы, и поэкспериментировали с 2 другими методиками.

Методика измерений массовой концентрации фенолов (общих и летучих) в пробах природных, питьевых и сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02» ПНД Ф 14.1:2:4.182-02

Флуориметрический метод измерения массовой концентрации фенолов основан на извлечении фенолов из воды бутилацетатом, реэкстракции их в водный раствор гидроксида натрия и измерении их содержания по интенсивности флуоресценции фенолов после подкисления реэкстракта. В процессе измерения происходит возбуждение флуоресценции фенолов, ее регистрация и автоматическое вычисление массовой концентрации фенола при помощи градуировочной характеристики, заложенной в памяти анализатора.

Диапазон измеряемых значений массовой концентрации фенолов 0,0005 - 25 мг/дм³.

Значения показателей точности измерений представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Значения показателей точности измерений

Диапазон измерений, мг/дм ³	Предел повторяемости r, %	Предел воспроизводимости R, %	Средний арифметический результат, X, %
Природные и сточные воды			
от 0,0005 до 0,01	48	70	44
от 0,01 до 1,0	28	48	31
от 1,0 до 25,0	20	34	22

В таблице 5 представлены объёмы проб воды экстрагента и реэкстрагента в зависимости от предполагаемой концентрации фенолов.

Таблица 5 - Рекомендуемые объёмы проб воды, экстрагента и реэкстрагента в зависимости от предполагаемой концентрации фенолов

Диапазон значений массовой концентрации фенолов, мг/дм ³	Объём пробы, см ³	Объём экстрагента, см ³	Объём реэкстрагента, см ³	N
От 0,0005 до 0,01 вкл.	250	25	5	50
Свыше 0,01 до 0,1 вкл.	100	10	10	10
Свыше 0,1 до 1,0 вкл.	10	10	10	1
Примечание - Коэффициент концентрирования N равен отношению объёмов пробы и реэкстрагента				

Массовую концентрацию фенолов (X , мг/дм³) в пробе рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{(C_{\text{изм}} - C_{\text{хол}}) \cdot Q}{N} \quad (1)$$

где $C_{\text{изм}}$ - измеренная массовая концентрация фенолов в растворе, полученном из анализируемой пробы, мг/дм³;

$C_{\text{хол}}$ - измеренная массовая концентрация фенолов в растворе, полученном из холостой пробы, мг/дм³;

N - коэффициент концентрирования пробы;

Q - коэффициент разбавления пробы; если пробу не разбавляют, то $Q = 1$.

Если холостую пробу не готовят, то полагают $C_{хол} = 0$.

Массовая концентрация фенолов в холостой пробе, равна $0,01 \text{ мг/дм}^3$

Результаты измерений массовой концентрации общих фенолов приведены в таблице 6 [13].

Таблица 6 - Результаты измерений массовой концентрации общих фенолов

Шифр пробы	Результат измерений массовой концентрации общих фенолов, $(\bar{X} \pm U)$, мг/дм^3
1	$0,00094 \pm 0,00041$
2	$< 0,0005$
3	$0,00076 \pm 0,00033$
КП ₁ (3)	$0,00069 \pm 0,00030$
КП ₂ (3+д)	$0,00182 \pm 0,00080$

Методика измерений массовой концентрации анионных поверхностно-активных(АПАВ) веществ в пробах природных, питьевых и сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02» ПНД Ф 14.1:2:4.158-2000

Флуориметрический метод измерений массовой концентрации АПАВ основан на экстракции хлороформом ионных пар АПАВ с красителем акридиновым желтым, измерении интенсивности флуоресценции полученного экстракта на анализаторе «Флюорат-02» и автоматическом вычислении концентрации АПАВ при помощи градуировочной характеристики, заложенной в память анализатора.

Диапазон измеряемых массовых концентраций АПАВ в пробах природных, питьевых и сточных вод составляет $0,025 - 100 \text{ мг/дм}^3$. При более высоких концентрациях допускается разбавление пробы, но не более чем в 100 раз. Значения показателей точности измерений представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Значения показателей точности измерений

Диапазон измерений, мг/дм ³	Предел повторяемости г,%	Средний арифметический результат, С, %
Природные и сточные воды		
От 0,025 до 0,10 вкл.	42	40
Свыше 0,10 до 0,50 вкл.	34	32
Свыше 0,50 до 100 вкл.	25	24

Массовую концентрацию АПАВ (C , мг/дм³) рассчитывают по формуле:

$$C = C_{\text{изм}} \cdot Q_1 \cdot Q_2 \quad (3)$$

где $C_{\text{изм}}$ - измеренная массовая концентрация АПАВ, мг/дм³;

Q_1 - коэффициент концентрирования пробы при экстракции, при объеме пробы 5 см³, $Q_1 = 1$ при объеме - 20 см³, $Q_1 = 0,25$;

Q_2 - коэффициент разбавления пробы, равный соотношению объемов мерной колбы и пипетки, использованных при разбавлении. Если пробу не разбавляют, $Q_2 = 1$.

Результаты измерений массовой концентрации АПАВ приведены в таблице 8 [15].

Таблица 8 - Результаты измерений массовой концентрации анионных поверхностно-активных веществ

Шифр пробы	Q_2	$\bar{C} \pm U, (\text{мг/дм}^3)$
1	2	1,09 ± 0,26
2	1	0,81 ± 0,19
3	2	1,64 ± 0,39
КП ₁ (3)	2	1,62 ± 0,39
КП ₂ (3+д)	5	2,55 ± 0,61

4.1.5 Анализ по результатам определения органических веществ

На предприятии ООО «Томскводоканал» мы проанализировали 3 пробы разных предприятий.

Для показателя были выполнены следующие анализы: первоначально исследовался контрольный образец известной концентрации. Это проводится, чтобы проверить правильность выполнения анализа на конкретном приборе

или методике. После контрольного образца проводятся 2 последовательных измерения.

По итогам работы мы установили концентрацию общих нефтепродуктов, фенолов и аПав в 3 имеющихся пробах. Получилось, что среди всей нежелательной органики, нам нужно бороться именно с нефтепродуктами. Установлено, что полученные значения концентраций нефтепродуктов превышают ПДК, указанные в Постановлении Правительства РФ № 644 от 29.07.2013 (ред. От 26.07.2018) г.

В случае превышения максимально допустимых значений организация должна позаботиться о мерах предосторожности.

4.2. Разработка конструкции аппарата для микробиологической очистки сточных вод

Полученные результаты говорят о том, что необходимо реконструировать или модернизировать очистную систему, что позволит производить очистку стоков от нефтепродуктов до допустимых норм. В противном случае организация понесет соответствующее наказание за несоблюдение экологических требований.

Для этого разработаем аппарат микробиологической очистки сточных вод. Но прежде составим модельную (виртуальную) смесь для использования в программах математического моделирования свойств веществ. Неизвестно, какие нефтепродукты присутствуют в сточных водах — их детальный анализ не предусмотрен стандартами, поэтому будем использовать для расчетов *декан*, *ундекан* и *додекан* в равных пропорциях. Для моделирования свойств этих веществ в водных растворах используем моделирующую программу Unisim Design R460.

В традиционном варианте аппаратом для микробиологической очистки сточных вод является т.н. *аэротенк*. Аэротенки–смесители представляют собой, как правило, полнообъемные сооружения, в которых порции поступающей сточной воды быстро перемешиваются со всей массой смеси жидкости с активным илом. Быстрое перемешивание позволяет равномерно

распределить органические примеси и растворенный кислород, что, в свою очередь, обеспечивает работу сооружения при высоких нагрузках.

Аэротенки занимают достаточно большие объемы пространства и работают при избыточных расходах воздуха и атмосферном давлении. В рамках данной работы произведем расчет цилиндрического закрытого аппарата. Функцию перемешивания будет обеспечивать мешалка, расход воздуха будет обеспечивать аэратор, размещенный в нижней части цилиндрического аппарата. Свойства и структуру активного ила мы в данной работе не рассматриваем, будем использовать типовые его характеристики.

Для определения основных конструктивных размеров аппарата разработаем его математическую модель. В основу модели положим представление о реакторе идеального смешения (РИС).

Согласно [50] уравнение модели РИС записывается в виде математического выражения, характеризующего изменения концентрации в реакционной среде во времени, которые обуславливаются, во-первых, движением потока, во-вторых, химическим превращением. Поэтому модель РИС следует строить на основе типовой модели идеального смешения с учетом скорости химической реакции.

Согласно модели идеального смешения принимается, что поступающий в аппарат поток мгновенно распределяется по всему объему вследствие полного перемешивания частиц потока (см. рис. 16).

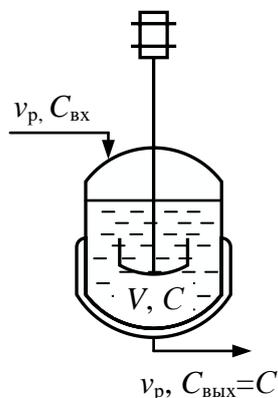


Рисунок 16 — Схематическое изображение аппарата со структурой потока идеального смешения

При этом концентрация распределенного вещества во всех точках зоны идеального перемешивания и в потоке на выходе из него одинакова. Изменение концентрации во времени в рассматриваемом потоке в дифференциальной форме запишется следующим образом:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{v_p}{V} \cdot (C_{ex} - C)$$

$$\text{Заданные начальные условия: } t = 0; C_{t=0} = C_0 \quad (1)$$

где $C_{ex}, C_{вых} = C$ — концентрация вещества в потоке, соответственно, на входе, выходе и в любой точке объема аппарата, моль / м³; v_p — объемный расход потока, поступающего в зону идеального перемешивания и выходящего из него, м³/с; t — время (астрономическое), с; V — объем зоны идеального перемешивания, м³. Выражение (1) принято называть гидродинамической составляющей уравнения математической модели реактора.

