

Школа \_\_\_\_\_ Инженерная школа природных ресурсов \_\_\_\_\_  
 Направление подготовки \_\_\_\_\_ 18.03.01. Химическая технология \_\_\_\_\_  
 Отделение школы \_\_\_\_\_ Отделение химической инженерии \_\_\_\_\_

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Проект установки получения битума окислением гудрона</b>

УДК 665.775.023.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
з-2Д61	Баландина Юлия Юрьевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Бондалетов В.Г.	д.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Киселева Е. С.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев М. В.	-		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мойзес О. Е.	к.т.н.		



<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <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>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзор литературы</li> <li>2. Инженерные расчеты</li> <li>3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li> <li>4. Социальная ответственность</li> </ol>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Технологическая схема</li> <li>2. Реактор. Вид общий</li> <li>3. Реактор. Сборочные единицы</li> </ol>
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы** *(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Киселёва Елена Станиславовна
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович

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

--

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	25.01.2021
-------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Бондалетов В. Г.	д.т.н.		25.01.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
з-2Д61	Баландина Ю. Ю.		25.01.2021

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2Д61	Баландиной Юлии Юрьевне

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОХИ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	18.03.01 Химическая технология

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>-30 % премии; 20 % надбавки; 16 % накладные расходы; 30 % районный коэффициент.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30,2 %</i>

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Анализ и оценка конкурентоспособности НИ; SWOT-анализ.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Формирование плана и графика разработки: -определение структуры работ - определение трудоемкости работ; -разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - амортизационные отчисления; - заработная плата; - отчисление во внебюджетные фонды; - накладные расходы.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определение эффективности проекта (оценка результатов)</i>

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</li> <li>2. Матрица SWOT анализа</li> <li>3. Альтернативы проведения НИ</li> <li>4. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей</li> <li>5. График Ганта</li> <li>6. Распределение бюджета НИ</li> <li>7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</li> </ol>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	03.03.2021
-------------------------------------------------------------	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОГСН ШБИП	Киселева Елена Станиславовна	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-2Д61	Баландина Юлия Юрьевна		

## «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2Д61	Баландиной Юлии Юрьевне

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа природных ресурсов</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Химическая инженерия</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	18.03.01 Химическая технология

Тема ВКР:

<b>Проект установки получения битума окислением гудрона</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является установка получения битума окислением гудрона. Область применения: нефтехимическая промышленность.
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны опытного химического цеха (ОХЦ). Правовые нормы трудового законодательства, регулирующие соблюдение безопасности при работе производства: - «Конституция Российской Федерации» от 21.07.2014 N 11-ФКЗ; - Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ; Постановлением Минтруда РФ от 08.02.2000 г. «Об утверждении рекомендации по организации труда на предприятии, учреждении и организации».
<b>2. Производственная безопасность:</b>	Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов: - Недостаточная освещенность рабочей зоны; - Повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте; - Неудовлетворительный микроклимат; - Повышенный уровень напряженности электростатического поля; - Опасность атмосферного электричества; - Токсичные и вредные вещества.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	- Анализ воздействия объекта на атмосферу, гидросферу и литосферу; - Решение по обеспечению экологической безопасности.

<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>- Выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>- Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>- Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> <li>- Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>
--------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	03.03.2021
------------------------------------------------------	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д61	Баландина Юлия Юрьевна		

## Запланированные результаты обучения

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
ОПК(У)-3	Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире
ОПК(У)-4	Владение пониманием сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознанием опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способностью соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
ПК(У)-3	Готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
ПК(У)-4	Способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-5	Способность использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума, и вибрации, освещенности рабочих мест

<b>ПК(У)-6</b>	Способность налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
<b>ПК(У)-7</b>	Способность проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
<b>ПК(У)-8</b>	Готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
<b>ПК(У)-9</b>	Способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
<b>ПК(У)-10</b>	Способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
<b>ПК(У)-11</b>	Способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
<b>Профессиональные компетенции университета</b>	
<b>ДПК(У)-1</b>	Способность планировать и проводить химические эксперименты, проводить обработку результатов эксперимента, оценивать погрешности, применять методы математического моделирования и анализа при исследовании химико-технологических процессов
<b>ДПК(У)-2</b>	Готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования
<b>ДПК(У)-3</b>	Готовность разрабатывать проекты индивидуально и в составе авторского коллектива

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

Школа инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки (специальность) 18.03.01 Химическая технология  
 Уровень образования бакалавриат  
 Отделение школы (НОЦ) отделение химической инженерии  
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.01.21	Работа с литературой	20
22.02.21	Исходные данные для проектирования	5
26.04.21	Инженерные расчеты	25
03.05.21	Финансовый менеджмент	10
10.05.21	Социальная ответственность	10
20.05.21	Оформление графической части	15
09.06.21	Оформление пояснительной записки	15
14.06.21	Сдача готовой работы	

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Бондалетов В. Г.	Д.Т.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мойзес О. Е.	К.Т.Н		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа в количестве 107 страниц, 16 рисунков, 28 таблиц, 50 источников литературы, 2 листа графического материала.

Ключевые слова: битум, гудрон, нефть, окисление.

Объект разработки - это установка получения битума окислением гудрона.

Целью выпускной квалификационной работы является проект установки получения битума окислением гудрона мощностью 80 тыс. тонн в год.

Пояснительная записка содержит такие разделы, как:

- литературный обзор;
- инженерные расчеты;
- финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;
- социальная ответственность;
- заключение.

Проектирование установки по производству битума окислением гудрона мощностью 80 тыс. тонн в год. Выполнены следующие расчеты: материальный баланс на каждом этапе производства, тепловой баланс, технологические расчеты установки, оснащенной смесителем. Механический расчет и подбор дополнительного оборудования. На основании расчета составляется чертеж общего вида колонны, сборочные единицы окислительной колонны. Представлена технологическая схема производства.

Кроме того, были рассчитаны основные технико-экономических показатели, указывающие, что проект установки экономически эффективен. Отображена социальная ответственность.

## Определения

Битум - это твердый или смолистый продукт, состоящий из смеси углеводородов и их азот-, серо- и металлсодержащих производных.

Гудрон - это остаток от перегонки масляных фракций при атмосферном давлении и вакууме, который кипит при 450-600 ° С (в зависимости от природы нефти).

Окисление - это химический процесс, который включает увеличение степени окисления атома окисляемого вещества путем передачи электронов от восстанавливающего атома (донора электронов) к атому окислителя (акцептору электронов).

Обозначения:

$G$  – производительность, кг/ч

$t$  – температура, °C

$\tau$  – время, ч

$V$  – объемный расход, м<sup>3</sup>/ч

$\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>

$w$  – объемная скорость, м<sup>3</sup>/ч

$P$  – давление, МПа

$\omega$  – объемная скорость подачи сырья, ч<sup>-1</sup>

$M$  – молярная масса, г/моль

Сокращения:

УПБ – установка по производству битумов;

КИП и А – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

ОПО – опасный производственный объект ОС – окружающая среда;

ПАЗ – противоаварийная автоматическая защита;

ПДВ – предельно-допустимые выбросы;

ПДК – предельно-допустимые концентрации;

ЧС – чрезвычайная ситуация.

## Оглавление

Введение .....	14
1 Обзор литературы.....	16
1.1 Техничко-экономическое обоснование проекта.....	16
1.2 Физико-химические основы процесса получения .....	17
1.3 Выбор конструкции основного аппарата.....	21
1.4 Выбор технологической схемы производства .....	25
2 Исходные данные для проектирования.....	31
2.1 Характеристика продукта, исходного сырья и материалов .....	31
2.2 Описание технологической схемы .....	37
3 Инженерные расчеты .....	40
3.1 Материальный расчёт .....	41
3.2 Тепловой расчёт .....	44
3.3 Технологический расчёт основного аппарата .....	48
3.4. Механический расчёт основного аппарата .....	51
3.5 Подбор вспомогательного оборудования .....	57
3.6 Контроль производства и управления.....	60
3.6.1 Аналитический контроль .....	60
3.6.2 Автоматический контроль .....	62
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	64
5 Социальная ответственность .....	86
Заключение .....	100
Список литературы .....	101
Приложение А .....	106

## Введение

Битум - это первый продукт, полученный из нефти, который человечество начало использовать. Он использовался как строительный материал более 5000 лет назад. Битум, добываемый на месторождениях нефти, может быть использован в качестве гидроизоляционного материала при строительстве башен, зданий, тоннелей, водоканалов, зернохранилищ. По мере расцвета нефтяной промышленности объем и качество производства битума увеличивались.

В настоящее время битум используется во многих отраслях промышленности, таких как: строительство, сельское хозяйство, промышленность, струйная техника. Битум более широко используется в дорожном строительстве, ремонте дорог, промышленном и гражданском строительстве.

Мировые мощности по производству нефтяного битума в 2014 году превысили 111,5 млн тонн. По потенциалу производства нефтяных битумов Россия уступает только развитым странам мира после США, но в три раза уступает американскому уровню, но опережает Канаду, которая занимает третье место. и имеет 7,0% мировых производственных мощностей.

Потенциал производства нефтяных битумов в России относительно мощностей первичной переработки нефти достиг уровня США - 3,7 %, что выше уровня добычи нефти во Франции, Италии, Японии, но значительно ниже потенциальных возможностей Канады и Германии.

Качество битума регулируют гос. стандартами, которые часто обновляются.

Ассортимент выпускаемых битумов:

- Строительные битумы, ГОСТ 6617 – 76;
- Дорожные, ГОСТ 22245 – 90;
- Кровельные, ГОСТ9548 – 74;
- Изоляционные, ГОСТ 9812 – 74;
- Специальные для лакокрасочных продуктов, ГОСТ 21822 – 87.

На состояние и развитие производства битумов в России влияют следующие факторы:

- Сезонность производства битума дорожного;
- Содержание парафина в маслах (увеличение нормальных парафиновых углеводородов);
- Нестабильная система ценообразования, при которой цена битума составляет около 60-70 % от стоимости исходной нефти;
- Сложная технологическая операция (высокая вязкость сырья и продукта);
- Устаревшие установки на заводах по производству битумов.

Для производства битума нефтяного используют такие процессы:

- Концентрирование тяжелых нефтяных остатков в вакууме (остаточный битум);
- Деасфальтация тяжелых нефтяных остатков выборочными растворителями (осажденный битум);
- Окисление нефтяных остатков кислородом воздуха при высоких температурах (окисленный битум);
- Смешение остаточного битума с окисленным битумом (компаундированный битум) [3].

## 1 Обзор литературы

### 1.1 Техничко-экономическое обоснование проекта

Сегодня битум в России и за рубежом является многотоннажным продуктом нефтепродуктов. Жесткие требования к качеству битума и увеличение расхода битума дорожного говорят о необходимости совершенствования и увеличения мощности технологических процессов производства окисленного битума.

Битум приобрёл большой объём применения: изоляционная, кровельная, бытовое и промышленное строительство, он также используется для строительства и ремонта дорог и аэропортов.

Битум получают такими способами:

- Вакуумная глубокая перегонка мазута (остаточные битумы);
- Деасфальтация тяжелых нефтяных остатков выборочными растворителями (осажденные битумы);
- Окисление остаточных нефтепродуктов высокотемпературным воздухом (окисленные битумы).

Остаточные битумы получают как кубовые остатки (выкипающие выше 450-500 °С), получают при первичной переработке некоторых тяжелых нефтей. Для производства остаточных битумов используют сырье с высоким содержанием смолистых асфальтенов, которые в достаточном количестве присутствуют в тяжелых, сильно смолистых нефтях. Вакуумная перегонка мазута снижает содержание твердых парафинов и парафино-нафтеновых углеводородов. Основным недостатком процесса получения остаточного битума является сложность производства тугоплавкого битума, это сопровождается тем, что необходимо создать глубокий вакуум.

Процесс деасфальтизации гудрона парафинами - это производство деасфальтированной нефти, которая является сырьем для производства масел и установок каталитического крекинга и гидрокрекинга. Процесс деасфальтизации не ограничивает термическую стабильность разделенных компонентов, а позволяет расширить сырье для процессов каталитического и

термического разложения за счет разделения оставшихся масляных компонентов. Остатки асфальтирования в редких случаях соответствуют требованиям стандартов на битум. Современное производство битумов должно включать в себя блок по производству сырья для оптимизации фракционного и группового состава гудрона. Более тяжелая смола также является способом снижения содержания парафина, а увеличение ароматизации позволяет одновременно контролировать фракционный состав приготовленной смолы, указывая на то, что этот процесс экономически нецелесообразен.

Окисление остатков нефтепереработки воздухом в настоящее время является основным процессом при производстве битума. На сегодняшний день технология производства окисленных битумов заключается в каталитическом окислении остатков нефти кислородом воздуха. Диапазон температур в промышленных условиях 230 – 270 °С; расход воздуха - 2,8 – 5,5 м<sup>3</sup> / (м<sup>2</sup> · минут); продолжительностью - до 12 часов с диаметром колонны 3,2 – 3,4 м и высотой 14 – 15 м. Воздух подаётся в реактор под давлением или всасывается с помощью вакуума в системе до 500 мм рт. ст. Количество отгона, потерь зависит от содержания летучих веществ в сырье, глубины окисления. Водяной пар и СО<sub>2</sub> удаляются из системы. Экзотермическая реакция окисления повышает температуру в зоне реакции.

Процесс производства окисленного битума на российских нефтеперерабатывающих заводах не вызывает больших вопросов в плане производства. Этот процесс обеспечивает большую производительность, идёт получение широкого ассортимента битумов достаточно хорошего качества. По перечисленным показателям можно сделать вывод, что процесс окисления нефтепродуктов является наиболее экономически выгодным при производстве битума [1].

## 1.2 Физико-химические основы процесса получения

В отечественной нефтеперерабатывающей промышленности основным процессом является производство битума путем окисления остатков

нефтепереработки воздухом. Он используется, когда в сырье содержится мало асфальто-смолистых веществ, и их содержание может быть увеличено продувкой. Основными источниками сырья для окислительных превращений являются ароматические углеводороды, особенно тяжелые циклические и полициклические соединения, в которых содержание в битуме заметно ниже, чем в исходном сырье.