Отношение V / v_p характеризует среднее время пребывания элементов потока в зоне идеального перемешивания; его принято называть временем контакта и обозначать τ .

Кинетическую составляющую запишем на основе закона действующих масс. Согласно [51], выражение для скорости химической реакции окисления углеводородов активным илом может быть записано как уравнение первого порядка по реагентам: $W = k \cdot C_{НП} \cdot C_{O_2}$, где W — скорость химической реакции окисления, моль/(м³ с); k — константа скорости химической реакции окисления, м³/(моль с); $C_{НП}, C_{O_2}$ — концентрации, соответственно нефтепродуктов и кислорода, моль/м³. В качестве углеводородного реагента с индексом НП будем рассматривать сумму наших модельных веществ: декана, ундекана и додекана.

Для составления матмодели химического реактора сделаем ряд допущений:

— процесс изотермический, т.к. из-за малой концентрации нефтепродуктов общий расход тепла в объеме реактора незначительный;

— концентрация кислорода в каждый момент времени постоянна и равна начальной, которая соответствует максимальной растворимости кислорода в воде при указанных температуре и давлении; это допущение позднее подтвердим расчетом такого расхода кислорода, который бы обеспечил его значительный избыток в реакторе и полное насыщение водной фазы кислородом;

— реализуется режим идеального смешения, с этой целью позднее проведем подбор перемешивающего устройства;

— модель квазигомогенная — физические свойства, размер и форма частиц активного ила не рассматриваются, не выделяются по отдельности его частицы, система считается полностью однофазной (гомогенной).

Таким образом уравнение математической модели окислительного реактора идеального смешения по нефтепродуктам запишется следующим образом:

$$\frac{dC_{НП}}{dt} = \frac{v_p}{V} \cdot (C_{НП,ex} - C_{НП}) - k \cdot C_{НП} \cdot C_{O_2}$$

$$\text{Заданные начальные условия: } t = 0; C_{НП,t=0} = C_{НП,ex}; C_{O_2,t=0} = C_{O_2,ex} \quad (2)$$

где v_p — объемный расход сточной воды, м³/с; V — объем жидкой фазы (воды) в реакторе, м³.

Для решения уравнения математической модели (2) необходимо определить такие параметры модели, как: начальную концентрацию кислорода; начальную концентрацию нефтепродуктов; константу скорости химической реакции окисления; объемный расход сточной воды и объем жидкой фазы в аппарате.

4.2.1. Расчет начальной концентрации кислорода в воде.

Для эффективного ведения процесса окисления вода, в которой происходит реакция, должна быть в каждый момент времени насыщена кислородом. Для оценки максимального содержания растворенного кислорода в воде используют, например, графики из [52] или из литературы по теплотехнике.

Однако, из [53] известно, что даже при небольшом содержании примесей в воде, например, солей, максимальное содержание кислорода в такой воде изменяется, чаще всего, возрастает. Поэтому для моделирования состояния смеси воздуха и нашего модельного раствора нефтепродуктов в воде используем Unisim Design R460. Составим модельный поток: сделаем допущение, что концентрация по 20 мг/дм³ декана, ундекана, додекана (ПДК_{нп}=10 мг/дм³). Добавляя воздух к потоку воды известного расхода, будем фиксировать значения равновесной концентрации кислорода в жидкой фазе при разных давлениях и температурах. Значения выразим в моль/м³ для дальнейших расчетов на модели.

Интервал температур и давлений выбран как типовой для схемы подготовки сточных вод, даже с некоторым запасом. Температура воды, подвергаемой очистке, как правило, по ходу всех процессов техсхемы не выше 40 °С [56] и не ниже 10 °С. Это обусловлено возможностями охлаждения такой воды оборотной охлаждающей водой в закрытых теплообменниках и воздухом в открытых (например, градирнях или аэротенках) или закрытых теплообменниках. Давление в схеме подготовки сточных вод не превышает, как правило, 1,05-1,3 атм.

Результаты оценки растворимости кислорода приведены на рисунке 17.

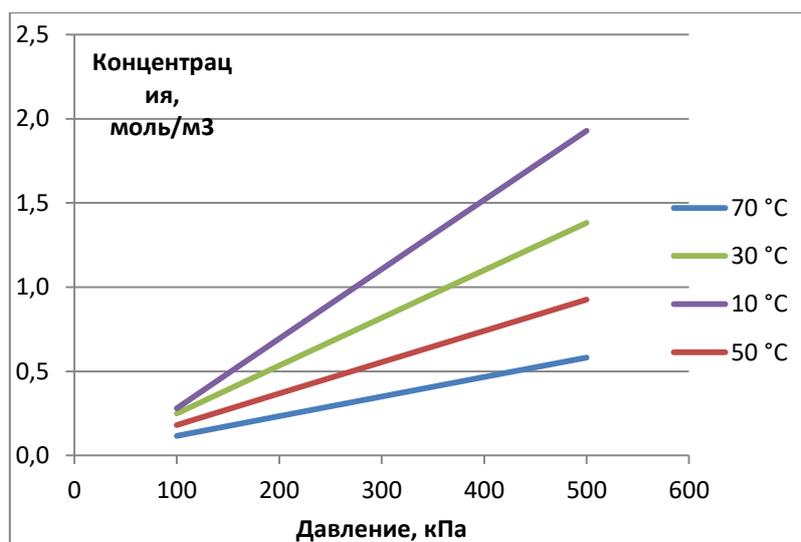


Рисунок 17 — Максимальная растворимость кислорода в модельном водном растворе при различных температуре и давлении

По графику видно, что максимальное содержание кислорода в сточной воде колеблется от 0,1 моль/м³ (при 100 кПа и 70 °С) до 2 моль/м³ (при 500 кПа и 10 °С). Именно эти крайние случаи будем использовать при моделировании аппарата для микробиологической очистки сточных вод. Обращаем внимание, что, согласно моделирующему расчету в Unisim Design, на углеводородную фазу приходится 1–5 % растворенного кислорода, в зависимости от температуры и давления.

4.2.2. Начальная концентрация нефтепродуктов

В модельной смеси содержится по 20 мг/дм³ декана, ундекана и додекана. Это соответствует по 20 г/м³ каждого из веществ. Общее количество вещества составляет

$$n_{\text{общ}} = \left(\frac{20}{142,29} + \frac{20}{156,31} + \frac{20}{170,34} \right) = 0,386 \text{ (моль)}$$

где 142,29; 156,31; 170,34 — молярные массы, соответственно, декана, ундекана и додекана, г/моль.

Таким образом начальная концентрация нефтепродуктов в сточной воде составляет 0,386 моль/м³.

4.2.3. Определение константы скорости реакции окисления

Важнейшее значение для расчета на модели имеет, естественно, константа скорости окисления нефтепродуктов. В тоже время при расчетах азротенков-смесителей [49] делается допущение о большом избытке кислорода воздуха. По своему смыслу произведение константы скорости реакции окисления на максимальную концентрацию реагентов равно такой величине как *максимальная скорость окисления органических веществ* P_{max} , приведенной в [49]. Очевидно, что в изотермических условиях скорость реакции окисления максимальна при максимальной концентрации окисляемых веществ и кислорода, т.е. на входе в аппарат.

Активный ил играет роль своеобразного катализатора: именно на его поверхности происходит взаимодействие растворенного кислорода и нефтепродуктов. Поэтому именно от конкретных образцов активного ила и его

микробиологической составляющей зависит величина скорости реакции окисления, а от эффективности его перемешивания — производительность аппарата в целом.

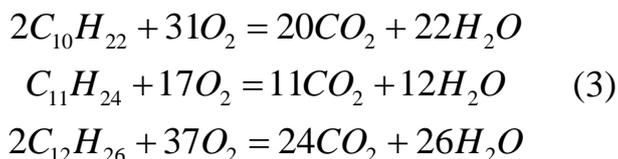
Рассмотрим типовые значения максимальной скорости окисления, соответствующие стокам городских производственных предприятий: $P_{\max} = 33$ мг БПК / (г · ч) [49]. Данная величина показывает, что каждый грамм окисляемого вещества за час потребляет 33 мг кислорода O_2 . Это соответствует

$$P_{\max} = \frac{33}{1000} \cdot \frac{1}{M_{O_2}} = \frac{33}{1000} \cdot \frac{1}{32} = 1,031 \cdot 10^{-3} \text{ (моль } O_2 \text{ / (г · ч))}$$

Зная модельную концентрацию нефтепродуктов, составляющую по 20 г/м³ для каждого из веществ, получим максимальную скорость окисления в расчете на единицу объема сточной воды за 1 секунду:

$$P_{\max} = \frac{1,031 \cdot 10^{-3} \cdot (C_{C_{10}H_{22}} + C_{C_{11}H_{24}} + C_{C_{12}H_{26}})}{3600} = \frac{1,031 \cdot 10^{-3} \cdot (20 + 20 + 20)}{3600} = 6,875 \cdot 10^{-3} \text{ (моль } O_2 \text{ / (м}^3 \cdot \text{с))}$$

Составим уравнения реакций окисления наших модельных нефтепродуктов:



Сделаем допущение, что в среднем 1 моль нефтепродуктов окисляется 17 моль O_2 . Тогда максимальная скорость окисления органических веществ P_{\max} , выраженная через расход нефтепродуктов вычисляется так:

$$P_{\max} = \frac{6,875 \cdot 10^{-3}}{17} = 0,404 \cdot 10^{-3} \text{ (моль нефтепродукта / (м}^3 \cdot \text{с))}$$

Определим константу скорости окисления для использования ее в математической модели. Как было сказано ранее, скорость реакции окисления максимальна на входе в аппарат:

$$k = \frac{P_{\max}}{C_{\text{НП,ex}} \cdot C_{\text{O}_2,\text{ex}}} = \frac{0,404 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,386} = 0,524 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3 \text{ / (моль} \cdot \text{ с))}$$

Полученное значение будем использовать при решении уравнений математической модели. Данное значение согласуется со значением, приведенным в [51]. Зависимостью константы скорости от температуры пренебрегаем, т.к. в аппарате реализуется изотермический режим.