Окисление органических соединений кислородом воздуха происходит по радикально-цепному механизму. Однако из-за сложного химического состава сырья и разнообразия одновременных реакций химизм процесса изучен недостаточно.

Выделяют следующие типы реакций:

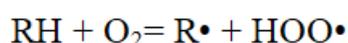
- реакции, приводящие к снижению молекулярной массы с образованием дистиллята, воды, диоксида углерода;

- реакции, незначительно изменяющие молекулярную массу с образованием воды;

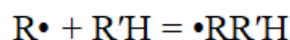
- реакции, приводящие к увеличению молекулярной массы с образованием воды, углекислого газа, асфальтенов;

- реакционное концентрирование (уплотнение) перегонкой дистиллятов и концентрирование асфальтенов [3].

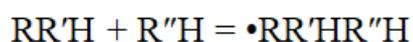
Схема превращения сырья в битум такая:



Образование стабильных продуктов при взаимодействии образовавшихся радикалов с новой молекулой углеводорода приводит к получению стабильных продуктов:

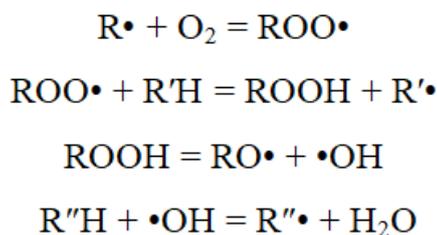


Диспропорционирование:

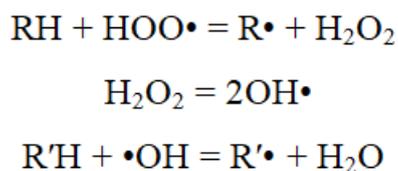


Из-за низкого содержания углеводородных радикалов их рекомбинация ( $2R\cdot = R - R$ ) маловероятна. В результате взаимодействие радикалов с

кислородом происходит в меньшей степени, чем с молекулами исходного вещества:

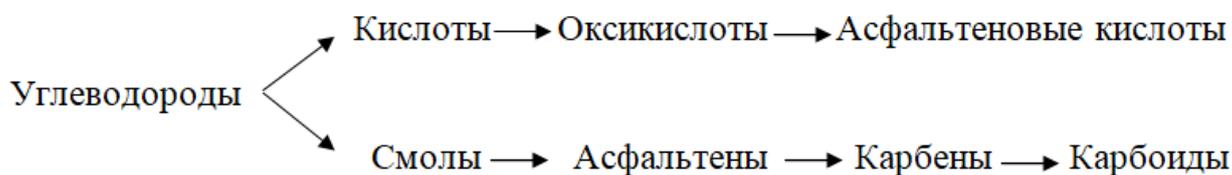


Продолжение цепи сопровождается реакциями:



Представленные реакции представляют собой вариант сложных превращений, происходящих в этом процессе [2].

В этом случае углеводороды окисляются одновременно в двух направлениях по схеме:



Большая часть воздуха идёт на образование  $H_2O$  и  $CO$ , малая часть идёт на образование органических веществ, содержащих  $O_2$  [3].

Большая часть  $O_2$ , взаимодействует с компонентами гудрона, вызывая реакции дегидрогенизации и транспортирует их вместе с отходами в виде связующего вещества (в основном водяного пара и  $CO_2$ ). Остальная часть  $O_2$  химически связана в виде окисленных соединений. Основное количество кислорода, связанного в окисленном битуме, находится в виде сложноэфирных групп.

В среднем на них приходится 60 % связанного кислорода и 40 % распределяется примерно поровну между гидроксильными, карбонильными и карбоксильными группами. Основное количество химически связанного  $O_2$  с окислением битума находится в виде сложноэфирных групп ( $-COO$ ) и в

меньшем количестве гидроксильных ( $-OH$ ), карбоксильных ( $-COOH$ ), карбонильных ( $=CO$ ) группах. Соотношение групп зависит от природы сырья, условий процесса окисления. Низкомолекулярные органические продукты (дистиллят), образующиеся в процессе окисления-носят название чёрный соляр [4].

На состав и физико-химические свойства товарного битума оказывают влияние следующие основные технологические факторы: природа сырья, температура окисления, расход воздуха, давление в зоне реакции.

От качества сырья зависит качество готового битума. Наихудшим сырьем для производства битумов является высокопарафинистая нефть. Высокое содержание парафина в нефти отрицательно сказывается на определенных эксплуатационных свойствах битумов: прилипаемость к минеральным покрытиям и прочность. Нефть для получения битумов, должна пройти процесс обессоливания. Высокое содержание парафиновых соединений в сырье снижает растяжимость битумов, повышает расход воздуха и продолжительность окисления. Присутствие серы способствует улучшению пластических свойств окисленных битумов, снижению температуры чувствительности.

С повышением температуры возрастает скорость окисления гудрона, понижается содержание кислорода в окисленном битуме, продолжительность процесса окисления и расход воздуха снижаются.

При температуре выше  $250\text{ }^{\circ}C$  происходит повышение температуры хрупкости битума, и понижение пенетрации, растяжимости, теплостойкости интервала пластичности окисленных битумов. Для дорожных марок битумов рекомендуемая температура окисления составляет  $250-290\text{ }^{\circ}C$ , для строительных – не выше  $320\text{ }^{\circ}C$ . Понижение температуры окисления до  $190-220\text{ }^{\circ}C$  ведет к снижению скорости реакции и производительности, что экономически нецелесообразно. Таким образом, температуру процесса окисления определяют качеством исходного сырья и требуемым качеством продукта [3].

Расход сжатого воздуха и степень диспергирования оказывают значительное влияние на процесс и свойства битумов. Увеличение скорости воздушного потока до определённого предела приводит к пропорциональному увеличению скорости окисления. При большом увеличении происходит ухудшение степени пользования кислородом воздуха, вследствие этого снижается эффективность и происходит повышение теплостойкости окисленного битума.

Чем выше давление в зоне реакции, тем быстрее процесс окисления и качество окисленного битума. Вследствии происходит улучшение диффузии кислорода в жидкой фазе. Окисление под давлением включает в себя сырьё с низким содержанием масел, так же позволяет получать битумы, обладающие достаточно высокими растяжимостью и пенетрацией. Позволяет регулировать состав и свойства получаемых битумов от зависимости давления.

### 1.3 Выбор конструкции основного аппарата

Производство окисленных битумов классифицируют по типам используемых окислительно-реакционных аппаратов. Процессы окисления могут быть проведены в кубах, в необогреваемых трубчатых (змеевиковых) реакторах, бескомпрессорных реакторах и окислительных колоннах.

Окислительный куб изображён на рисунке 1. Некоторое время назад был основным аппаратом для производства битумов в России. Представляет собой вертикальный пустотелый цилиндрический сосуд объёмом 200 м<sup>3</sup>, диаметром примерно 5,3 м, высотой 10 м. На установке битума в зависимости от заданной мощности и производительности строится несколько кубов, работающих периодически. Цикл куба включает в себя следующие операции: откачку, охлаждение, охлаждение и слив. В нижней части, где транспортируется воздух, дымовые газы выводятся из верхней части куба.

Недостаток куба - это низкое использование кислорода воздуха, так как увеличиваются затраты на электроэнергию на подачу воздуха, затем на сжигание отработанных газов, а также обуславливает взрывоопасность.

Поэтому куб как окислительный аппарат для многотоннажных производств битумов теряют свою ценность.

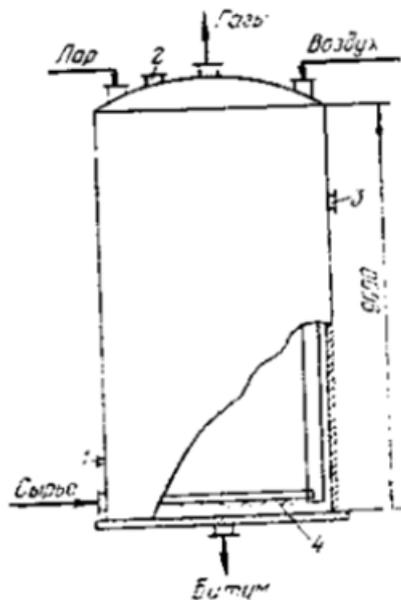


Рисунок 1 - Схема окислительного куба: 1 - пробоотборник; 2 - штуцер взрывного клапана; 3 - люк для уровнемера; 4 - диспергатор воздуха.

Второй способ производства окисленных битумов и использованием бескомпрессорных реакторов. Реактор заполняют окисляемой массой, в котром расположено рабочее колесо, вращающееся вокруг вертикальной оси и соединяемое полым валом с атмосферой. Из атмосферы за счёт центробежных сил, возникающих при вращении кола, воздух всасывается в окисляемую массу. В итоге отпадает необходимость в компрессорах, реактор приобрёл название – бескомпрессорный.

Реактор - горизонтально расположенный цилиндрический аппарат, изображён на рисунке 2. Реактор разделен на 6 секций, в пяти секциях расположены вращающиеся элементы-диспергаторы с индивидуальными электроприводами, шестая секция - буфер-накопитель битума. Гудрон температурой 200 °С закачивают в первую секцию реактора, там поддерживается температурный режим реактора. Окисляемая жидкая масса перетекает из первой в следующие секции через гидравлические затворы. Из-за низкой производительности реактор на распространение в нефтепереработке и

используется лишь у потребителей битумов для приготовления небольших партий продукта [9].

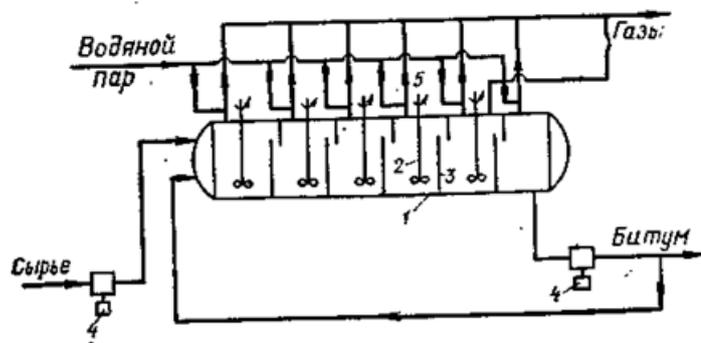


Рисунок 2 - Схема бескомпрессорного реактора:

1 - корпус реактора; 2 - диспергатор; 3 - разделительная перегородка;

4 - насосы.

И так третий способ производства битумов с помощью трубчатого змеевикового реактора, изображён на рисунке 3. Трубчатый змеевиковый реактор с вертикальным расположением труб. Температурный режим реактора поддерживается за счёт теплоты дымовых газов, которые поступают из форкамерной печи. Реактор отличается высоким КПД и использованием кислорода воздуха. При использовании в реакторе труб диаметром 200 мм повышается производительность, но при оптимальном режиме работы (температура 270-275 °С, расход воздуха 2600-2700 м<sup>3</sup>/ч, расход жидкой фазы 85-90 м<sup>3</sup>/ч). Это свидетельствует о высокой эффективности реакторы, но о неудобстве в эксплуатации.

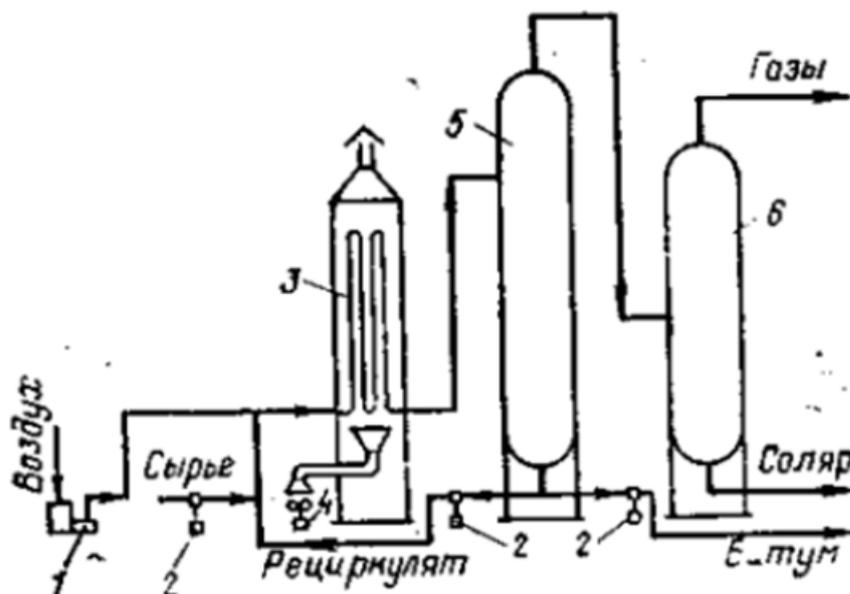


Рисунок 3 - Схема и оборудование процесса окисления в трубчатом реакторе: 1 - компрессор; 2 - насосы; 3 - трубчатый змеевиковый реактор в кожухе; 4 - вентилятор для подачи воздуха на обдув труб реактора; 5 - испаритель; 6 - сепаратор.

В связи с необходимостью увеличения единичных мощностей битумных установок и улучшения технико-экономических показателей стали использовать окислительные пустотелые колонны.

Окислительная колонна непрерывного действия, изображена рисунке 4, отличается высокой производительностью и простой конструкцией, легко управляема в процессе эксплуатации. Преимуществом процесса окисления в аппаратах колонного типа является возможность стабилизации теплового режима окисления за счёт изменения температуры сырья, применение компрессоров низкого давления и использование обширной степени автоматизации.

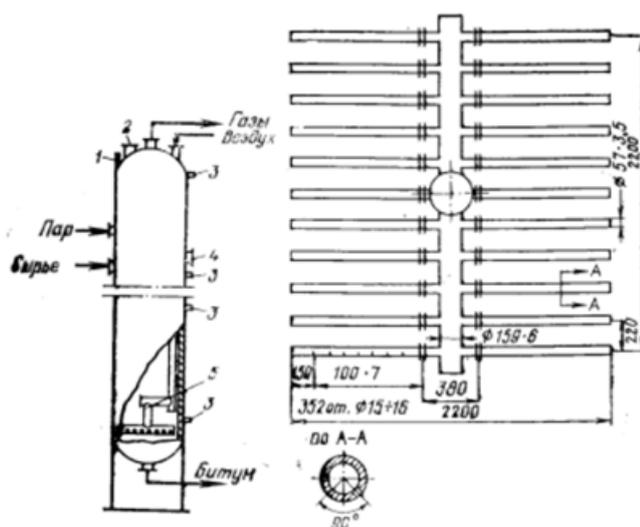


Рисунок 4 – Схема пустотелой окислительной колонны и маточник

- 1 - патрубок для измерения давления; 2 - штуцер взрывного клапана;  
 3 - бобышка для термопар; 4 - люк для уровнемера;  
 5 - диспергатор воздуха.

В колонне поддерживают определённый уровень окисляемого сырья. Воздух на окисление подают в нижнюю часть колонны через маточник. Сырьё подают под уровень раздела фаз, а битум откачивается снизу колонны. Колонна обладает рядом недостатков и главный из них - невысокая степень использования кислорода воздуха при получении строительных битумов. Это происходит из-за того, что она работает в режиме близком к идеальному перемешиванию. Так же к недостаткам пустотелых колонн следует отнести:

- Сложность управления из-за множества возможностей процесса;
- Достаточно высокие затраты топливно-энергетических ресурсов;
- Значительные колебания в качестве получаемой продукции, а так же нестабильности состава сырья;
- Отсутствие в колонне устройств для дополнительного диспергирования смеси нефтяного остатка и пузырьков воздуха и т.д. [1].

#### 1.4 Выбор технологической схемы производства

Для непрерывного производства битумов основными оборудованьями являются трубчатый реактор или окислительная колонна. Окислительные

колонны предпочтительны для производства дорожных битумов, а трубчатые реакторы для производства строительных битумов. Отдельные установки имеют в своём наличии оба аппарата. Двойное применение на одной установке двух типов реакторов позволяет одновременно получать разные марки битумов и экономичней использовать тепло реакции.

На некоторых нефтеперерабатывающих заводах используют комбинированные реакторы: сырье сначала окисляется в реакторе колонного типа, затем частично окисленный битум доокисляется в реакторе змеевикового типа [6].

Принципиальная схема окисления в колонне с утилизацией тепла представлена на рисунке 5.

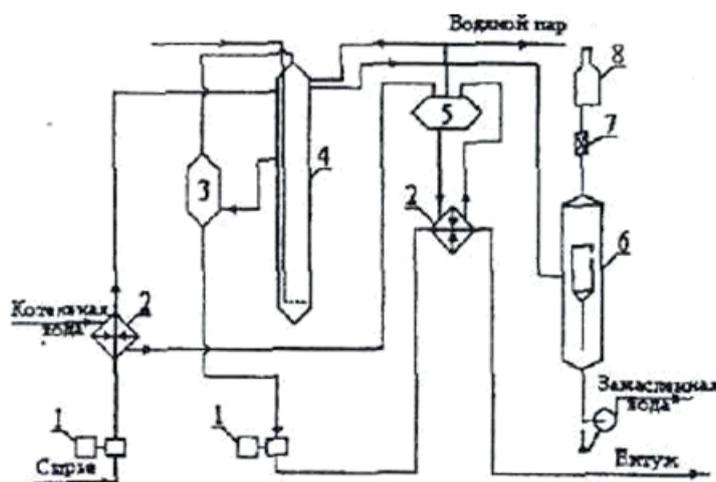


Рисунок 5 - Принципиальная схема окисления в колонне с утилизацией тепла.

- 1 - кипятильник; 3 - уравнительная емкость; 4 - окислительная колонна;  
 5 - парогенератор; 6 - сепаратор с циклоном; 7 - огнепреградитель;  
 8 - печь дожига.

Сырье закачивают в колонну под уровень жидкости. Снизу колонны через маточник диспергируется воздух. Битум откачивают с низа колонны, а отработанные газы выводятся с верха колонны. Холодное сырье нагревается за счет реакции окисления. При получении глубокоокисленных битумов дополнительный съем тепла осуществляется впрыском воды в газовое пространство или через маточник вместе с воздухом.

На рисунке 6 представлена схема непрерывно действующей битумной установки без циркуляции продукта.

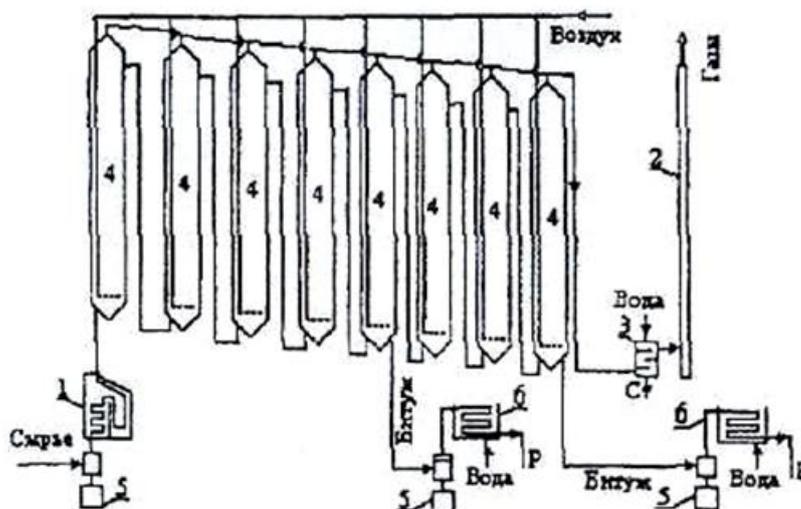


Рисунок 6 - Принципиальная технологическая схема непрерывной битумной установки с кубами-окислителями:

- 1 – печь; 2 – вытяжная труба; 3 – конденсаторы смешения;
- 4 – кубы - окислители; 5 – насосы; 6 – холодильник.

Несколько вертикальных кубов расположено так, что сырье и частично окисленный продукт самотеком перетекают из одного куба в другой. Кубы снабжены маточниками для подачи воздуха. Сырье и частично окисленный продукт окисляются во всех кубах одновременно. Пустотелая колонна является наиболее экономичным окислительным аппаратом при производстве битума, но она имеет несколько недостатков - невысокая степень использования кислорода воздуха и необходимость постоянного контроля уровня сырья в колонне.

Для устранения этих недостатков было предложено проводить окисление в одной полностью заполненной сырьем колонне с перетеканием его во вторую колонну представлена, схема представлена на рисунке 7.

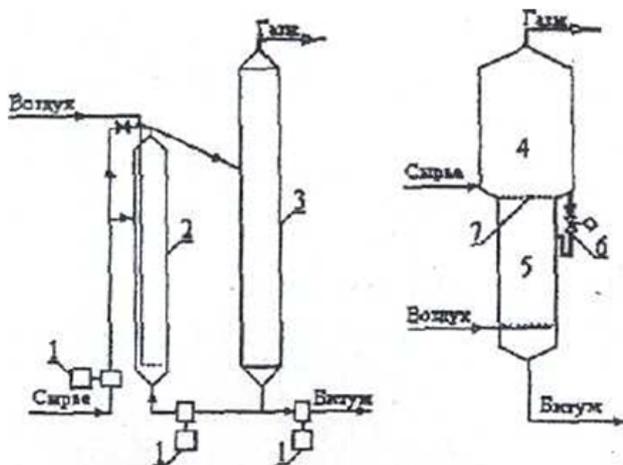


Рисунок 7 - Принципиальная схема окисления:

а – заполненная колонне с отдельной секцией сепарации;

б – окислительная колонна с квенчинг-секцией: 1 – насос; 2 – первая колонна; 3 – вторая колонна; 4 – секция квенчинга и сепарация; 5 – секция окисления; 6 – переток с регулирующим клапаном; 7 – разделительная тарелка

На данном рисунке показана колонна с квенчинг-секцией, позволяющая поддерживать более высокую температуру процесса, высокую степень использования кислорода воздуха.

Процесс окисления с квенчинг-секцией имеет положительный эффект после завершения фазы газоснабжения на данном оборудовании, но если он приведет к дополнительным затратам на рециркуляционную перекачку. В целях получения строительных и дорожных битумов сконструировано разделение секции реакции и секции сепарации. Сырье попадает сначала в секцию сепарации, оттуда вместе с рециркулятом направляется в секцию реакции по перетоку. Благодаря разделительному устройству, движение обеспечивается жидкой и газовой фазами, а сырье поддерживается при разных температурах на высоте жидкой фазы колонны: в секции реакции – относительно высокая, обеспечивающая полное использование кислорода воздуха; в секции сепарации - низкая, исключая закоксовывание газового пространства.

Производство окисленных битумов в кубах с механическим перемешиванием, в отдельности с применением турбинных мешалок, не нашло

широкого применения в промышленности. Особенностью окислительного куба является наличие турбинной мешалки с плоскими лопастями и четырёх вертикальных рёбер. С другой стороны, изучение процесса окисления на данной установке показало возможность интенсификации процесса за счёт увеличения поверхности контакта фаз, однако применение механического перемешивания связано с затратой дополнительной энергии.

В соответствии с изученными схемами и их технико-экономическими показателями выбираем схему окисления с окислительной колонной, представленную на рисунке 8. В технической схеме битумного завода должна быть предусмотрена необходимая мощность и производительность, возможен широкий спектр качественных битумов. Основными требованиями являются: обеспечение возможности поддержания максимальной поверхности реагирующих фаз, высокой степени ее обновления и оптимальная продолжительность контакта сырья с воздухом. Процесс будет более эффективным при наличии специальной системы отвода тепла. Следующим шагом также является принятие решения о безопасности и утилизации газа, кислого газа и жидких отходов. Распространённые методы утилизации: сжигание газа в печи и передача отгона в нефтеловушки либо использование его в качестве топлива [8].

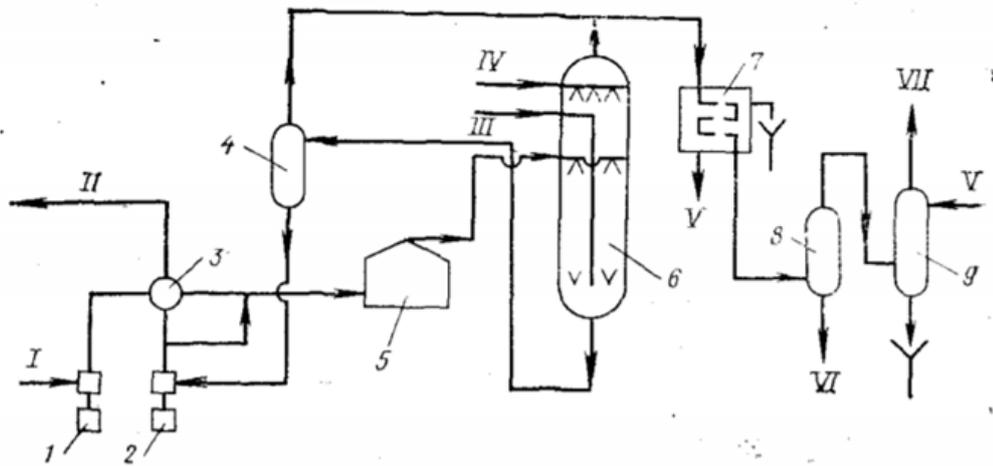


Рисунок 8 - Технологическая схема получения битума окислением гудрона:

1,2 - поршневые насосы; 3 - теплообменник; 4,8 - газосепараторы;  
 5- трубчатая печь; 6 - окислительная колонна; 7 - конденсатор-холодильник; 9 - скруббер; I – сырье (гудрон); II – битум; III – воздух;  
 IV – водяной пар; V – вода; VI – жидкий отгон; VII – газы окисления.

## 2 Исходные данные для проектирования

### 2.1 Характеристика продукта, исходного сырья и материалов

Окисленные битумы представляют собой сложную смесь высокомолекулярных углеводородов нефти и их гетеропроизводных, содержащих кислород, серу, азот, металлы (ванадий, железо, никель) и др., полученных в результате высокотемпературного окисления кислородом воздуха различных нефтяных остатков и их смесей. По агрегатному состоянию могут быть полужидкими, вязкими и относительно твёрдыми [10].

Таблица 1- Элементарный состав битумов

Элемент	% масс.
Углерод	80-85
Водород	8-12
Кислород	0,2-4
Сера	0,5-10
Азот	0,2-0,4
Ванадий	0,22
Никель	0,115
Железо	0,110
Кальций	0,054

Элементный состав битума приближен к возможному химическому составу то, предложено определять групповой химический состав. Разделение различных соединений на группы основано на их избирательном отношении к растворителям и адсорбентам. Из битумов обычно выделяют следующие группы углеводородов: масла, смолы (бензольные и спиртобензольные), асфальтены, реже асфальтогеновые кислоты и их ангидриды, карбены и карбоиды. Примерный групповой состав дорожного битума, % по массе: масла 40 – 60; смолы 20 – 40; асфальтены 10 – 30, карбены и карбоиды 1 – 3; асфальтогеновые кислоты и их ангидриды до 1 [10, 12].

При применении разных методов разделения битумов, получают разные методы по числу групп, их содержанию и структуре. По методу

Маркусона битумы разделяют на масла, смолы, асфальтены и асфальтогеновые кислоты и их ангидриды.

Масла снижают твёрдость и температуру размягчения битумов, увеличивают текучесть и испаряемость. Элементный состав масел: углерод 85-88 %; водород 10-14 %; сера до 4,5 %.

Смола представляет собой красновато-коричневое твердое вещество с плотностью 0,99-1,08 г/см<sup>3</sup>. Смолы характеризуют пластичность, твердость и растяжимость битума. Относятся к высокомолекулярным органическим соединениям гетероциклической и циклической структуры высокой степени конденсации, соединенным между собой алифатическими цепями.

Элементный состав смол: углерод 79-87 % мас.; водород 8,5-9,5 %; кислород 1-10 %; сера 1-10%; азот до двух %.

Асфальтены – твердые хрупкие вещества черного или коричневого цвета. Они нерастворимы в насыщенных углеводородах, в смешанных растворителях, но легко растворимы в жидкостях с высоким поверхностным натяжением – бензоле, сероуглероде и четыреххлористом углероде.

Элементный состав асфальтенов в % мас.: углерод 80-84; водород 7,5-8,5; сера 4,6-8,3; кислород до 6; азот 0,4-1. Плотность асфальтенов более 1 г/см<sup>3</sup>.