4.2.4. Объемный расход сточной воды и объем жидкой фазы в аппарате.

Максимальный ожидаемый объемный расход сточной воды известен и составляет 31 м³/ч. Объем жидкой фазы в аппарате является конструктивной характеристикой и подлежит определению при проектировании. Проектирование ведется, как правило, по [54-55]. В ходе нашей исследовательской работы, перебирая различные значения времени контакта (насыщения) $\frac{1}{\tau} = \frac{v_p}{V}$, мы оценим требуемый объем жидкой фазы в аппарате для различных начальных концентраций кислорода. Согласно [54], для промышленных аппаратов время насыщения составляет 2-5 часов.

4.2.5. Математическое моделирование цилиндрического реактора для микробиологической очистки сточных вод

Простейшим из численных методов решения дифференциальных уравнений является метод Эйлера. Это один из самых старых и широко известных методов. Метод Эйлера является сравнительно грубым методом решения дифференциальных уравнений, однако идеи, положенные в его основу, являются, по существу, исходными для очень широкого класса численных методов. Рассмотрим его на примере нашей математической модели (2).

$$\frac{dC_{\text{НП}}}{dt} = \frac{v_p}{V} \cdot (C_{\text{НП,вх}} - C_{\text{НП}}) - k \cdot C_{\text{НП}} \cdot C_{\text{O}_2}$$

При очень малых Δt можно заменить дифференциал $\frac{dC_{НП}}{dt}$ на отношение конечных разностей $\frac{\Delta C_{НП}}{\Delta t} = \frac{C_{НП,i+1} - C_{НП,i}}{t_{i+1} - t_i}$. Тогда уравнение матмодели можно преобразовать следующим образом:

$$\frac{C_{НП,i+1} - C_{НП,i}}{t_{i+1} - t_i} = \frac{v_p}{V} \cdot (C_{НП,ex} - C_{НП,i}) - k \cdot C_{НП,i} \cdot C_{O_2}$$

$$C_{НП,i+1} = C_{НП,i} + h \cdot \left[\frac{1}{\tau} \cdot (C_{НП,ex} - C_{НП,i}) - k \cdot C_{НП,i} \cdot C_{O_2} \right] \quad (4)$$

Заданные начальные условия: $t = 0$; $C_{НП,t=0} = C_{НП,ex}$; $C_{O_2,t=0} = C_{O_2,ex}$

где h — т.н. шаг интегрирования, расстояние между узлами, в которых рассчитывается значение искомой функции $C_{НП}$, с; τ — время контакта, с.

Таким образом, задавая начальные значения концентраций веществ, участвующих в реакции (момент времени $t = 0$, номер узла $i = 0$), можно рассчитать значения концентрации в $i = 1$ узле интегрирования, затем в $i = 2$ узле и т.д. Каждый раз, для того, чтобы рассчитать значения концентрации нефтепродуктов в $(i+1)$ -м узле интегрирования нам необходимо знать концентрации в i -м узле.

С использованием Microsoft Office Excel был составлен моделирующий алгоритм решения уравнений математической модели с шагом по времени $h = 0,1$. При моделирующих расчетах использовались два значения равновесной концентрации кислорода в сточной воде: 0,1 и 2 моль/м³. Также были использованы два значения времени контакта τ — 2 и 5 часов. Результаты расчета на модели приведены на рис. 18.

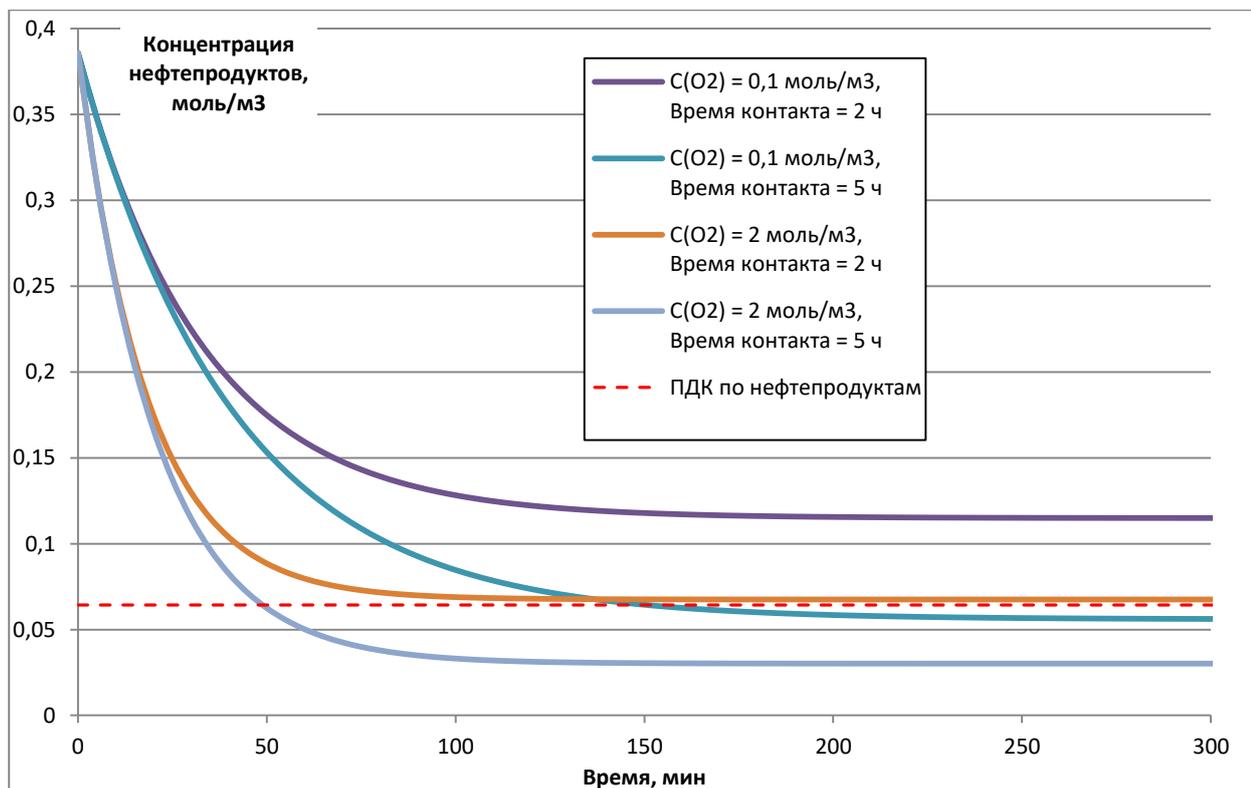


Рисунок 18 — Результаты математического моделирования реакции окисления нефтепродуктов сточной воды в реакторе идеального смешения

Как видно из результатов моделирования, наиболее быстрый выход на стационарный режим наблюдается для высокой концентрации кислорода при времени контакта 5 ч — за ок. 100 мин. Это же и единственный режим, который обеспечивает явное достижение концентрации нефтепродуктов ниже ПДК. Достижение стационарного режима с $C_{\text{НП}}$ ниже ПДК обеспечивает и концентрация кислорода 0,1 моль/м³ при том же времени контакта. В этом случае выход на стационарный режим происходит через 250 минут. Режимы с временем контакта 2 ч не обеспечивают достижения ПДК по нефтепродуктам независимо от концентрации кислорода.

Необходимо обратить внимание, что время контакта по своему смыслу отличается от астрономического времени, отложенного по оси абсцисс на рис. 18. Положение кривых на графике определяет принципиальную достижимость концентрации нефтепродуктов значений ПДК и время достижения от начала процесса (запуска реактора). Время контакта же является параметром модели, связывающим между собой расход сточной воды и объем реакционной фазы.

Полученные результаты можно использовать для расчета основных параметров работы реакционного аппарата.

4.2.6. Конструктивные размеры реактора

Согласно проведенному моделирующему расчету, для реакции окисления нефтепродуктов исследуемой сточной воды, необходимо использовать аппарат с таким объемом жидкой фазы, который обеспечит время контакта $\tau = 5$ ч. Т.к. максимальный расход сточной воды составляет $31 \text{ м}^3/\text{ч}$, требуемый объем жидкой фазы в аппарате: $V = \tau \cdot v_p = 5 \cdot 31 = 155 \text{ (м}^3\text{)}$. Согласно [57], в реакционных аппаратах емкостного типа степень заполнения равна 0,7-0,85. С учетом ожидаемого большого расхода воздуха примем степень заполнения 0,7. Тогда общий объем аппарата составит

$$V_a = \frac{V}{0,7} = \frac{155}{0,7} = 221,4 \approx 222 \text{ м}^3.$$

Определим линейные размеры реактора. Примем в первом приближении равенство диаметра и высоты реакционной зоны внутри реактора:

$$V = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h = \pi \cdot \frac{d^3}{4}, \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 155}{\pi}} = 5,8 \text{ (м)}. \text{ Примем } d = 5,5 \text{ м, тогда}$$

высота реакционной зоны составит 6,5 м, а общая высота внутреннего пространства аппарата — 9,34 м, примем общую высоту 9,5 м.