Молекулы асфальтенов уменьшаются при глубоком окислении. Гибкость, подвижность и рыхлость теряются, растворимость ухудшается. Этими превращениями объясняют тот факт, что выделенные из окисленных битумов, вторичные асфальтены, характеризуются большой хрупкостью и отношением углерод - водород, меньшей молекулярной массой и растворимостью, чем асфальтены, содержащиеся в сырье.

Асфальтогеновые кислоты и их ангидриды – вещества коричневого-серого цвета, консистенция густая смолистая. Асфальтогеновые кислоты легко растворяются в спирте, хлороформе, и трудно – в бензине. Плотность не более 1 г/см<sup>3</sup>.

Высокоуглеродистыми продуктами высокотемпературной переработки нефти и её остатков являются карбены и карбоиды. Карбены нерастворимы в четыреххлористом углероде, а карбоиды – в сероуглероде [12].

Битумом называется твёрдый или смолоподобный, с низкой тепло- и электропроводностью, чёрного цвета вещество, состоящий из углеводородов и их соединений. Нерастворим в воде, но может целиком либо частично раствориться в сероуглероде, хлороформе, бензоле и других растворителях. Плотность составляет около  $1 \text{ г/см}^3$ , его свойства зависят от качества входящих в смесь нефтей. Он прекрасно противостоит воздействию различных химических реагентов, водо- и газонепроницаем, устойчив к действию различных видов радиации и длительному тепловому воздействию. Битум является аморфным веществом он не имеет температуры плавления, переход от твёрдого состояния к жидкому характеризуется температурой размягчения. Твёрдость оценивается путём измерения пенетрации, а пластичность - растяжимостью (дуктильностью) [13].

Рассмотрим основные физико-химические свойства битумов.

Плотность является одной из самых важных характеристик битума. Она зависит от химического состава битума: увеличение содержания ароматических структур повышает его плотность, а увеличение содержания насыщенных соединений – уменьшает.

Плотность при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  битумов составляет  $1,00\text{-}1,04 \text{ г/см}^3$  определяется по ГОСТ 32183-2013 [14].

Пенетрация (глубина проникания иглы) – определяется по величине погружения стандартной иглы в битум при воздействии определенной нагрузки в промежуток времени. Чем выше содержание асфальтенов, тем ниже пенетрация. Поэтому этот показатель характеризует такие качества битума, как твёрдость, прочность и теплостойкость.

Пенетрация измеряется в десятых долях миллиметра испытания проводят по ГОСТ 11501-78 [15].

Температура размягчения битумов. Это самый распространённый метод определения температуры размягчения – метод кольца и шара. Этот показатель характеризует эксплуатационные свойства битумов при высоких температурах. При помощи её можно определить температурный диапазон работы битумов. Зависимость температуры размягчения от состава битума такая: чем выше температура, тем больше отношение содержание асфальтенов к содержанию смол и масел. В Испытание проводят по ГОСТ 11506-73 [16] методом «Кольцо и Шар».

Температура хрупкости. Температура, при которой материал разрушается под действием кратковременно приложенной нагрузки. Температура хрупкости характеризует работу битумосодержащих материалов при низких температурах (чем она ниже, тем выше качество битума). Определяется по ГОСТ 11507-78 [17].

Растяжимость (дуктильность) битума определяется максимальной длины нити, в которую растягивается испытуемый образец до момента разрыва. Растяжимость битумов при 25 °С характеризует пластичные свойства битумов. Низкие значения показателя растяжимости при 25 °С свидетельствуют об усилении склонности битума к старению в процессе эксплуатации. Более 40 см растяжимость имеют дорожные нефтяные битумы. Растяжимость битумов определяется по ГОСТ 11505–75 [18].

Вязкость битума – это основной показатель качества битума, он более полно характеризует консистенцию битумов при разных температурах. В зависимости от вязкости идёт подбор оптимальной температуры смешения битума с минеральными материалами. Высокую вязкость имеет битум с большим содержанием смол и асфальтенов и наоборот. Условная вязкость определяется по ГОСТ 11503-74 [19].

Температура вспышки битума и гудрона составляет обычно более 230 °С. По этому показателю судят о наличии низкокипящих фракций в сырье и готовом битуме, и об их взрыво- и пожароопасности в процессе производства и применения битум показатель определяют по ГОСТ 4333-48 [20].

Растворимость. Битум растворяют большинство органических веществ. Для эксплуатационных свойств важно отношение битума к химическим активным веществам. Избирательность растворителей влияет на состав извлекаемых асфальтенов, это важно при их разделении на узкие фракции. По растворимости в органических растворителях, кроме зольности и температуры вспышки, судят о чистоте битума. Растворимость битумов в органических растворителях: хлороформе, бензоле, сероуглероде и четыреххлористом углероде, характеризует наличие минеральных примесей и других твёрдых веществ (карбенов, карбоидов). В этих растворителях окисленные битумы растворяются более чем на 99 %, определяется по ГОСТ 20739-75 [21].

При окислении гудрона был получен битум марки БНД 60/90.

Таблица 2 – Основные показатели БНД 60/90 в соответствии с ГОСТ 33133-2014 [22].

Основные показатели	Единица измерения	Норма по ГОСТ 33133-2014	Полученные результаты
Глубина проникания иглы при 25 С, 0,1 мм	мм	101-130	72
Глубина проникания иглы при 0 С, 0,1 мм, не менее	мм	30	37
Температура размягчения по кольцу и шару, не ниже	С	45	46,5
Дуктильность (растяжимость), не менее при температуре 0 С	см	4,0	4,7
Дуктильность (растяжимость), не менее при температуре 25 С	см	70	91,4
Температура хрупкости, не выше	С	-20	-29
Индекс пенетрации		От -1,0 до +1,0	-0,6

Основным сырьём для производства являются остаточные продукты переработки нефти: гудроны, асфальты деасфальтизации, экстракты

селективной очистки масляных фракций. На НПЗ ООО «ВПК-Ойл» для производства используется гудрон высоковязкий.

Гудрон – это остаток, котрый образуется в результате отгонки из нефти фракций, выкипающих в пределах 400 – 600 °С при атмосферном давлении и под вакуумом. Содержит парафиновые, нафтеновые и ароматические углеводороды (45-95 %), асфальтены (3-17 %), а также нефтяные смолы (2-38 %), адсорбируемые силикагелем из деасфальтизированного продукта [23]. Применяется в качестве сырья для производства битумов дорожных и строительных. В качестве сырья для битумной установки использован гудрон смеси Западно-Сибирской нефти с вакуум-установки.

Таблица 3 - Элементный состав гудронов

Элемент	% по массе
Углерод	85-87
Водород	9,3-11,8
Кислород	0,08-0,125
Сера	0,2-6,3
Азот	0,2-0,7

Таблица 4 –Характеристика гудрона

Наименование сырья	НД, по которому выпускается продукция	Химическая формула, агрегатное состояние, внешний вид	Класс опасности, ГОСТ 12.1.007	Показатели качества с указанием допустимых отклонений	
				Наименование показателя	Значение
Гудрон из трубопроводной нефти	СТО 79038365-0042016	Смесь тяжелых углеводородов различного строения	4	Температура размягчения по Киш, °С, не ниже	26,8
				Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	988,8
				Температура вспышки в открытом тигле, °С, выше	350
				Вязкость условная при 80 °С на ВУБ, °С	74,9
Гудрон из смеси нефтей Верх-Тарской (60 %) и трубопроводной (40 %)	СТО 79038365-0042016	Смесь тяжелых углеводородов различного строения	4	Температура размягчения по Киш, °С, не ниже	28,8
				Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	977,8
				Температура вспышки в открытом тигле, °С, выше	360
				Коксуемость, %	10,7
				Вязкость условная при 80 °С на ВУБ, °С	24

## 2.2 Описание технологической схемы

Окислительная колонна, представляющая собой вертикальный пустотелый цилиндрический сосуд, работающий в непрерывном режиме. Колонны теплоизолированы до уровня разлива, снабжены предохранительными клапанами, уровнемерами, датчиками температуры и давления.

Сырьё насосом подают в колонну под уровень жидкости т.к. в колонне поддерживают определённый уровень окисляемого жидкого сырья. Расход сырья задают регулятором расхода. Гудрон насосом прокачивают через теплообменники, где поток нагревают теплоносителем до температуры около 175 °С и подают в верхнюю половину окислительной колонны.

Воздух на окисление нагнетают блочно- компрессорной станцией через ресивер технологического воздуха и подаётся в нижнюю часть колонны через барботёр. Барботаж воздуха через слой жидкости обеспечивает полное перемешивание, что подтверждается равенством температур по всей высоте зоны реакции и одинаковыми свойствами продукта. В результате выравнивания температуры в зоне реакции представляет возможность использовать свежее сырьё: свежее сырьё при поступлении в колонну смешивается с окисляемым материалом и нагревается за счёт тепла реакции окисления. В случае глубокого окисления (получение строительных битумов) охлаждение сырья недостаточно, и необходимы системы дополнительного охлаждения.

Известно охлаждение реакционной смеси подачей - впрыском воды в газовое пространство, при этом избыточное тепло реакции расходуется на нагрев и испарение воды. В этом случае образование водяных паров в газах окисления усложняет борьбу с коррозией газового тракта. Существует такое охлаждение - охлаждение водой через подачу воды дозировочным насосом в линии подачи воздуха в колонну. Так как воздушная линия проходит через слой реакционной массы, вода испаряется и попадает в колонну через

маточник вместе с воздухом в виде водяного пара. Данный метод не нашёл применения в производстве из-за опасности выброса битума из колонны в случае нарушения работы водяного насоса. Так же при охлаждении водой используют змеевики, помещенные внутрь колонны, но в случае пропуска змеевика возникает опасность вспенивания и выброса больших объёмов битума [1].

Тепловое равновесие процесса можно поддерживать с помощью циркуляции части битума через выносные холодильники.

В колонне сырьё контактирует с восходящим потоком воздуха и в окисленном виде температурой 250 – 270 °С, через нижнюю часть колонны выводится в фильтр, а затем насосом прокачиваются через теплообменники, где его охлаждают хладагентом до температуры 155 – 190 °С. После теплообменников в балансовое количество продукта добавляют антипенную присадку из блочно-модульной системы дозирования реагента (ПМС-200). В процессе окисления на границе раздела фаз возникает образование и накопление пены. Образование пены негативно сказывается на технологическом процессе, так как могут возникать так называемые «пробросы» - явления при которых кубовый остаток поднимается пеной и попадает в продуктовые емкости, сильно портя качество получаемого продукта. К тому же плотная пена не дает правильно работать КИП и автоматике. Для удаления пены уместно использовать антипенную присадку, состоящей из химически нейтрального вещества, не вступает в реакции с сырьём и не портит качество продукта. Затем готовый битум откачивают в резервуарный парк.

В схеме предусмотрена рециркуляция части битума для съема избыточного тепла реакции и регулирования процесса окисления.

Газы окисления выводят из колонны сверху. Для обеспечения безопасности ведения процесса окисления в верхней части колоны установлены стационарные газоанализаторы, регистрирующие содержание

кислорода в газах окисления в режиме реального времени. При превышении концентрации кислорода в газах окисления предусмотрена подача инертного газа в зону сепарации колонны и уменьшение или прекращение подачи воздуха. Далее газы окисления по газовому тракту направляют в зону питания сепаратора отгона. В верхнюю часть сепаратора на тарелку подают сконденсированный из газов окисления и охлажденный «черный соляр», который перетекает по тарелкам провального типа и поглощает капли жидкости из газов окисления. Сконденсированный «черный соляр» насосом из сепаратора прокачивают через аппарат воздушного охлаждения, где происходит его охлаждение, и направляют в качестве орошения в сепаратор. Балансовое количество выводят в качестве компонента топлива для смешения с топочным мазутом или в мазутопровод.

С верха сепаратора неконденсируемую часть газов окисления через огнепреградитель отводят в печь дожига на термическое обезвреживание. Полноту сгорания газов окисления регулируют подачей воздуха в печь дожига вентилятором в зависимости от содержания кислорода и окиси углерода в дымовых газах.

Для сбора аварийных сбросов с колонны окисления, из емкостей узла окисления используют заглубленную емкость, снабженную датчиками уровня и температуры. Для подогрева дренажных сбросов предусмотрен змеевик нагрева теплоносителем. Для откачки дренажных сбросов в линию некондиции емкость оборудована погружным насосом.

Для освобождения оборудования от вязких легкозастывающих продуктов его прокачивают промывочным продуктом, в качестве которого применяют масляную фракцию прямой перегонки нефти или аналогичные продукты [23].

### 3 Инженерные расчеты

Исходные данные:

Производительность установки по сырью  $G_f = 80000$  тонн/год;

Сырье – гудрон смеси Западно-Сибирской нефти;

Плотность  $989$  кг/м<sup>3</sup>;

Марка получаемого битума БНД 60/90;

Температура размягчения по КиШ  $46,5$  С;

Выход битума составляет около  $96,5$  % масс. на исходный гудрон;

Условия процесса:

Удельный расход воздуха  $g_{\text{возд.}} = 100$  нм<sup>3</sup> /т;

Температура процесса окисления  $t = 250$  °С;

Давление процесса  $P = 0,3$  МПа;

Объёмная скорость подачи сырья  $\omega = 0,3$  ч<sup>-1</sup>

Загрузка подачи гудрона  $w = 5,0$  т/ч.

Расчёт аппарата проведём согласно рекомендациям [8].