4.2.7. Расчет объемного коэффициента массопередачи кислорода

Для выбора перемешивающего устройства оценим требуемый коэффициент массопередачи относительно подаваемого кислорода. Составим для этого материальный баланс аппарата по нефтепродуктам и по кислороду в стационарном режиме в соответствии с рекомендациями [51].

Материальный баланс реактора по нефтепродуктам запишется следующим образом

$$v_p \cdot (C_{НП,ex} - C_{НП}) = V \cdot k \cdot C_{НП} \cdot C_{O_2} \quad (5)$$

где $C_{НП,ex}$, $C_{НП}$, C_{O_2} — концентрации, соответственно, нефтепродуктов в сточной воде на входе в реактор, нефтепродуктов в момент наступления

стационарного режима (область, в которой кинетическая кривая превращается в прямую на рис...), кислорода в момент наступления стационарного режима, моль/м³.

Расчет будем вести для случая, когда кислород расходуется в реакции окисления. Тогда из (5):

$$C_{O_2} = \frac{v_p \cdot (C_{НП,ex} - C_{НП})}{V \cdot k \cdot C_{НП}} \quad (6)$$

Материальный баланс реактора по кислороду запишется следующим образом

$$k_v \cdot (C_{O_2}^* - C_{O_2}) = k \cdot C_{НП} \cdot C_{O_2} \quad (7)$$

где k_v — объемный коэффициент массопередачи, с⁻¹, $C_{O_2}^*$ — концентрация кислорода в воде в состоянии насыщения, моль/м³.

Объемный коэффициент массопередачи может быть вычислен из (7):

$$k_v = \frac{k \cdot C_{НП} \cdot C_{O_2}}{(C_{O_2}^* - C_{O_2})} \quad (8)$$

Таким образом, каждому значению концентрации кислорода в воде в состоянии насыщения, для которых мы провели моделирующий расчет, будет соответствовать свои значения стационарных концентрация кислорода и нефтепродуктов, а значит и свое значение коэффициента массопередачи (см. табл. 9).

Таблица 9 — Расчет коэффициентов массопередачи кислорода в реакторе идеального смешения

Равновесная концентрация O ₂ , моль/м ³	Стационарная концентрация нефтепродуктов, моль/м ³	Стационарная концентрация O ₂ , моль/м ³	Коэффициент массопередачи, с ⁻¹
0,1	0,056	0,034	0,014
2	0,0302	1,929	0,409

По результатам расчета коэффициентов массопередачи было определено, что для достижения равновесной концентрации кислорода 2 моль/м³ требуется

более высокий коэффициент массопередачи, а значит более производительное перемешивающее устройство.

4.2.8. Выбор перемешивающего устройства

Для создания взвеси активного ила и с учетом полученных значений коэффициента массопередачи выберем однорядную открытую турбинную мешалку. Согласно [58], примем: диаметр мешалки $d_m = 0,36 \cdot d = 0,36 \cdot 5,5 = 2$ (м), ширина лопасти мешалки $b = 0,2 \cdot d = 0,2 \cdot 5,5 = 1,1$ (м), число лопастей — 6, угол наклона плоскости лопасти к горизонтальной плоскости — 90° . С учетом наличия распределителя воздуха (аэратора), расстояние от нижнего края мешалки до дна сосуда примем 0,8 м.

Выберем частоту вращения мешалки n_0 . Согласно [58]:

$$n_0 = \frac{\mu}{d_m^2 \cdot \rho} \cdot C_1 \cdot Ar \cdot \left(\frac{d_q}{d_m}\right)^{0,5} \cdot \left(\frac{d}{d_m}\right)^k = \frac{\mu}{d_m^2 \cdot \rho} \cdot C_1 \cdot \left(\frac{g \cdot d_q^3 \cdot \rho_q - \rho}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_q - \rho}{\rho}\right) \cdot \left(\frac{d_q}{d_m}\right)^{0,5} \cdot \left(\frac{d}{d_m}\right)^k$$

где μ — динамическая вязкость сточной воды, Па · с; ρ — плотность сточной воды, кг/м³; $C_1 = 4,7$ для турбинных мешалок; Ar — критерий Архимеда; d_q — диаметр частицы активного ила, примем 5 мм; $k = 1$ для турбинных мешалок; g — ускорение свободного падения, м/с²; ν — кинематическая вязкость сточной воды, м²/с; ρ_q — плотность частицы активного ила, примем как для частиц песка 2650 кг/м³.

При температуре сточной воды 10 °С, частота вращения будет равна:

$$n_0 = \frac{\mu}{d_m^2 \cdot \rho} \cdot C_1 \cdot \left(\frac{g \cdot d_q^3 \cdot \rho_q - \rho}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_q - \rho}{\rho}\right) \cdot \left(\frac{d_q}{d_m}\right)^{0,5} \cdot \left(\frac{d}{d_m}\right)^k =$$

$$= \frac{1,3 \cdot 10^{-3}}{2^2 \cdot 1019} \cdot 4,7 \cdot \left(\frac{9,86 \cdot 0,005^3 \cdot 2650 - 1019}{(1,28 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{2650 - 1019}{1019}\right) \cdot \left(\frac{0,005}{2}\right)^{0,5} \cdot \left(\frac{5,5}{2}\right)^1 = 0,25 \text{ (с}^{-1}\text{)} \cdot$$

При температуре сточной воды 40 °С, частота вращения будет равна:

$$n_0 = 0,51 \text{ (с}^{-1}\text{)}$$

Примем частоту вращения мешалки 35 об/мин.

4.2.9. Удельный расход воздуха

Рассчитаем удельный расход воздуха q ($\text{м}^3/\text{м}^3$ очищаемой воды) по формуле из [54]:

$$q = \frac{q_0 \cdot (L_0 - L)}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_T \cdot K_3 \cdot (C_{O_2}^* - C_{O_2, \text{cp}})} \quad (10)$$

где L_0 — БПК поступающей в аппарат сточной воды, мг/л; L — БПК очищенной воды, мг/л; q_0 — удельный расход кислорода воздуха, мг на 1 мг снятой БПК; K_1 — коэффициент, учитывающий тип распределителя воздуха (аэратора) и размер пузырей воздуха; K_2 — коэффициент, зависящий от глубины погружения распределителя воздуха; K_T — коэффициент, учитывающий температуру сточных вод, который следует определять по формуле $K_T = 1 + 0,02 \cdot (t_{\text{см.в.}} - 20)$, где $t_{\text{см.в.}}$ — среднемесячная температура сточной воды в летний период, °С; K_3 — коэффициент качества воды; $C_{O_2}^*$ — максимальная растворимость кислорода воздуха в воде, мг/л; $C_{O_2, \text{cp}}$ — среднее содержание кислорода воздуха в воде в процессе очистки.

Примем $q_0 = 1,1$ мг/мг для очистки до значений $C_{\text{нп}}$ ниже ПДК; $K_1 = 0,75$ для пузырей среднего размера; $K_2 = 0,4$ для глубины погружения распределителя воздуха 0,4 м. Пусть температура сточной воды в летний период равна $t_{\text{см.в.}} = 25$ °С, тогда $K_T = 1 + 0,02 \cdot (25 - 20) = 1,1$. Примем $K_3 = 0,85$ для городских сточных вод.

Для оценки среднего содержания кислорода в воде выберем случай, для которого рассчитывали перемешивающее устройство,

$$C_{O_2}^* = 2 \text{ моль}/\text{м}^3 = 64 \text{ г}/\text{м}^3 = 64 \text{ мг}/\text{л}, \text{ тогда: } C_{O_2, \text{cp}} = \frac{C_{O_2}^* + C_{O_2}}{2} = 62,864 \text{ мг}/\text{л}.$$

БПК поступающей в аппарат сточной воды рассчитывается по уравнениям химических реакций окисления (3): в среднем, на 1 моль нефтепродуктов приходится 17 моль O_2 или: 156,31 г нефтепродуктов

соответствует 544 г O₂. Значит $L_0 = C_{НП,ex} \cdot \frac{544}{156,31} = 60 \cdot \frac{544}{156,31} = 208,8$ (мг/л),

$$L = L_0 \cdot \frac{C_{НП}}{C_{НП,ex}} = 208,8 \cdot \frac{0,0302}{0,386} = 16,33 \text{ (мг/л)}.$$

Тогда:

$$q = \frac{1,1 \cdot (208,8 - 16,33)}{0,75 \cdot 0,4 \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot (64 - 62,864)} = 664,4 \text{ (м}^3/\text{м}^3\text{)}.$$

Объемный расход воздуха равен:

$$v_{air} = q \cdot v_r = 664,4 \cdot 31 = 20597 \text{ (м}^3/\text{ч)}.$$

Округлим полученное значение до $v_{air} = 21000$ м³/ч.

Таким образом в результате проведенных расчетов были определены основные конструктивные размеры цилиндрического аппарата, работающего в режиме идеального смешения и служащего для микробиологической очистки сточных вод. Были рассчитаны размеры и частота вращения мешалки, расход воздуха в аппарат, предложены режимы работы оборудования. Разработанный аппарат для микробиологической очистки сточных вод в виде эскиза изображён на рис. 19.