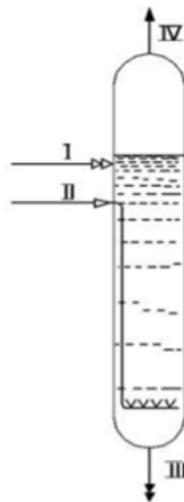


Рисунок 9 – Схема окислительной колонны (I - воздух, II - сырьё, III - битум, IV - газы окисления)

### 3.1 Материальный расчёт

Переводим производительность установки из размерности т/год в кг/ч по формуле:

Среднее число рабочих дней в году 220 дней:

$$G_c = \frac{G_F \cdot 10^3}{n \cdot 24}, \text{ кг/ч}$$

где  $G_F$  - производительность по сырью, т/год;

$n$  - число рабочих дней работы установки в году.

$$G_c = \frac{80000 \cdot 1000}{220 \cdot 24} = 15151,5 \text{ кг/ч}$$

Выход продукта готового  $G_B$ , кг/ч:

$$G_B =$$

$$G_B = \frac{B_B}{100} \cdot G_c, \text{ кг/ч}$$

где  $B_B$  – выход битума на сырьё, % масс;

$G_c$  – производительность установки, кг/ч.

$$G_B = \frac{96,5}{100} \cdot 15151,5 = 14621,2 \text{ кг/ч}$$

Расход воздуха общий  $G_{\text{возд}}$ , кг/ч,

$$G_{\text{возд.}} = \frac{g_{\text{возд.}} \cdot \rho_{\text{возд.}} \cdot G_c}{1000}, \text{ кг/ч}$$

Где  $X_{\text{возд.}}$  – расходуемый воздух, % масс;

$G_c$  – производительность установки, кг/ч.

$$G_{\text{возд.}} = \frac{g_{\text{возд.}} \cdot G_c \cdot \rho_{\text{возд.}}}{1000}, \text{ кг/ч}$$

где  $g_{\text{возд}}$  – удельный воздуха расход, м<sup>3</sup>/т сырья;

$\rho_{\text{возд.}}$  – воздуха плотность, кг/м<sup>3</sup> плотность воздуха = 1,293 кг/м<sup>3</sup>,

$G_c$  – производительность установки, кг/ч

$$G_{\text{возд.}} = \frac{100 \cdot 15151,5 \cdot 1,293}{1000} = 1959,1 \text{ кг/ч};$$

Количество азота в воздухе, кг/ч,

$$G_{N_2} = G_{\text{возд.}} \cdot 0,77, \text{ кг/ч}$$

где  $G_{\text{возд.}}$  – расход воздуха, кг/ч,

$$G_{N_2} = 1959,1 \cdot 0,77 = 1508,5 \text{ кг/ч}$$

Количество кислорода,  $G_{O_2}$  кг/ч ,

$$G_{O_2} = G_{\text{возд.}} \cdot 0,23 , \text{ кг/ч}$$

где  $G_{\text{возд.}}$  – расход воздуха, кг/ч,

$$G_{O_2} = 1959,1 \cdot 0,23 = 450,6 \text{ кг/ч}$$

Количество остатка кислорода в газах окисления  $G'_{O_2}$ , кг/ч,

$$G'_{O_2} = G_{\text{возд.}} \cdot 0,05, \text{ кг/ч}$$

$$G'_{O_2} = 1959,1 \cdot 0,05 = 98,0 \text{ кг/ч}$$

Количество расходуемого кислорода  $G''_{O_2}$ , кг/ч , рассчитывается по уравнению:

$$G''_{O_2} = G_{O_2} - G'_{O_2} , \text{ кг/ч}$$

$$G''_{O_2} = 450,6 - 98,0 = 352,6 \text{ кг/ч}$$

Состав и количество побочных продуктов окисления, выходящие из слоя окисления колонны, тогда принимаем - на образование  $CO_2$  расходуется 30 %  $O_2$  и 65 % на образование водяных паров.

$$G_{CO_2} = 0,3 \cdot G''_{O_2} \cdot \frac{M_{CO_2}}{M_{O_2}} , \text{ кг/ч}$$

Где  $M_{CO_2}$  и  $M_{O_2}$  – молекулярные массы диоксида углерода и кислорода соответственно, г/моль,

$G''_{O_2}$  – количество расходуемого кислорода, кг/ч.

$$G_{CO_2} = 0,3 \cdot 352,6 \cdot \frac{44}{32} = 145,4 \text{ кг/ч}$$

Количество образуемой воды, кг/ч:

$$G_{H_2O} = 0,65 \cdot G''_{O_2} \cdot \frac{M_{H_2O}}{M_{O_2}} , \text{ кг/ч}$$

Где  $M_{H_2O}$  и  $M_{O_2}$  – молекулярные массы воды и кислорода в молекуле воды соответственно, г/моль;

$G''_{O_2}$  – количество расходуемого кислорода, кг/ч.

$$G_{H_2O} = 0,65 \cdot 352,6 \cdot \frac{18}{16} = 257,8 \text{ кг/ч}$$

Количество гудрона, идущее на образование  $CO_2$  и  $H_2O$ , кг/ч, рассчитывают:

$$G_r = (G_{CO_2} - 0,3 \cdot G''_{O_2}) + (G_{H_2O} - 0,65 \cdot G''_{O_2}), \text{ кг/ч}$$

$$G_r = (145,4 - 0,3 \cdot 352,6) + (257,8 - 0,65 \cdot 352,6) = 68,2 \text{ кг/ч}$$

Составляет:

$$\frac{68,2}{15151,5} \cdot 100 = 0,45 \% \text{ масс. от сырья.}$$

Количество газов углеводородных, образованных в процессе, принимается равным 2,17 % от сырья.

$$G_{у.г.} = G_c \cdot \frac{2,17}{100},$$

где  $G_c$  – производительность установки, кг/ч.

$$G_{у.г.} = 15151,5 \cdot \frac{2,17}{100} = 328,2 \text{ кг/ч}$$

Жидкие в составе продукты отгона принимаются 1 % от сырья

$$G_{ж} = G_c \cdot \frac{1}{100},$$

$$G_{ж} = 15151,5 \cdot \frac{1}{100} = 151,5 \text{ кг/ч [8]}$$

Таблица 5 – Материальный баланс окислительной колонны

Приход	кг/ч	%	Расход	кг/ч	%
Гудрон	15151,5	88,5	Битум дорожный	14621,2	85,5
Воздух, в т.ч.:	1959,1	11,4	Азот	1508,5	8,8
Азот	1508,5	8,8	Кислород	98	0,6
Кислород	450,6	2,6	Диоксид углерода	145,4	0,8
			Вода	257,8	1,5
			Углеводородные газы	328,2	1,8
			Отгон (черный соляр)	151,5	1,9
Итого	17110,6	100	Итого	17110,6	100

### 3.2 Тепловой расчёт

Целью теплового расчёта является определение температуры битума на выходе из окислительной колонны или температурой сырья на входе в окислительную колонну, определение циркулирующего количества орошения.

Для определения температуры сырья на входе произведём расчёты приходящего тепла.

Тепло с сырьём приходящее определяем по формуле:

$$Q_c = G_c \cdot t_r \cdot c_r, \text{кДж/ч}$$

Где  $c_r$ — теплоемкость гудрона = 2,1кДж/(кг · К);

$t_r$  – температура сырья на входе в колонну;

$G_c$  - производительность установки, кг/ч.

$$Q_c = 15151,5 \cdot t_r = 31818,2 \cdot t_r \text{кДж/ч}$$

Тепло выделенное при окислении гудрона.

$$Q_p = G_c \cdot I_p,$$

Где  $I_p$ — тепловой эффект реакции окисления битума, кДж/кг.

$G_c$  - производительность установки, кг/ч.

Знаем температуру размягчения битума (46,5 °С) и так же температуру окисления гудрона (250 °С) определяем по данным графика на рисунке 10, энтальпию окисления гудрона [8, стр. 210].

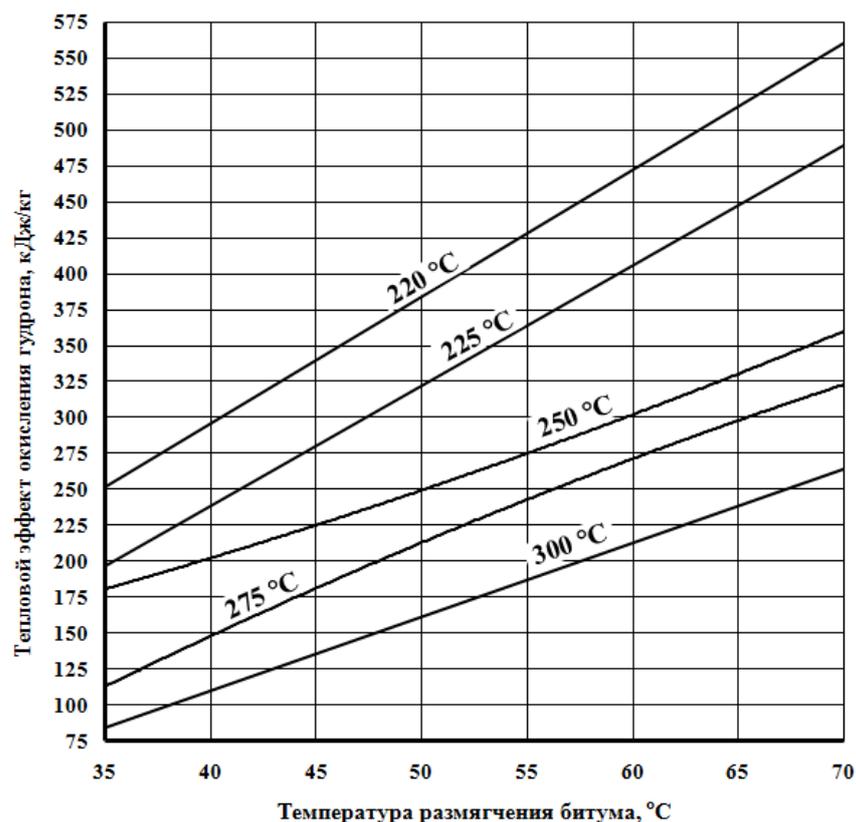


Рисунок 10 - Зависимость теплового эффекта окисления гудрона от достигаемой температуры размягчения битума при разной температуре

Окисления гудрона: 220, 225, 250, 275, 300 °C.

Согласно графику зависимости  $I_p = 230$  кДж/кг

$$Q_p = 15151,1 \cdot 230 = 3484753 \text{ кДж/ч}$$

Входящее тепло с воздухом на окисление

$$Q_{\text{возд}} = G_{\text{возд}} \cdot C_{p_{\text{возд}}}$$

Где  $G_{\text{возд}}$  – общий расход воздуха, кг/ч,

$t_{\text{возд}}$  – температура сжатого воздуха,  $t_{\text{возд}}$  принимаем = 60 °C;

$C_{p_{\text{возд}}}$  – теплоемкость воздуха,  $C_{p_{\text{возд}}} = 1,009$  кДж/(кг · °C).

$$Q_{\text{возд}} = 1959,1 \cdot 60 \cdot 1,009 = 118603,9$$

Приход тепла всего:

$$Q_{\text{пр}} = Q_c + Q_p + Q_{\text{возд}}, \text{ кДж/ч}$$

Где  $Q_c$  - тепло вносимое с сырьем кДж/ч,

$Q_p$  - тепло, выделяющееся при окислении гудрона кДж/ч,

$Q_{\text{возд}}$  - тепло с воздухом на окисление кДж/ч.

$$Q_{\text{пр}} = 31818,2 \cdot t_r + 3484753 + 118603,9 = 31818,2 \cdot t_r + 3484753$$

Расход тепла:

Вычисляем расход тепла с битумом

$$Q_B = G_B \cdot t \cdot c_B, \text{кДж/ч}$$

где  $G_B = 2,1$  кДж/(кг·К)-выход готового продукта кг/ч,

$c_B$  – теплоемкость битума, кДж/(кг · К) [24],

$t = 250$  °С температура процесса окисления, °С.

$$Q_B = 14621,2 \cdot 250 \cdot 2,1 = 7676130 \text{ кДж/ч}$$

Тепла расход с газами окисления и с отгоном:

$$Q_{\text{г.о.}} = \Sigma G_i \cdot C_i \cdot t,$$

$G_i$ – количество отдельных составляющих газов окисления, кг/ч;

$C_i$  - теплоемкость отдельных составляющих газов окисления, кДж/(кг·К);

$T = 250$  °С – температура процесса окисления, °С;

$$\begin{aligned} Q_{\text{г.о.}} &= (1508,5 + 98 + 145,4 + 257,8 + 328,2 + 151,5) \cdot 1,26 \cdot 250 \\ &= 784161 \text{ кДж} \end{aligned}$$

Тепла потеря в окружающую среду принимаем 5 % от тепла, приходящего в колонну, то есть:

$$Q_{\text{пот}} = 0,05 \cdot Q_{\text{пр}}, \text{кДж/кг}$$

$$Q_{\text{пот.}} = 0,05 \cdot (31818,2 \cdot t_r + 3484753) = 1590,9 \cdot t_r + 174237,7 \text{ кДж/кг}$$

Расход тепла составляет всего:

$$Q_{\text{рас}} = Q_B + Q_{\text{г.о.}} + Q_{\text{пот}}, \text{кДж/кг}$$

где  $Q_B$  - расход тепла с битумом, кДж/ч;

$Q_{\text{г.о.}}$  - расход тепла с газами окисления и с отгоном, кДж/ч;

$Q_{\text{пот}}$ , - потери тепла в окружающую среду кДж/кг.

$$Q_{\text{рас}} = 7676130 + 784161 + 1590,9 \cdot t_r + 174237,7 = 1590,9 \cdot t_r + 7850367,7 \text{ кДж/кг}$$

Температура сырья входящего в колонну ( $t_r$ ):

$$31818,2 \cdot t_r + 3484753 = 1590,9 \cdot t_r + 7850367,7$$

Где  $t_r$ - температура сырья на выходе = 250 °С.

$$31818,2 \cdot t_r + 3484753 = 1590,9 \cdot 250 + 7850367,7$$

$$31818,2 \cdot t_r + 3484753 = 8248092,7$$

$$t_r = 149,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Зная температуру сырья на входе в колонну, определим истинные значения прихода тепла:

$$Q_{\text{прих.}} = 31818,2 \cdot 149,7 + 3484753 = 8247937,5 \text{ кДж/ч}$$

Толщину изоляции тепловой  $\delta_{\text{и}}$  находят из равенства удельных тепловых потоков через слой изоляции от поверхности изоляции в окружающую среду [25]:

$$\alpha_{\text{в}} = (t_{\text{ст}2} - t_{\text{в}}) = \left( \frac{\lambda_{\text{и}}}{\delta_{\text{и}}} \right) \cdot (t_{\text{ст}1} - t_{\text{ст}2}),$$

где  $\alpha_{\text{в}} = 9,3 + 0,058 \cdot t_{\text{ст}2}$  - коэффициент теплоотдачи от внешней поверхности изоляционного материала в окружающую среду, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$t_{\text{ст}2}$  - температура изоляции со стороны окружающей среды (воздуха), °С;

Принимаем  $t_{\text{ст}2} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;

$t_{\text{ст}1}$  - температура изоляции со стороны аппарата, °С.

Ввиду незначительного термического сопротивления аппарата стенки по сравнению с термическим сопротивлением слоя изоляции  $t_{\text{ст}1}$  принимаем равной температуре среды в колонне  $t_{\text{ст}1} = 250 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

$t_{\text{в}}$  - температура окружающей среды (воздуха),  $t_{\text{в}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;

В качестве материала для тепловой изоляции выберем совелит (85 % магнезии+15 % асбест),

$\lambda_{\text{и}}$  - коэффициент теплопроводности изоляционного материала [26].

$$\lambda_{\text{и}} = 0,058 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)},$$

$$\alpha_{\text{в}} = 9,3 + 0,058 \cdot 25 = 10,8 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)},$$

Тогда при  $t_{\text{ст}1} = 250 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $t(\text{возд}) = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ :

$$\delta_{\text{и}} = \lambda_{\text{и}} \frac{t_{\text{ст}1} - t_{\text{ст}2}}{t_{\text{ст}1} - t_{\text{в}}},$$

$$\delta_{\text{и}} = 0,058 \cdot \frac{250 - 25}{10,8 \cdot (25 - 20)} = 0,24 \text{ м}$$

Толщину тепловой изоляции принимаем 200 мм [25].

### 3.3 Технологический расчёт основного аппарата

Задачей технологического расчёта является определение основных размеров аппарата.

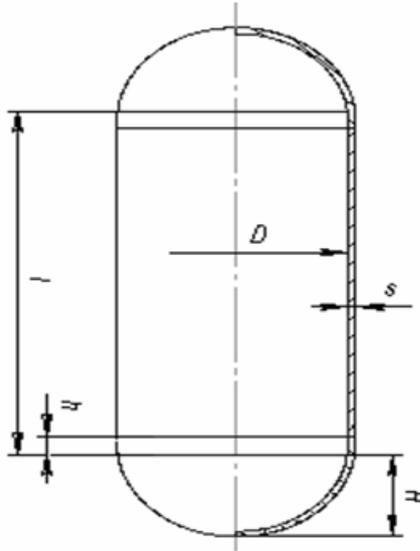


Рисунок 11 - Расчётная схема аппарата

$s$  – исполнительная толщина стенки;  $D$  – внутренний диаметр аппарата;

$L$  - высота колонны,  $H$  - высота днища,  $h$  - высота отбартовки

$$V_p = \frac{G_c}{\rho_c \cdot \omega}, \text{ м}^3$$

Где  $\rho_c$  - плотность сырья, кг/м<sup>3</sup>;

$\omega$ - объёмная скорость подачи сырья ч<sup>-1</sup> [35].

$$V_p = \frac{15151,1}{998 \cdot 0,3} = 51,1 \text{ м}^3$$

По ГОСТ 9931-85 принимаем диаметр колонны  $D= 2,5$  м. Из этого следует, что площадь сечения колонны  $S$ , м<sup>2</sup>, составит [27]:

$$S = \frac{\pi D^2}{4},$$

$$S = 4,9 \text{ м}^2$$

Полезная высота окисления  $h_1$ , м [6, стр. 212]:

$$h_1 = \frac{V_p}{S}$$

Где  $V_p$  - реакционный объем колонны,  $m^3$ ;

$S$  - площадь сечения колонны,  $m^2$ .

$$h_1 = \frac{51,1}{4,9} = 10,4 \text{ м}^2$$

Высота газового пространства  $h_2$  [8, стр. 212],

$$h_2 = \frac{D}{2}$$

$$h_2 = \frac{2,5}{2} = 1,25 \text{ м}$$

Общая высота колонны (м):

$$H = h_1 + h_2,$$

где  $h_1$  - Полезная высота слоя окисления, м;

$h_2$  - высота газового пространства, м;

$$H = 10,4 + 1,25 = 11,7 \text{ м}$$

Скорость подачи воздуха в условиях процесса  $W_{\text{возд}}$ ,  $m^3/c$ :

$$W_{\text{возд}} = \frac{G_{\text{возд}}}{\rho_{\text{возд}}} \cdot \frac{t+273}{273} \cdot \frac{0,1}{P} \cdot \frac{1}{3600}, \text{ м}^3/\text{с}$$

где  $t$  – температура процесса,  $^{\circ}C$ ;

$P$  - давление процесса, МПа,

$G_{\text{возд}}$  – общий расход воздуха, кг/ч,

$\rho_{\text{возд}}$  – плотность воздуха,  $kg/m^3$  плотность воздуха  $1,293 \text{ кг}/m^3$ .

$$W_{\text{возд}} = \frac{1959,1}{1,293} \cdot \frac{250+273}{273} \cdot \frac{0,1}{0,3} \cdot \frac{1}{3600} = 0,7 \text{ м}^3/\text{с}$$

Линейная скорость воздуха  $U_{\text{возд}}$ , м/с, в колонне составит

$$U_{\text{возд}} = \frac{W_{\text{возд}}}{S}, \text{ м}/\text{с}$$

где  $V_{\text{возд}}$  – скорость подачи воздуха в условиях процесса,  $m^3/c$ ;

$S$  - площадь сечения колонны,  $m^2$ .

$$U_{\text{возд}} = \frac{0,7}{4,9} = 0,1 \text{ м}/\text{с}$$

Расчётная воздуха скорость в колонне не превышает допустимых значений (не более  $0,1 - 0,12 \text{ м}/\text{с}$ ), поэтому размеры колонны  $D = 2,5 \text{ м}$  и  $H = 11,7 \text{ м}$  можно считать правильными .

Скорость газа в барботере принимаем  $w_r = 25$  м/с, диаметр трубы барботера составит [28]:

$$d_M = \sqrt{\frac{4U_{\text{возд}}}{\pi w_r}}, \text{ м}$$

где  $U_{\text{возд}}$  - скорость подачи воздуха в условиях процесса, м<sup>3</sup>/с.

$$d_M = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1}{3,14 \cdot 25}} = 0,07 \text{ м}^3/\text{с}$$

Для барботёра выбираем трубу диаметром 30 x 1,5 мм (метрическая резьба с наружным диаметром 30 мм, мелким шагом 1,5 мм).

Средний диаметр барботёра:

$$D_{\text{ср}} = 6 \cdot d_M,$$

где  $d_M$  – диаметр трубы маточника

$$D_{\text{ср}} = 6 \cdot 30 = 180 \text{ мм}$$

Рекомендованная скорость газа в отверстиях маточника для пенного режима  $w_M = 4$  м/с.

Примем диаметр отверстий в маточнике  $d_{\text{о.м.}} = 5$  мм, тогда их количество будет:

$$Z = \frac{4 \cdot w_{\text{возд}}}{\pi \cdot d_{\text{о.м.}}^2 \cdot w_M},$$

где  $w_{\text{возд}}$  - скорость подачи воздуха, м<sup>3</sup>/с;

$d_{\text{о.м.}}^2$  - диаметр отверстий в маточнике, мм;

$w_M$  - скорость газа в отверстиях маточника, м/с.

$$Z = \frac{4 \cdot 0,7}{3,14 \cdot 0,005^2 \cdot 3} = 17$$

Шаг расположения отверстий

$$E = \frac{\pi D_{\text{ср}}}{Z}, \text{ мм}$$

где  $D_{\text{ср}}$  - средний диаметр барботера, мм;

$Z$  - кол-во отверстий в маточнике.

$$E = \frac{3,14 \cdot 180}{8917} = 30 \text{ мм}$$

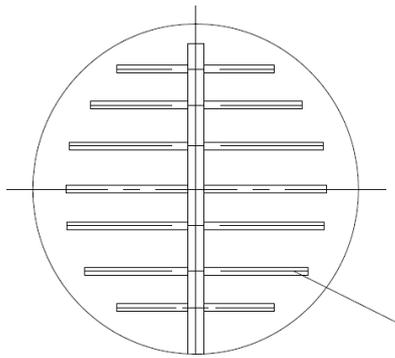


Рисунок 12 - Эскиз барботёра колонны

### 3.4 Механический расчёт основного аппарата

Целью механического расчёта является определение толщин основных элементов аппарата.

Выбор конструкционных материалов.

В качестве конструкционного материала выбираем аустенитную сталь, т.к. аустенитная сталь – одна из модификаций железа с высокой степенью легирования. Обладает гранецентрированной кристаллической решёткой. Она легко сохраняет свою структуру даже при очень низких температурах, располагает высокими показателями прочности, устойчива к высоким температурам и большим нагрузкам [29].

По ГОСТу 5632-72 основной материал - сталь марки 12Х18Н10Т [30].

Расчётная температура согласно ГОСТ 34233.1-2017 принимается равной  $t_p = 250$  °С.

Расчётное давление принимаем равным рабочему  $p_p = 0,3$  МПа согласно ГОСТ 34233.1-2017 [31].

Допускаемые напряжения для стали 12Х18Н10Т равны 184 МПа и 154 МПа.

Пробное гидравлическое давление:

$$p_{пр} = 1,25 p_p \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_{250}},$$

$$p_{пр} = 1,25 \cdot 0,3 \cdot \frac{184}{154} = 0,45 \text{ МПа}$$

Сумму прибавки к расчётным толщинам вычисляем по формуле:

$$c = c_1 + c_2 + c_3,$$

где  $c_1$  – прибавка для компенсации коррозии и эрозии;

$c_2$  – прибавка для компенсации минусового допуска, мм;

$c_3$  – прибавка для компенсации утонения стенки при технологических операциях, мм.

Прибавками  $c_2$  и  $c_3$  можно пренебречь.

Прибавка на коррозию составит:

$$c_1 = \Pi \cdot \tau,$$

где  $\Pi = 0,1$  мм/год – проникаемость стали 12Х18Н10Т;

$\tau = 20$  лет – срок службы аппарата.

$$c_1 = 20 \cdot 0,1 = 2 \text{ мм.}$$

$$c = c_1 = 2 \text{ мм}$$

### 3.4.1 Расчёт цилиндрической обечайки

Расчёт ведём по основному слою по ГОСТ 34233.2-2017.

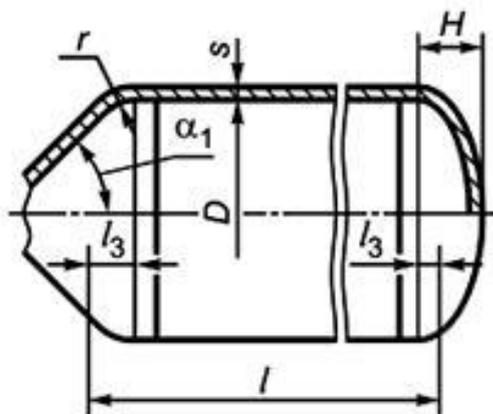


Рисунок 13 – Расчётная схема обечайки

Стенки толщину вычисляем по формуле:

$$s \geq s_p + c,$$

Где расчётную толщину стенки вычисляют по формуле:

$$s_p = \frac{pD}{2[\sigma]_{250} \varphi - p}$$

$$s_{1p} = \frac{0,3 \cdot 2,5}{2 \cdot 0,9 \cdot 154 - 0,5 \cdot 0,3} = 0,003 \text{ м} = 3 \text{ мм}$$

Толщина стенки:

$$s = 3 + 2 = 5 \text{ мм}$$

Примем толщину стенки обечайки 6 мм по ГОСТ 34233.2-2017 [32].

Допускаемое внутреннее избыточное давление вычисляем по формуле:

$$[p] = \frac{2[\sigma]\varphi(s-c)}{D+s-c},$$

$$[p] = 0,44 \text{ МПа.}$$

Проверим применимость расчётных формул:

$$\frac{s-c}{D} \leq 0,1$$

$$\frac{6-2}{2500} = 0,0016 \leq 0,1$$

Условие выполняется.

### 3.4.2 Расчет эллиптического днища

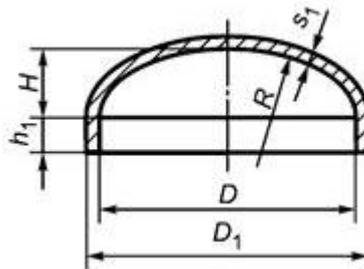


Рисунок 14 – Расчётная схема днища

$R=D$  - для эллиптических днищ с  $H$ , равным  $0,25 \cdot D$  [33].

Толщину стенки вычисляем по формуле:

$$s_1 \geq s_{1p} + c,$$

где расчётную толщину стенки вычисляют по формуле:

$$s_{1p} = \frac{pR}{2\varphi[\sigma]-0,5p},$$

$$s_{1p} = \frac{0,3 \cdot 2,5}{2 \cdot 0,9 \cdot 154 - 0,5 \cdot 0,3} = 0,003 \text{ м} = 3 \text{ мм}$$

### 3.4.3 Толщина стенки

$$S_1 = 3 + 2 = 5 \text{ мм}$$

Принимаем днище 2500-8 ГОСТ 6533-78 [33].

Допускаемое внутреннее избыточное давление вычисляем по формуле:

$$[p] = \frac{2[\sigma]\varphi(s_1-c)}{R+0,5(s_1-c)},$$

$$[p] = \frac{2 \cdot 154 \cdot 0,9 \cdot (0,008 - 0,002)}{2,5 + 0,5 \cdot (0,008 - 0,002)} = 0,66 \text{ МПа.}$$

Проверим применимость расчётных формул:

$$0,002 \leq \frac{s-c}{D} \leq 0,1$$

$$0,2 \leq \frac{H}{D} < 0,5$$

$$\frac{8-2}{2500} = 0,0025, \quad 0,0025 = 0,002 \leq 0,1$$

$$\frac{600}{2500} = 0,25, \quad 0,2 \leq 0,25 < 0,5$$

Условия выполняются.

#### 3.4.4 Расчёт штуцеров

Основные размеры патрубков, стальных стандартных фланцевых тонкостенных штуцеров выбирают по АТК 24.218.06-90 [36].