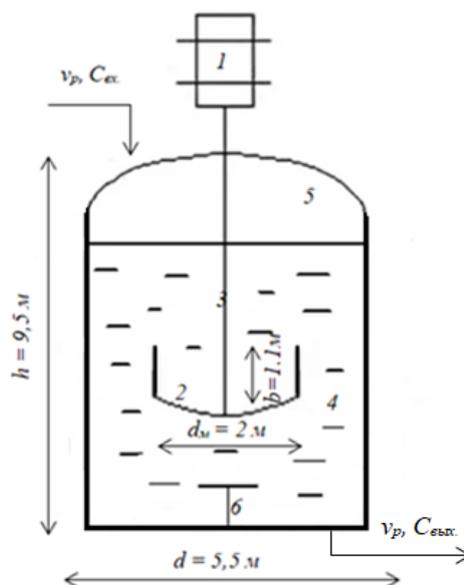


Рисунок 19 — Аппарат для микробиологической очистки сточных вод: 1 — двигатель; 2 — мешалка; 3 — вал; 4 — реакционная водная фаза; 5 — реактор; 6 — аэратор.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

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

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Целью очистки сточных вод от нефтепродуктов и оценки рисков его влияния, является обеспечение безопасности и сохранение здоровья работника в процессе его трудовой деятельности.

Оценка рисков является составной частью системы управления охраной труда предприятия, направленной на формирование и поддержание профилактических мероприятий по оптимизации опасностей и рисков, в том числе по предупреждению аварий, травматизма и профессиональных заболеваний [28].

В данной выпускной квалификационной работе исследуется очистка сточных вод от нефтепродуктов. Объектом исследования является система очистных сооружений, отсюда можно сделать вывод, что потенциальными потребителями результатов исследования являются все потенциально опасные объекты.

Результатом сегментирования должно быть: определение основных сегментов данного рынка выбор сегментана на котором намерено

ориентироваться промышленное предприятие; выявление сегментов рынка, привлекательных для предприятия в будущем.

Таблица 10 – Карта сегментирования рынка услуг по использованию методики оценки рисков

Предназначение методики оценки рисков	Размер предприятия		
	Крупное	Среднее	Мелкое
Разработка паспорта безопасности опасного производственного объекта	2	1	3
Определение опасных и вредных факторов в технологии производства и рабочего места	2	1	3
Выбор и применение СИЗ на рабочем месте	2	1	3
Применение знаков безопасности на рабочем месте	2	3	1

1–лесообрабатывающее предприятие;

2–радиационно-опасный объект;

3–транспортное предприятие.

Как видно из карты сегментирования, данная методика обладает высокой конкурентоспособностью, в силу своей необходимости и неуклонности потенциально опасных объектов в процессах очистки сточных вод. Это обусловлено тем, что оценка рисков является наиболее эффективным превентивным мероприятием на промышленном предприятии [29].

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Таблица 11 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,3	4	5	3	1,5	1,2	0,9
2.Качество продукта	0,3	5	4	3	1,5	1,2	0,9
3.Энергоемкость процессов	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,3
Экономические критерии оценки эффективности							
4.Цена	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
5.Конкурентоспособность продукта	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
6.Финансирование научной разработки	0,1	4	3	5	0,4	0,3	0,5
Итого	1				4,8	4,0	3,4

5.1.3 SWOT-анализ

SWOT–Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы)– представляет собой комплексный анализ научноисследовательского проекта. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1.Обеспечивает необходимое качество подготовки воды.</p> <p>С2.Наличие квалифицированного персонала, имеющего опыт работы в данной области.</p> <p>С3.Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С4.Готовность и быстрая адаптация персонала к изменениям.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1.Значительный износ сетей и сооружений.</p> <p>Сл2.Устаревшее оборудование.</p> <p>Сл3.Высокая степень износа оборудования.</p> <p>Сл4.Низкий уровень оплаты труда и отсутствие мотивации в эффективном управлении.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.</p> <p>В2.Появление спроса на данный вид исследования.</p> <p>В3.Появление потенциального спроса на новые разработки.</p> <p>В4.Уменьшение значимости или достоинства конкурентных разработок.</p>	<p>Сильные стороны и возможности:</p> <p>Простота применения и адекватность разработки может вызвать спрос на нее, а это в свою очередь увеличит количество спонсоров.</p> <p>Кроме того, унифицированность и адекватность разработки может уменьшить конкурентноспособность других разработок.</p>	<p>Слабые стороны и возможности:</p> <p>1.Наработка и укрепление конкурентных преимуществ продукта.</p> <p>2.Модернизация оборудования.</p> <p>3.Внедрение технологии.</p>

<p>Угрозы: У1. При отсутствии сервисного договора сильное влияние неформальных отношений. У2. Повышение требований к качеству продукции.</p>	<p>Сильные стороны и угрозы: 1. Продвижение новой технологии с целью создания спроса. 2. Внедрение менеджмента качества.</p>	<p>Слабые стороны и угрозы: 1. Закрытие проекта. 2. Дальнейшая проработка.</p>
---	---	---

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 13 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальной темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала и темы	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работа	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Анализ используемых средств и методов	
	9	Систематизация и оформление информации	

Оценка полученных результатов	10	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	11	Заключение	Руководитель, студент

5.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ

Трудоёмкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоёмкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{minі} + 2t_{maxі}}{5}, \quad (1)$$

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

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

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

Для выполнения перечисленных в таблице 4 работ требуются специалисты:

- инженер (И);
- научный руководитель (НР).

Исходя из ожидаемой трудоёмкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %[27].

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (2)$$

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

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

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

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

где T_{ki} - продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} - продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

где $T_{\text{кал}}$ - календарные дни ($T_{\text{КАЛ}} = 366$);

$T_{\text{вых}}$ - выходные дни ($T_{\text{ВД}} = 52$);

$T_{\text{пр}}$ - праздничные дни ($T_{\text{ПД}} = 12$).

$k_{\text{кал}} = 366 / (366 - 52 - 12) = 366 / 302 = 1,212$;

В таблице 15 приведены длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе.

Таблица 14 – График проведения научного исследования

Этап	Исполнители	Продолжительность работ,						Длительность работ, чел/дн.							
		дни						Т _{рi}				Т _к			
		t _{min}		t _{max}		t _{ож}		НР		И		НР		И	
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Постановка задачи	НР	3	10	5	13	3,8	11,2	4,56	4,03	-	13,44	5,53	4,88	-	16,28
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, И	2	12	4	15	2,8	13,2	0,34	7,92	3,36	15,84	0,41	9,6	4,07	19,19
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	10	15	13	20	11,2	17	4,03	20,4	13,44	14,28	4,88	24,72	16,28	17,3
Разработка календарного плана	НР, И	2	3	4	5	2,8	3,8	0,67	4,56	3,36	-	0,81	5,53	4,07	-
Обсуждение литературы	НР, И	2	6	4	9	2,8	7,2	1,01	-	3,36	8,64	1,22	-	4,07	10,47
Проектирование структуры ПО	НР, И	15	10	20	13	17	11,2	20,4	4,03	14,28	13,44	24,72	4,88	17,3	16,28

Разработка ПО	НР, И	12	15	15	20	13,2	17	7,92	20,4	15,84	14,28	9,60	24,27	19,19	17,3
Тестирование ПО	И	6	2	10	4	7,6	2,8	-	0,67	9,12	3,36	-	0,81	11,05	4,07
Оформление расчетно- пояснительной записки	И	6	15	9	20	7,2	17	-	20,4	8,64	14,28	-	24,72	10,47	17,3
Оформление графического материала	И	2	3	5	5	3,2	3,8	-	4,56	3,84	-	-	5,53	4,65	-
Подведение итогов	НР, И	2	2	3	4	2,4	2,8	1,72	0,67	2,88	3,36	2,08	0,81	3,49	4,07
Итого:						74	78	40,65	50,23	78,12	90,21	49,27	60,2	94,68	80,65

5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

5.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1+k_T) \cdot \sum_{i=0}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (5)$$

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.);

C_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.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25%.

Таблица 15 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб.		Затраты на материалы, руб	
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Бумага	лист	150	100	2	2	345	230
Картридж для принтера	шт.	1	1	1000	1000	1150	1150
Ручка	шт.	1	1	20	20	23	23
Тетрадь	шт.	1	1	10	10	11,5	11,5
Интернет	М/бит(пакет)	1	1	350	350	402,5	402,5
Дополнительная литература	шт.	2	1	400	350	920	402,5
Итого						2219,5	2135,5

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

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье заносится в таблицу 8.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Таблица 16 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1.	Анализатор жидкости «Флюорат-02-5М»	1	576 000	662400
2.	Пипетки	1	160	184
3.	Колбы мерные	1	849	976
4.	Цилиндры мерные	1	220	253
5.	Делительная воронка	1	1480	1702
Итого: 665515				

5.3.3 Основная заработная плата исполнительной темы

Затраты на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением НИР. Статья включает основную заработную плату

работников, непосредственно занятых выполнением НИР, включая премии и доплаты.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (6)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (7)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, рабочих дней.

Средняя заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 рабочих дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 рабочих дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочих дней. (таблица 17)

Таблица 17 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество рабочих дней:		
- выходные дни	51	102
- праздничные дни	12	12
Потери рабочего времени:		
- отпуск	48	24
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	250	223

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p \quad (9)$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

k_d – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3.

Таблица 18 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_b , руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$,руб.	T_p ,раб.дн.	$Z_{осн}$,руб.
Руководитель	20390,0	0,3	0,5	1,3	47712,6	2137,5	21	44888,0
Исполнитель	14874,5	0,3	0,02	1,3	25524,6	1282,0	19	24357,1
ИТОГО $Z_{осн}$								69245,1

5.3.4 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.)[25].

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (10)$$

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

$$Z_{доп} = 0,13 \cdot 69245,1 = 9001,9$$

5.3.5 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 (11):

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (11)$$

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

В таблице 19 представлены отчисления во внебюджетные фонд

Таблица 19 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	14239,35	2135,9
Бакалавр	15132	2269,8
Консультант ЭЧ	10040,45	1506,07
Консультант СО	10040,45	1506,07
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
Итого:	12568,77	

5.3.6 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:

$$Z_{накл} = k_{нр} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 5), \quad (12)$$

где k_{nr} – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов k_{nr} допускается взять в размере 16 %. Таким образом, накладные расходы на данные НТИ составляют 121368 руб.

5.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

В таблице 20 приведено определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект.

Таблица 20 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исп.1	Исп.2	
1. Материальные затраты НТИ	2219,5	2135,5	Таблица 6
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	665515	665515	Таблица 7
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	69245,1	69245,1	Таблица 9
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9001,9	9001,9	Нумерация 10
5. Отчисления во внебюджетные фонды	12568,77	12568,77	Таблица 10
6. Накладные расходы	121368	121368	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	879918,27	879918,27	Сумма ст. 1-6

Из таблицы 20 видно, что основные затраты НТИ приходятся на основную заработную плату исполнителей темы

5.3.8 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, 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.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (13)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = 0,8; I_{\text{ф}}^a = 1,0$$

Таблица 21 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,28	5	4
2. Энергосбережение	0,32	4	4
3. Надежность	0,25	4	3
4. Материалоемкость	0,15	5	4
ИТОГО	1	18	16

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,28 + 4 \cdot 0,32 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 = 4,43$$

$$I_{p-исп2} = 4 \cdot 0,28 + 4 \cdot 0,32 + 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 = 3,75$$

Интегральный показатель эффективности разработки $I_{финр}^p$ и аналога $I_{финр}^a$ определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}; \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a} \quad (14)$$

$$I_{финр}^p = \frac{4,43}{0,8} = 5,54; \quad I_{финр}^a = \frac{3,75}{1} = 3,75.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.13) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных [27].

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a} = \frac{5,54}{3,75} = 1,48 \quad (15)$$

где $\mathcal{E}_{ср}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{ТЭ}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{ТЭ}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

$$\mathcal{E}_{ср} = 1,48.$$

Таблица 22 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,8	1,0
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,43	3,75
3	Интегральный показатель эффективности	5,54	3,75
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,48	0,70

Вывод

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были определены финансовый показатель разработки, показатель ресурсоэффективности, интегральный показатель эффективности, сравнив значения интегральных показателей эффективности. Таким образом, можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

6 Социальная ответственность

В основе концепции социальной ответственности лежит обеспечение безопасности труда работников компании, охрана здоровья сотрудников благодаря системе медицинского страхования, развитие человеческих ресурсов через программы обучения и подготовки, а также охрана окружающей среды путем внедрения комплексной системы управления.

Согласно природоохранному законодательству получены все разрешительные документы, направленные на недопущение экологически вредной производственной деятельности предприятия на окружающую среду.

На предприятии организовано постоянное наблюдение за источниками выбросов вредных веществ в атмосферу, контроль качества воздушной среды осуществляется не только заводской лабораторией, но и сторонней аккредитованной организацией. Данные мониторинга на границе санитарно защитной зоны свидетельствуют о том, что качество атмосферного воздуха, на прилегающих к предприятию территориях соответствуют установленным нормативам.

Объектом исследования является определение нефтепродуктов в сточной воде флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02».

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности Специальные правовые нормы трудового законодательства

На производстве проводится специальная оценка условий труда на рабочем месте, проводится не реже чем один раз в пять лет.

На тяжелых и физических работах с вредными (особо вредными), опасными (особо опасными) условиями труда запрещается применение труда женщин.

Лицам, не достигших восемнадцатилетнего возраста, работа с вредными (особо вредными), опасными (особо опасными) условиями труда запрещается.

При приеме на работу с вредными (особо вредными), опасными (особо опасными) условиями труда проводятся обязательные медицинские осмотры работников.

Таким образом, при отнесении условий труда к вредными (особо вредными), опасными (особо опасными) работникам, занятым на рабочем месте, которое относится к вредными (особо вредными), опасными (особо опасными) должны предоставляться компенсации не ниже предусмотренных постановлением Правительства РФ от 20.11.2008 № 870. В соответствии с п. 1 данного постановления работникам, занятым на перечисленных видах работ, установлены следующие компенсации:

- сокращенная продолжительность рабочего времени - не более 36 часов в неделю в соответствии со ст. 92 ТК РФ;
- ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск - не менее 7 календарных дней;
- повышение оплаты труда - не менее 4% тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда.

Федеральной инспекцией труда осуществляет надзор за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов.

Государственный контроль (надзор) за соблюдением требований по безопасному ведению работ в отдельных сферах деятельности осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации уполномоченными федеральными органами исполнительной власти.

Профсоюзный общественный контроль за охраной труда осуществляют общественные инспектора и комиссии по охране труда комитетов профсоюзов.

Для исключения возможности несчастных случаев должны проводиться обучение, инструктажи и проверка знания работников требований безопасности труда.

К работе в лаборатории допускаются лица, достигшие 18 лет и прошедшее медицинское освидетельствование в соответствии с [47]. Периодичность медосмотров устанавливается в соответствии с правилами и нормами [48].

6.2 Профессиональная социальная безопасность

6.2.1 Анализ вредных факторов при работе в химической лаборатории

Выбор вредных факторов производится по [31].

Таблица 23 - Вредные факторы при выполнении методики по определению содержания нефтепродуктов

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [36].
2.Превышение уровня шума		+	+	ГОСТ 12.1.003– 2014.ССБТ «Система стандартов безопасности труда. Шум» [37].
3.Отсутствие или недостаток естественного и искусственного света	+	+	+	СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» [39].

4.Работа с лабораторной посудой	+	+	+	Технический регламент таможенного союза ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты» [33].
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	ГОСТ 12.1.019-2009 ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов 62 защиты» [40].
6.Работа с электронагревательными приборами	+	+	+	СП 2.2.2.1327-03 «Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту» [32].
7.Работа с химическими реактивами	+	+	+	ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» [35].

6.2.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

6.2.3 Повышенная температура поверхностей оборудования

Эксплуатация нагревательных приборов (электрическая плита, водяная и песчаная бани, муфельная печь) может привести к термическим ожогам.

Согласно [32] температура наружных поверхностей оборудования, должна соответствовать требованиям действующих санитарных правил. В 63 случае если нет возможности обеспечить нормируемую температуру поверхности оборудования, необходимо предусмотреть мероприятия по защите работников от возможного получения термического ожога. В химической лаборатории максимальная температура наружных

поверхностей не превышает допустимых норм [32] и составляет не более 70°C.

Средства индивидуальной защиты от нагревательных приборов включают в свой состав следующие наименования:

- защитная изолирующая одежда;
- специальная обувь и очки;
- резиновые перчатки и коврики;
- прорезиненные накладки на рабочий инструмент.

6.2.4 Острые кромки, заусенцы и шероховатости на поверхностях заготовок, инструментов, оборудования

Причиной большинства травм в лаборатории является неправильное обращение со стеклянной посудой. Осколки от разбитого стекла могут стать причиной резаных ран или глубоких порезов. Если осколки стекла загрязнены, то вред ранения увеличивается по причине возможности внесения в рану ядовитых или раздражающих веществ. Поэтому при работе со стеклянной лабораторной посудой необходимо соблюдать меры предосторожности. Запрещается использовать стеклянную посуду, имеющую трещины или отбитые края. Осколки разбитой стеклянной посуды следует убирать с помощью щетки и совка, но ни в коем случае не руками.

Согласно [33] работникам лаборатории должны выдаваться СИЗ (резиновые и хлопчатые перчатки; халат х/б; защитные очки; резиновый фартук), применение которых может уменьшить риск получения травм от осколков разбитой химической посуды.

6.2.5 Повышенный уровень статического электричества

Эксплуатация электроустановок связана с вероятностью вредного воздействия на людей электрического тока, в виде электрических травм и профессиональных заболеваний.

Термическое действие тока вызывает появление на теле ожогов разных форм, перегревание кровеносных сосудов и нарушение функциональности внутренних органов.

Поверхность электрооборудования не должны достигать температур, способных вызывать ожоги [34].

Основные меры предотвращения электротравм в лаборатории – защита от прикосновения к находящимся под напряжением частям электрооборудования и применение защитного заземления.

Действующие электронагревательные приборы нельзя оставлять без присмотра. При их включении соединительный шнур сначала присоединяется к прибору, а затем уже прибор включается в общую сеть. Выключение производится в обратном порядке. Если при работе на электроустановке почувствуете даже слабое ощущение действия тока, немедленно прекратите работу, выключите рубильник и сообщите преподавателю или лаборанту.

Наименьшее допустимое значение сопротивления изоляции нормируется правилами устройства электроустановок: для контактов, пускателей, силовых щитов и осветительных установок ПДУ не менее 0,5 МОм; для вторичных цепей - не менее 1Мом [40].