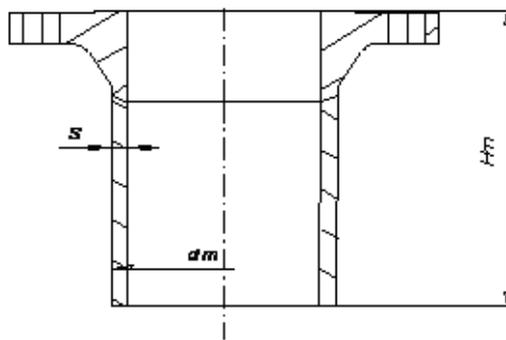


Рисунок 15 - Схема штуцера с приварным фланцем встык и патрубком  
Рассчитаем диаметры штуцеров по уравнению расхода:

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w}} = \sqrt{\frac{G}{3600 \cdot 0,785 \cdot w \cdot \rho}},$$

Где  $V$  – массовый расход,  $\text{м}^3/\text{с}$  ;

$w$  – скорость среды,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Принимаем скорость сырья равной  $0,2 \text{ м/с}$  [26].

Вход сырья (гудрона):

$$d_{\Gamma} = \sqrt{\frac{15151,5}{3600 \cdot 0,785 \cdot 0,2 \cdot 989}} = 0,16 \text{ м}$$

Принимаем диаметр  $d_{\Gamma} = 150$  мм.

Принимаем скорость воздуха равной 25 м/с [26].

Вход воздуха:

$$d_{\text{в}} = \sqrt{\frac{1959,1}{3600 \cdot 0,785 \cdot 25 \cdot 1,293}} = 0,14 \text{ м}$$

Принимаем диаметр  $d_{\text{в}} = 150$  мм.

Принимаем скорость битума равной 0,3 м/с [26].

Выход битума:

$$d_{\text{б}} = \sqrt{\frac{14621,2}{3600 \cdot 0,785 \cdot 0,3 \cdot 1032}} = 0,13 \text{ м}$$

Принимаем диаметр  $d_{\text{б}} = 100$  мм.

Принимаем скорость газов равной 25 м/с [26].

Выход газов окисления:

$$d_{\Gamma.о.} = \sqrt{\frac{1615,1}{3600 \cdot 0,785 \cdot 25 \cdot 1,5}} = 0,123 \text{ м}$$

Принимаем диаметр  $d_{\Gamma.о.} = 150$  мм.

### 3.4.5 Выбор опор

Вес колонны в условиях гидроиспытаний

$$G_{\Gamma} = G_{\text{об}} + 2G_{\text{д}} + G_{\text{воды}},$$

где  $G_{\text{об}}$  – вес обечайки;

$G_{\text{д}}$  – вес днища;

$G_{\text{воды}}$  – вес воды.

$$G_{\text{об}} = \pi D s h \rho g,$$

$\rho = 7900$  кг/м<sup>3</sup> – плотность стали 12X18H10T.

$$G_{\text{об}} = 3,14 \cdot 2,5 \cdot 0,006 \cdot 7,4 \cdot 7900 \cdot 9,81 = 27012 \text{ Н}$$

$$G_{\text{д}} = mg,$$

где  $m = 217,7$  кг – масса днища.

$$G_d = 217,7 \cdot 9,81 = 2136 \text{ Н}$$

$$G_{\text{воды}} = \frac{\pi D^2}{4} \rho g h,$$

$$G_{\text{воды}} = \frac{3,14 \cdot 2,5^2}{4} \cdot 998 \cdot 9,81 \cdot 7,4 = 355452 \text{ Н}$$

$$G_r = 27012 + 2 \cdot 2136 + 355452 = 386736 \text{ Н}$$

Вес колонны в условиях монтажа:

$$G_m = G_{\text{об}} + 2G_d,$$

$$G_m = 27012 + 2 \cdot 2136 = 31284 \text{ Н}$$

По АТК 24.200.04-90 выбираем опору 3-2500-0,63-0,32-1600 АТК 24.200.04-90 [34].

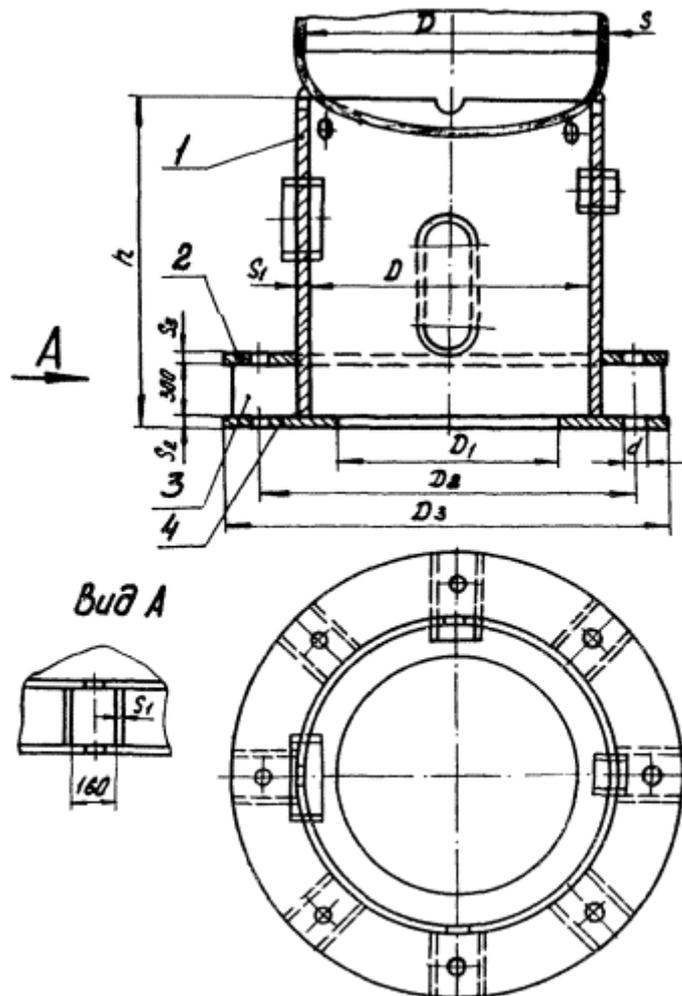


Рисунок 16 – Эскиз опоры

### 3.5 Подбор вспомогательного оборудования

Целью расчёта вспомогательного оборудования сводится в основном к определению вместимости и числа аппаратов технологической схемы. В данном проекте вспомогательным оборудованием являются насос, ёмкость, теплообменник.

#### 3.5.1 Расчёт насоса

Расчёт насосов заключается в определении мощности на валу двигателя с учётом основных его характеристик и типа насоса. Расчёт по формуле:

$$N = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{1000 \cdot \eta},$$

где  $N$  – мощность на валу двигателя, кВт;

$Q$  – производительность насоса, м<sup>3</sup>/с;

$\rho$  – плотность перекачиваемой жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$H$  – напор, м;

$\eta$  – КПД насоса, равное 0,7 для центробежных насосов.

Напор, развиваемый насосом, ищем по формуле:

$$H = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} + H_r + h_n$$

где  $H$  – напор полный, развиваемый насосом, м;

$P_2$  и  $P_1$  – давления в пространстве нагнетания и всасывания, Па;

$\rho$  – плотность перекачиваемой жидкости, при 250 °С кг/м<sup>3</sup>;

$H_r$  – геометрическая высота подъёма жидкости, м;

$h_n$  –напор, затрачиваемый на создание скорости, на преодоление трения, м;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Принимаем:

$$H_r = 1 \text{ м}, h_n = 5 \text{ м}.$$

Из-за небольшой разницы  $p_2$  и  $p_1 - (p_2 - p_1) / \rho g$  можно не учитывать.

С запасом на возможные перегрузки двигатель к насосу устанавливаем большей мощности:

$$N_{уст} = \beta \cdot N,$$

где  $\beta = 1,15$  при  $N = 5-50$  кВт.

Предоставление насоса для подачи гудрона в колонну окисления.

Расход гудрона:

$$Q = \frac{G_c}{\rho \cdot 3600},$$

где  $G_c$  - производительность установки, кг/ч;

$\rho$  - плотность гудрона, кг/м<sup>3</sup>.

$$Q = \frac{15151,5}{989 \cdot 3600} = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с},$$

Напор насоса:

$$H = 1 + 5 = 6 \text{ м}$$

$$N = \frac{4,3 \cdot 10^{-3} \cdot 989 \cdot 9,81 \cdot 6}{1000 \cdot 0,7} = 0,36 \text{ кВт}$$

$$N_{уст} = 1,15 \cdot 0,36 = 0,42 \text{ кВт}$$

Подбор насосов осуществляется по каталогу [18]. Результаты подбора приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Основные характеристики центробежного насоса

Обозначение	Кол-во	Марка насоса	Q, м <sup>3</sup> /с	H, м	Электродвигатель		
					Тип	N, кВт	n, с-1
H1	1	X10/53	2·10 <sup>-3</sup>	10	АО2-52-2	1	48,3

### 3.5.2 Расчёт ёмкости для хранения битума

Подбор ёмкости осуществляем по рабочему объему.

Ёмкость предназначена для приёма битума объемным расходом:

$$G = \frac{M}{p_1},$$

где  $p_1 = 1040$  кг/м<sup>3</sup> – плотность битума при 250 °С.

$$G = \frac{4603,7}{1140} = 4 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Время пребывания в ёмкости 24 ч., то необходимый объём емкости:

$$V = G \cdot 24,$$

$$V = 4 \cdot 24 = 96,9 \text{ м}^3$$

Принимаем к установке ёмкость объёмом 100 м<sup>3</sup> [38].

Потеря тепла в ёмкости:

$$Q_n = \frac{\lambda_c \cdot (t_6 - t_{\text{ок.ср.}})}{s},$$

Где  $\lambda_c$  - теплопроводность изоляции, Вт/м·К [39].

$t_6, t_{\text{ок.ср.}}$  -требуемая температура битума в ёмкости и температура окружающей среды (минимальная температура, октябрь);

$s$  - толщина изоляции, мм.

$$Q_n = \frac{0,098 \cdot (250 - (-10))}{0,02} = 1274 \text{ кДж/кг}$$

### 3.5.3 Расчёт теплообменника

Стандартный теплообменник Т-1, Т-2 подбираем по поверхности теплообмена по формуле

$$F_p = Q \cdot 10^3 / K \cdot \Delta t_{\text{ср}} \cdot 3600,$$

где  $Q$ - тепловая нагрузка на аппарат при нагревании, кДж;

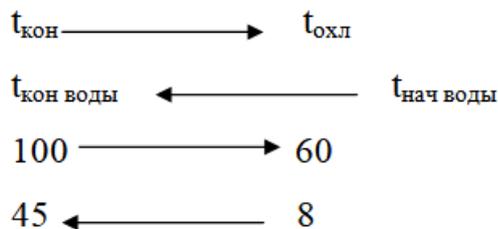
$\Delta t_{\text{ср}}$ - средняя температура напора;

$K$ - коэффициент теплопередачи, сек;

$\tau$ - время теплопередачи, сек.

Если теплообменник «обратный»

$Q = Q_3$  (из теплового расчёта)



$$\Delta t_M = 60 - 45 = 15$$

$$\Delta t_6 = 60 - 8 = 52$$

$$\Delta t_6 / \Delta t_M = 52 / 15 = 3,5 > 2$$

По справочным данным коэффициент теплопередачи  $K = 60 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$

$\tau = 1 \text{ час} = 3600 \text{ сек}$

Средняя разность температур [28]:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_M}{2,3 \lg \frac{\Delta t_6}{\Delta t_M}}$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{52 - 15}{2,3 \lg \frac{52}{15}} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$F_p = 1414,048 \cdot 10^3 / 60 \cdot 30 \cdot 3600 = 0,22 \text{ м}^2$$

По данным принимаем теплообменный аппарат:

- с площадью поверхности теплообмена  $F=1 \text{ м}^2$ ;
- диаметром кожуха  $D = 159 \text{ мм}$ ;
- количеством труб 13 шт;
- длиной труб  $L = 1,0 \text{ м}$ ;
- площадью проходного сечения по трубам  $S_T=0,8 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$ .

### 3.6 Контроль производства и управления

#### 3.6.1 Аналитический контроль

Характеристику материалов, сырья, требования к качеству выпускаемой продукции и т.д. устанавливают в соответствии с нормами ГОСТов, СТП, ТУ.

Методы контроля устанавливаемые в стандартах на продукцию и в стандартах на методы контроля, должны обеспечивать объективную проверку всех обязательных требований к качеству продукции устанавливаемых в стандартах на неё. Методы контроля должны быть объективным, чётко сформулированными и обеспечивать последовательные и воспроизводимые результаты.

Для каждого метода, в зависимости от сертификации его проведение устанавливают:

- Средства контроля и вспомогательные устройства;
- Порядок подготовки к проведению контроля;
- Правила оформления результатов;

- Допустимую погрешность контроля.

Стандарт на методы контроля устанавливает методы контроля одного показателя, нескольких групп однородной продукции, или методы контроля одной продукции, при этом гарантированы результаты контроля. В стандарте устанавливаются требования к методам контроля одного показателя, предусматривают несколько методов контроля один из которых определяется в качестве проверочного.

Если для нескольких методов контроля содержание отдельных требований совпадает, отсутствующие требования приводят только для первого метода, а для остальных дают ссылки на первый метод. При указании средств контроля и вспомогательных устройств, приводят перечень применяемого оборудования или его основные технические характеристики, необходимые для обеспечения контроля с требуемой точностью и перечень материалов.

При применении стандартного оборудования указывают его наименование, обозначение со ссылкой на нормативный документ, по которому оно выпускалось и его класс. При применении оборудования или реактивов, изготовляемых специально для данного испытания и производство которых отсутствует, в тексте стандарта или в приложение дают описание, схемы, рецептуру и т. д. [23].

Основные вопросы, решаемые службой стандартизации применительно к проектируемой установке, заключаются в контроле за качеством исходного сырья и готовой продукции в соответствии с таблицей 7.