Технические мероприятия для обеспечения безопасности работы:

- возможность экстренного отключения электрической энергии;
- запрещающие плакаты; -проверка на отсутствие напряжения;
- заземление (заземляются токоведущие части).

6.2.6 Оказание первой медицинской помощи при поражении электрическим током

При поражении электрическим током другого человека немедленно обесточьте линию, соблюдая меры предосторожности, чтобы самому не попасть под ток.

При невозможности обесточить линию:

а) если пострадавший поражен током через упавший на него провод, то встаньте на сухую доску и сухой палкой снимите с него провод.;

б) если пострадавший взялся за токоведущие части и не может оторваться самостоятельно, то необходимо его оторвать, надев резиновые перчатки или накинув на него сухую одежду (несколько слоев), резину и т.п.

Вызовите врача, а до его прихода обеспечьте пострадавшему полный покой, тепло, теплое питье. Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, то дайте ему понюхать раствор аммиака, обрызгивайте водой, растирайте и согревайте тело. Если дыхание и пульс у пострадавшего прерывисты или отсутствуют начните делать искусственное дыхание и массаж сердца и продолжайте до прихода врача.

6.2.7 Химические опасные и вредные производственные факторы

Соляная кислота очень опасна для здоровья человека. При попадании на кожу вызывает сильные ожоги. Особенно опасно попадание в глаза.

Очень опасны пары хлороводорода, образующиеся при взаимодействии с воздухом концентрированной кислоты. Они раздражают слизистые оболочки и дыхательные пути.

Согласно [35] значение предельно допустимой концентрации соляной кислоты в воздухе рабочей зоны составляет 5 мг/м^3 .

Пары азотной кислоты очень вредны: они оставляют на коже плохо заживающие раны, пары раздражают дыхательные пути. Под действием света или при нагреве кислота разлагается с образованием токсичного диоксида азота NO_2 (газа бурого цвета).

Согласно [35] значение предельно допустимой концентрации азотной кислоты в воздухе рабочей зоны составляет 2 мг/м^3 .

Согласно [33] защиту от воздействия вредных и опасных факторов осуществляют с помощью средств индивидуальной защиты (СИЗ).

СИЗ, используемые в химической лаборатории:

- резиновые и хлопчатые перчатки
- халат х/б
- защитные очки
- резиновый фартук
- респиратор [33].

6.2.8 Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат производственной среды регламентируются [36].

Температура воздуха в лаборатории поддерживается:

- 1) в холодный и переходный периоды 16 – 22 °С;
- 2) в теплый период 18 – 25 °С.

Влажность воздуха не должна превышать 30 – 60 %, скорость движения воздуха 0,2 – 0,5 м/с.

В лаборатории создание оптимального микроклимата обеспечивается работой форточек, дверей, приточной вытяжной вентиляцией, кондиционерами.

Летом помещения проветриваются с помощью вентиляторов, а в зимнее - помещения нагревают центральным отоплением или обогревателем.

6.2.9 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Большинство процессов в химической лаборатории сопровождаются значительным шумом. Последствия воздействия шума на организм человека ведет к снижению производительности труда и часто является причиной травматизма [37].

В химической лаборатории уровень шума составляет 65 дБ при допустимых 75 дБ и не превышает норм, установленных [38].

6.2.10 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Рациональное освещение помещений и рабочих мест – один из главнейших элементов благоприятных условий труда. При правильном

освещении повышается производительность труда, улучшаются условия безопасности, снижается утомляемость. Неправильное и недостаточное освещение может привести к созданию опасных ситуаций. Наилучшие условия для полного зрительного восприятия создает солнечный свет.

Искусственное освещение предусматривается в помещениях, в которых недостаточно естественного света, или для освещения помещения в часы суток, когда естественная освещенность отсутствует.

В лаборатории, где проводилось исследование, используется комбинированная система освещения, то есть общее искусственное и местное освещение [39].

6.3 Экологическая безопасность

В условиях работы в лаборатории исследуется охрана окружающей среды со стороны воздействия на атмосферу (выбросы); на гидросферу (сбросы); на литосферу (отходы).

В условиях лаборатории выбросы в атмосферу незначительны. Поэтому для защиты окружающей среды от вредных газов и паров можно использовать адсорбцию. Для этого в лаборатории на выходе вентиляционных труб установлены перегородки, поверх которых уложен слой адсорбента (обычно активированный уголь). Воздушный поток, пройдя через слой адсорбента, очищается от вредных газов и паров [4].

Все выбросы в канализацию также необходимо подвергать обезвреживанию и очистке. Для этих целей все отработанные кислотные и щелочные сливы собираются в отдельную для каждого вида тару, затем подвергаются нейтрализации и только после этого они могут быть слиты в канализацию с их предварительным 10-кратным разбавлением водопроводной водой [43].

Твердые отходы собираются в специальные сборники и увозятся для уничтожения. Охрана окружающей среды и рациональное использование

природных ресурсов имеет огромное экономическое и социальное значение.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери, нарушения условий жизнедеятельности людей.

К чрезвычайным ситуациям относят в лаборатории можно отнести:

- пожар;
- стихийные бедствия;
- социальные конфликты.

При возникновении пожара работник лаборатории должен:

- сообщить о пожаре по телефону в пожарную охрану;
- вывести работников из зоны воздействия опасных факторов пожара;
- отключить электрооборудование - выключить приточно-вытяжную вентиляцию;
- вынести из помещения сосуды с огне- и взрывоопасными веществами, используя при необходимости СИЗ органов дыхания;
- приступить к ликвидации пожара, используя первичные средства пожаротушения.

Для предупреждения пожара необходимо соблюдать правила проведения работ в лаборатории; правильно эксплуатировать нагревательные приборы; использовать только исправные электроустановки [41].

При стихийном бедствии необходимо оповестить всех работников лаборатории об угрозе возникновения ЧС. При поступлении сигнала о возможном инциденте все работники лаборатории должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, после чего в лаборатории отключается электроэнергия, водоснабжение. При необходимости персонал эвакуируется в безопасное место [44].

6.4.2 Пожаровзрывобезопасность

Лаборатория кафедры топлива относится к невзрывоопасным по степени пожароопасности – к категориям «А» – производства, связанные с обращением с легковоспламеняющимися жидкостями, а также обработкой негорячего материала согласно [41].

При возникновении пожара необходимо принять все меры по его локализации и тушению. Для этого должен быть обеспечен проход между лабораторными столами, выходы недопустимо загромождать различными предметами. При возникновении возгорания все сотрудники должны действовать четко, в соответствии с заранее разработанной программой согласно инструкции.

Для тушения возможного возгорания и пожаров в лаборатории должны находиться:

- а) огнетушитель углекислотный газовый типа ОУ – 2 для тушения всех видов горючих веществ и электроустановок, кроме веществ, горящих без доступа воздуха;
- б) порошковый огнетушитель ОПС – Ю, предназначенный для тушения небольших очагов возгорания щелочных металлов;
- в) ручной пенный огнетушитель ОХП, применяемый для тушения установок, находящихся под напряжением;
- г) асбестовое одеяло, которое используется при тушении обесточенных электропроводов, горячей одежды;

д) ящик с песком для тушения обесточенных горящих на горизонтальной поверхности проводов.

Лаборатория, в которой проводилось НТИ, оснащена всеми противопожарными устройствами и соответствует требованиям пожарной безопасности [41].

Вывод

В рамках данного раздела были рассмотрены вопросы, связанные с обеспечением безопасности труда на производстве. На основании данных исследований были проанализированы вредные и опасные факторы, влияющие на организм в процессе работы, неправильное освещение рабочего места, отравление химическими реактивами, производственные шумы, микроклимат производственной среды, а также следствие влияния этих факторов на работающего в виде переутомляемости или профессиональных заболеваний. С учетом этого приведены рекомендации по организации рабочего места оператора, позволяющие повысить производительность труда и свести к минимуму вероятность профессионального заболевания.

Заключение

В рамках данной работы исследовалось содержание нефтепродуктов в сточной воде. Определение нефтепродуктов в сточной воде проводится флуориметрическим методом анализа. С применением метода математического моделирования была разработана конструкция аппарата для микробиологической очистки таких сточных вод.

В ходе выполнения поставленной цели были решены следующие задачи:

- 1) Изучены основные методы очистки нефтесодержащих сточных вод;
- 2) Изучена методика проведения количественного химического анализа для определения состава нефтесодержащих сточных вод;
- 3) Определен состав нефтепродуктов в сточной воде;
- 4) Выявлены наиболее эффективные методы очистки сточных вод от нефтепродуктов;
- 5) С использованием метода математического моделирования разработана конструкция аппарата для микробиологической очистки сточных вод.

Основные конструктивные размеры, полученные в ходе работы: диаметр реактора — $d = 5,5$ м; высота реакционной зоны — 6,5 м, общая высота внутреннего пространства аппарата — 9,5 м; объем аппарата — 222 м³; диаметр мешалки $d_m = 2$ м, ширина лопасти мешалки $b = 1,1$ м, число лопастей — 6, угол наклона плоскости лопасти к горизонтальной плоскости — 90°; глубина погружения распределителя воздуха в аппарате 0,4 м. Кроме того было определено: частота вращения мешалки 35 об/мин, объемный расход воздуха $v_{air} = 21000$ м³/ч.

Аппарат, размеры которого были получены в результате расчета и моделирования, может быть использован в схеме очистки сточных вод, в основном, для снижения содержания нефтепродуктов ниже ПДК=10 мг/м³.

Максимальный расход сточных вод, при котором аппарат работает эффективно — $31 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Освоенная методика, включающая в себя элементы математического моделирования реакторов окисления, может быть использована как для расчета других аппаратов очистки сточных вод, так и для реакторов, режим в которых близок к режиму идеального смешения. Проведенный расчет может быть развит в следующих направлениях:

- подбор предохранительных клапанов для реактора окисления;
- расчет успокоителя-деаэрата для сточных вод, прошедших очистку;
- оптимизация расхода воздуха в реактор для снижения потребления кислорода.

Полученные результаты могут быть использованы для поверочного расчета и внедрения цилиндрического реактора в существующую схему очистки сточных вод.

Список использованных источников

1. Рациональное использование и охрана окружающей среды городов : учебник для студ. высш. учеб. заведений / [Е.М. Сергеев, Г.Л. Кофф]. — М.: Высшая школа, 1995. – 175 с.
2. Козлов Е. П. Чрезвычайные ситуации можно и нужно предотвратить // Гражданская защита. – 1994. – №4, 14 – 16 с.
3. Охрана окружающей среды : учебное пособие / [И. Ф. Ливчак, Ю. Ф. Воронов]. – М.: Колос, 1995. – 244 с.
4. Гарин В. М., Клёнова И. А., Колесников В. И. Экология для технических вузов Серия «Высшее образование». Под ред. В. М. Гарина. Ростов н/Д:Феникс, 2003. - 384 с. ISBN 5-222-03768-1 стр. 145 - 175/
5. Дерепасова А. А. Экология и рациональное природопользование агропромышленных регионов: сб. докл. III Междунар. молодежной науч. конф., 10–11 нояб. 2015 г. / Белгор. гос. технол. ун-т. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. - Ч.2. - 68 с.
6. Очистка производственных сточных вод: Учеб. пособие для вузов / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов; Под ред. С.В. Яковлева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1985. – 335 с.
7. Гетманцев С.В., Нечаев И.А., Гандурина Л.В. Очистка производственных сточных вод коагулянтами и флокулянтами. Научное издание. Издательство АСВ. – М.: 2008. – 272 с.
8. Хенце М. Очистка сточных вод: Пер. с англ. / Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э.- М.: Мир,2006. – 480 с.
9. Алексеев, Е. В. Основы технологии очистки сточных вод флотацией / Е.В. Алексеев.-М.:АСВ, 2016.- 407 с. 10. Яковлев С.В., Калицун В.И. Механическая очистка сточных вод: Учебник для вузов. - М.: Стройиздат, 1972. - 200с.

11. Серебренникова, М. К. Биологические способы очистки нефтезагрязненных сточных вод (обзор) / М. К. Серебренникова, М. С. Тудвасева, М. С. Куюкина // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. — 2015. — Вып. 1. — С. 15–30.

12. Доливо-Добровольский, Л. Б. Микробиологические процессы очистки воды / Л.Б. Доливо-Добровольский. М.: Издательство Министерства Коммунального хозяйства РСФСР, 2016. — 182 с.

13. Латыпова, Марина, Севостьянова Ольга Исследование процессов биохимической очистки токсичных сточных вод / Латыпова Марина und Севостьянова Ольга. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2015. - 469 с.

14. Маннанова, Гринада Васфиевна Методы Очистки Промышленных Сточных Вод / Маннанова Гринада Васфиевна. - Москва: СИНТЕГ, 2015. -539с.

15. Динар, Фазуллин Методы очистки и утилизации водозмульсионных сточных вод / Фазуллин Динар, Геннадий Маврин Рубен Мелконян. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2013. - 152 с.

16. Драгинский В. Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод / В. Л. Драгинский, Л. П. Алексеева, С. В. Гетманцев. - М. : [б. и.], 2005. - 576 с.

17. Баженов В. И. Современное технологическое обеспечение очистки сточных вод животноводческих комплексов / В. И. Баженов, В. В. Стыхин // Экология и промышленность России. - 2009. - № 1. - С. 24-28.

18. Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 328 с.

19. Ксенофонов Б. С. Интенсификация флотационной очистки сточных вод / Б. С. Ксенофонов // Экология производства. - 2010. - № 1. - С. 43-52.
20. Комарова Л.Ф., Кормина Л.А. Инженерные методы защиты окружающей среды. Техника защиты атмосферы и гидросферы от промышленных загрязнений: Учебное пособие. – Барнаул, 2000.
21. Даценко, В. В. Очистка сточных вод в нефтепереработке / В. В. Даценко, Э. Б. Хоботова // Экология производства. - 2012. - № 12. - С. 65-69.
22. Каталитические реакции и охрана окружающей среды / Отв. ред. Д. Г. Батыр; А. Я. Сычев, С. О. Травин, Г. Г. Дука, Ю. И. Скурлатов. - Кишинев : Штиинца, 1983. - 271 с.
23. Баглай С.В. Биохимическая очистка промышленных сточных вод // ЭЖиП: Экология и промышленность России. – 2002. – №3. — С.9-11.
24. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в диплом проектировании: Учебное пособие.– М.: Высшая школа, 2014. - 299с.
25. Обзор статистики зарплат профессии/Trud [URL]: <https://tomsk.trud.com/salary/909/3831.html> (дата обращения 20.04.2020).
26. Воронина, М.В. Финансовый менеджмент: Учебник для бакалавров / М.В. Воронина. - М.: Дашков и К, 2015. - 400 с.
27. Щепетова, С.Е. Менеджмент и экономика качества: От естественного к формальному, от формального к естественному / С.Е. Щепетова.— М.: КомКнига, 2010.— 512 с.
28. В.А. Щербаков, Е.А. Приходько. Основы финансового функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003.–164 с.
29. Международный стандарт ISO 26000:2011. Социальная ответственность организаций. Требования. Дата введения:15.03.2012.-36с.

30. Генеральное соглашение между общероссийскими объединениями профсоюзов, общероссийскими объединениями работодателей и Правительством Российской Федерации на 2014 - 2016 годы. — 13с.

31. ГОСТ 12.0.003-2015.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

32. СП 2.2.2.1327-03. Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту. Дата введения: 26.05.2003. - 20с.

33. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 019/2011 О безопасности средств индивидуальной защиты. Дата введения: 9.12.2011.- 180 с.

34. Технический регламент. О безопасности электроустановок. Дата введения: 10.01.2010.- 18с.

35. ГН 2.2.5.313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Дата введения:10.05.2003.- 20с.

36. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Дата введения:01.06.96. – 12с.

37. ГОСТ 12.1.003– 2014.ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Шум. Дата введения:01.11.2013. – 18с.

38. ГОСТ ISO 9612-2015. Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах. Дата введения:01.12.2014.- 26с.

39. СП 52.13330.2016.Естественное и искусственное освещение. Дата введения: 08.05.2017. – 29с.

40. ГОСТ Р 12.1.019-2009. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. Дата введения:01.01.2011. – 20с.

41. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности № 123-ФЗ от 22 июля 2008 года. – 92с.

42. ГОСТ 17.2.3.02—78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями. Дата введения:01.01.1980. – 30с.

43. Федеральный закон от 10 января 2002 года N 7-ФЗ Об охране окружающей среды. – 10с.

44. ГОСТ Р 22.0.02 – 94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Дата введения:01.01.1996. – 31с.

45. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 17 декабря 2010 г. N 1122н «Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи работникам смывающих и (или) обезвреживающих средств и стандарта безопасности труда «Обеспечение работников смывающими и (или) обезвреживающими средствами». – 13с.

46. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 16 февраля 2009 г. N 45н «Об утверждении норм и условий бесплатной выдачи работникам, занятым на работах с вредными условиями труда, молока или других равноценных пищевых продуктов. Порядка осуществления компенсационной выплаты в размере, эквивалентном стоимости молока или других равноценных пищевых продуктов». – 17с.

47. Трудовой кодекс Российской Федерации. Статья 213. Медицинские осмотры некоторых категорий работников.-424 с.

48. Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 N 302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда». – 13 с.

49. Охрана вод. Сооружения биологической очистки сточных вод: Методические указания к выполнению курсового проекта / Составитель Н.В.

Растрыгин - Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций, Санкт-Петербург, 2003. – 108 с. — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/1854943/>

50. Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие / А. М. Гумеров и др. — М.: КолосС, 2008. — 159 с.

51. Смирнов Н. Н. Химические реакторы в примерах и задачах : учебное пособие для вузов / Н. Н. Смирнов, А. И. Волжинский. — Ленинград: Химия, 1977.

52. Содержание растворенного кислорода в воде: Методические указания/ Составитель Кузьмина И.А. - НовГУ, Великий Новгород, 2007. – 12 с. — Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/029/48029/files/novsu062.pdf>

53. Растворимость кислорода // Заголовок с сайта из сети Internet.
Режим доступа:
<https://tehtab.ru/Guide/GuideMedias/OxigenO2/OxygenSolubility/>

54. СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения

55. ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР Справочное пособие к СНиП 2.04.03-85. Проектирование сооружений для очистки сточных вод. — М.: Стройиздат, 1990.

56. Правила приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов. — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200037398>

57. Кузнецов, Алексей Алесеевич. Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности : учебное пособие / А. А. Кузнецов, С. М. Кагерманов, Е. Н. Судаков. — 2-е изд., перераб. и доп.. — Ленинград: Химия, 1974. — 344 с.

58. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. — М.: ООО ТИД "Альянс", 2004. — 753 с. — 10-е изд. стереотип., доработ. — Перепеч. с изд. 1973 г.