Таблица 7 - Перечень аналитического контроля производства

Наименование продукта, подвергаемого анализу	Место отбора проб (место установки средства измерения)	Контролируемый показатель	ГОСТ или ТУ на анализируемый продукт	Норма	Периодичность отбора проб
1. Контроль сырья					
Гудрон с АВТ	Трубопровод подачи гудрона на установку.	1. Температура размягчения по КиШ, °С, не ниже	ГОСТ 11506-73	25	1 раз в сутки

Продолжение таблицы 7

		2. Температура вспышки, °С, не ниже	ГОСТ 4333-87	350	1 раз в сутки
		3. Вязкость условная при 80 °С, с, не ниже	ГОСТ 11503-74	20÷60	3 раза в сутки
		4. Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	ГОСТ 3900-85	0,98÷0,99	1 раз в сутки
2. Контроль продуктов					
Битум дорожный, марки БН 60/90	Трубопровод окисленного битума на пути в резервуарный парк	1. Температура размягчения КиШ, °С, не ниже	ГОСТ 33136-2014	45	По заданию ОТК-ЦЗЛ
		2. Глубина проникновения иглы, 0,1 мм при 25 °С, не ниже	ГОСТ 33142-2014	101÷130	
		3. Температура хрупкости, °С, не выше	ГОСТ 33143-2014	минус 20	

### 3.6.2 Автоматический контроль

Для реализации функций автоматизации контроля и управления технологическим процессом, а также для противоаварийной защиты (ПАЗ) установки разрабатывают автоматизированную систему управления технологическим процессом (АСУ ТП).

Основным показателем качества работы АСУ ТП является стабильность заданных характеристик технологического процесса с учетом обеспечения ПАЗ для всех стадий технологического процесса.

Установка представляет собой сложный объект управления со значительным временем запаздывания с большим числом параметров, характеризующих процесс, с многочисленными взаимосвязями между ними и т.д.

В объекте возникают такие возмущения, как изменения начальных параметров исходной смеси, а также тепло- и хладоносителей, изменения свойств теплопередающих поверхностей, что связано с отложением веществ

на стенках и т.д., которые в свою очередь приводят к нарушению технологического режима [23].

Таблица 8 – Карта контроля технологических параметров

Наименование стадий процесса, места измерения параметров или отбора проб	Контролируемый параметр или наименование защищаемого участка	Частота и способ контроля	Нормы и технические показатели	Метод испытания и средство контроля	Кто контролирует
1	2	3	4	5	6
Узел окисления в колонне К-601	Расход гудрона в колонну окисления	Непрерывный контроль. Сигнализация	4-6,5 м <sup>3</sup> /ч	FT 3051	Оператор
	Расход технологического воздуха в колонну		300-1500 нм <sup>3</sup> /час	FT 3052	
	Расход окисленного битума в резервуарный парк после теплообменника		4-6,5 м <sup>3</sup> /ч	FT 3053	
	Температура в колонне окисления		250-270 °С	TI-7	
	Давление технологического воздуха к колонне		0,4-0,6 МПа	PT2051	
	Содержание кислорода в газах окисления из колонны	Срабатывает сигнализация, параметр регулируют клапаном ESDV 7052	6%	QT 5051	
	Уровень в колонне окисления К-601	Срабатывает сигнализация, параметр регулируют клапаном LV 4051	25-75 %	LIRA-1	
Узел выделения «черного соляра»	Температура верха сепаратора С-601	Непрерывный контроль. Сигнализация	110-160 °С	TT 1151	
	Температура черного соляра после ХВ		105-150 °С	TT 1152	
	Давление в сепараторе		0,05 МПа	PT 2151	
	Уровень жидкости в сепараторе	Срабатывает сигнализация, параметр регулируют клапаном	25-75 %	LT 4151	
Узел утилизации газов окисления	Температура в камере разложения печи П-601	Непрерывный контроль. Сигнализация	900-1000 °С	TT 1201	

#### 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела выпускной квалификационной работы является экономическое планирование и оценка ресурсоэффективности разработки математической модели процесса получения битума окислением гудрона мощностью 80000 т/год.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научных исследований;
- провести SWOT-анализ для выявления сильных и слабых сторон проекта;
- произвести планирование производственно – исследовательских работ;
- произвести расчёт заработных плат основных и вспомогательных рабочих;
- определить расчёт затрат на производство продукции;
- произвести расчёт калькуляции производства;
- определить ресурсоэффективность проекта.

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

В настоящее время основными тенденциями развития рынка строительных услуг становится использование современных технологий строительства, материалов, позволяющих обеспечить качество и надежность при минимальных трудовых затратах. Все большее развитие получает отрасль экологического строительства, и причиной этому является не только желание потребителей жить и работать в помещениях со здоровой экологической обстановкой, но и стремление производителей работ к применению более высокотехнологичных продуктов, гарантирующих максимальный эксплуатационный результат. Одним из направлений развития рынка

строительных материалов является производство битумов. Их технологические свойства и качества делают битумы оптимальным строительным материалом для производства строительных, кровельных и гидроизоляционных работ.

#### 4.2 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ позволит сделать оценку сравнительной эффективности научной разработки и определит направление для её будущего повышения.

Для того, чтобы сравнить и оценить ресурсоэффективность и ресурсосбережение выберем критерии, отталкиваясь от выбранных нами объектов с учётом их промышленных и финансовых экономических черт исследования, формирования и эксплуатации.

Все позиции расцениваются по любому признаку экспертным путём согласно пятибалльной шкале, где 1 – более низкая точка зрения, а 5 – наиболее высокая. Веса характеристик в сумме обязаны быть равны 1.

Анализ конкурентных технических решений найдем по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i,$$

Где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл i-го показателя.

Таблица 9 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Повышение производительности труда	0,3	5	5	4	1,5	1,5	1,2
2.Удобство в эксплуатации	0,25	5	4	3	1,25	1,0	0,75
3.Надёжность	0,2	5	4	5	1,0	0,8	1,0
4.Безопасность	0,25	4	4	4	1,0	1,0	1,0

Продолжение таблицы 9							
5.Функциональная мощность	0,3	3	4	4	1,0	1,15	1,15
6.Простота эксплуатации	0,35	5	4	5	1,25	1,15	1,3
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Уровень проникновения на рынок	0,24	1	2	3	0,24	0,48	0,72
2.Цена	0,25	5	4	3	1,25	1	0,75
3.Наличие сертификации разработки	0,29	4	4	4	1,16	1,16	1,16
4.Предполагаемый срок эксплуатации	0,22	5	4	4	1,1	0,88	0,88
5.Конкурентноспособность на рынке	0,15	4	5	4	1,12	1,2	1,0
ИТОГО	1				11,87	11,32	10,91

Б<sub>ф</sub> – продукт проведённой работы;

Б<sub>к1</sub> – ПАО «Газпром»;

Б<sub>к2</sub> – ООО «Томскнефтехим».

Из полученной оценочной карты видно, что сравниваемые российские компании ПАО «Газпром», ООО «Томскнефтехим» и продукт проведённой работы являются относительно конкурентноспособными на рынке. Данные компании выступают сильными хозяйствующими субъектами, имеющими значительный опыт в производстве битумов и соответствующую репутацию. В числе конкурентных преимуществ: опыт работы, качество производимых материалов, широкий ассортимент, грамотная товарная политика, налаженная система сбыта, грамотные мероприятия по формированию спроса и стимулированию сбыта. На данный момент времени битумы являются наиболее современным и качественным материалом, обладающим необходимыми свойствами для проведения строительных и гидроизоляционных работ [40].

К преимуществам можно отнести рациональное применение сырья и оптимальные условия производства: температура, давление, время контакта. У

разрабатываемого процесса получения битума цена ниже. К недостаткам отнесём наличие производителей на рынке, которые уже зарекомендовали себя.

### 4.3 SWOT-анализ

SWOT анализ Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) - представляет собой комплексную характеристику проекта. Данный анализ применяют для понимания внешних сил, тенденций, условий в которых проект будет развиваться. SWOT анализ проводится в несколько этапов, первый это описание сильных и слабых сторон проекта, анализ возможных угроз и возможностей, второй этап – зависимость возможностей и угроз от сильных и слабых сторон, третий этап – итоговый анализ.

Таким образом, для составления итогового анализа, то есть третьего этапа SWOT – анализа, составим таблицу слабых и сильных сторон проекта, а так же возможностей и угроз.

Таблица 10 – SWOT-анализ проекта

	<p>Сильные стороны исследовательского проекта:</p> <p>С1. Значительный потенциал фирмы, определяемый наличием соответствующего технологического оборудования.</p> <p>С2. Производство качественного битума.</p> <p>С3. Введение в сферу деятельности консалтинговых услуг по использованию и технологии применения битума для различных видов строительных и гидроизоляционных работ.</p>	<p>Слабые стороны исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Неэффективное использование ресурсов.</p> <p>Сл2. Неэффективная система закупок сырья</p> <p>Сл3. Отсутствие маркетинговых исследований.</p> <p>Сл4. Отсутствие стратегического направления развития.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Отсутствие конкурентов в регионе позволяет стать лидером рынка Новосибирской области.</p> <p>В2. Возможности охвата значительной доли рынка.</p> <p>В3. Восстановление экономики и темпов строительства позволяет говорить о перспективах развития сегмента.</p>	<p>Сильные стороны во многом связаны с возможностями, что даёт технологии развитие при данных возможностях.</p>	<p>Слабые стороны в очень малом проценте влияют на возможности в развитии технологии.</p>

Продолжение таблицы 10

<p>Угрозы:          У1. Наличие серьезного крупного конкурента на уровне Российской Федерации.          У2. Ограничивает потенциал работы предприятия в других регионах          У3. Возможность появления новых конкурентов.          У4. Рост цен на сырье, в соответствии с этим повышение стоимости производства.          У5. Изменение требований законодательства.</p>	<p>По результатам интерактивной таблицы, можно сделать вывод о том, что угрозы тесно влияют на сильные стороны данной технологии, но влияние будет косвенное. При повышении цен у поставщиков, природных катастрофах или внедрении новых требований, все производители будут в равных условиях, поэтому сильного влияния данных угроз на сильные стороны не наблюдается.</p>	<p>Угрозы и слабые стороны накладываются так, что не несут особого влияния друг на друга.</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------

В ходе анализа были выявлены сильные стороны проекта, которые позволяют выдвинуть проект на мировой рынок, дает способность исправить недостатки проекта. Так же были рассмотрены сильные и слабые стороны. Слабые стороны, такие как, энергозатратность, дорогая реализация, монтаж аппарата. Так как аппарат должен быть выполнен качественно, должен быть не материалозатратным, простым в эксплуатации то исходя из этого, могут возникнуть такие угрозы, как плохое качество материалов, нарушение герметичности в ходе монтажа или же самой эксплуатации, что не допустимо, так как аппарат работает при высоких температурах и давлении. Сильные стороны, такие как, высокий выход продукта, простота установки, дают значительное преимущество над конкурентами. Также из анализа видно, что есть возможность нейтрализовать слабые стороны проекта или свести к минимуму, такие как: низкая заинтересованность сотрудников и долгие поставки оборудования, сырья, материалов. Угрозы имеют низкие вероятности, к которым также есть возможность подготовиться, чтобы минимизировать их последствия. Все это говорит о высокой надежности проекта. Таким образом, при проектировании окислительной колонны следует обратить внимание на рынок конкурентов, используемые материалы, спрос производимой продукции.

#### 4.4 Планирование технологического проекта

Планирование технического проекта необходимо для чёткого понимания и распределения работы.

##### 4.4.1 Структура научно-технического исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Таким образом, при выполнении технического проекта необходимо сформировать рабочую группу, в которую могут входить научные сотрудники, инженера, лаборанты. Каждый из них, отвечает за свою работу.

В данном пункте следует составить этапы работы проведения проектирования вакуум-сублимационной сушилки для производства быстрорастворимых напитков и распределить эти этапы между группой исполнителей, в состав этой группы входят бакалавр, в качестве исполнителя - инженер (И), научный руководитель выпускной квалификационной работы (НР), консультант по разделу «финансовый менеджмент» - К.

Примерный порядок составления этапов проекта приведен в таблице 11

Таблица 11- Перечень этапов, работ и распределения

Основные этапы работ	Номер работ	Содержание работ	Исполнитель
Выбор руководителя	1	Выбор и связь с руководителем ВКР	И
Выбор темы	2	Выбор и обсуждение темы с руководителем	И, НР
Разработка технического задания	3	Составление и разработка технического задания	НР, К
Выбор направления исследований	4	Подбор материалов и литературы по теме исследования	НР, И

Продолжение таблицы 11

	5	Изучение литературы по теме ВКР	И
	6	Планирование выполнения работы	НР, И, К
Теоретические и экспериментальные исследования	7	Выполнение теоретической части и составление технологической схемы	И
	8	Проведение расчетов	И
Теоретические и экспериментальные исследования	9	Проверка результатов	НР, К
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка выполненной работы и выявление ошибок	НР, И, К
Разработка технической и документации и проектирование	11	Разработка эскизов а затем чертежей в программе AutoCAD	И
	12	Проверка разработанных чертежей	НР, И
Оформление отчета по НИР	13	Оформление и написание пояснительной записки	И

Таким образом, исходя из таблицы 11 видно, что проектирование окислительной колонны для производства битумов нефтяных состоит из 13 этапов. Основную работу проводит исполнитель – инженер, но руководитель так же играет важную роль в написании выпускной квалификационной работы.

#### 4.5 Определение трудоемкости выполнения работ

Ожидаемое (среднее) значения трудоемкости  $t_{ожі}$ , рассчитаем по формуле:

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

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

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

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

Составим таблицу 12 минимальной и максимальной трудоемкости выполнения работы. На выполнение ВКР отведено 4 месяца (т.е 97 дней). Минимальный срок выполнения -70 дней, максимальный 95.

Таблица 12 - Минимальная и максимальная трудоемкость выполнения работ

Номер работ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Минимальная трудоемкость	1	1	2	2	4	1	8	10	1	2	12	1	17
Максимальная трудоемкость	1	2	3	4	6	2	10	14	2	3	16	2	25

Рассчитаем ожидаемое значение трудоёмкости для различных этапов:

$$t_{ож_1} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 1}{5} = 1 \text{ чел. -дн}; t_{ож_2} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1.4 \text{ чел. -дн}$$

$$t_{ож_3} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2.4 \text{ чел. -дн}; t_{ож_4} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2.8 \text{ чел. -дн};$$

$$t_{ож_5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4.8 \text{ чел. -дн}; t_{ож_6} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1.4 \text{ чел. -дн};$$

$$t_{ож_7} = \frac{3 \cdot 8 + 2 \cdot 10}{5} = 8.8 \text{ чел. -дн}; t_{ож_8} = \frac{3 \cdot 10 + 2 \cdot 14}{5} = 11.6 \text{ чел. -дн};$$

$$t_{ож_9} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1.4 \text{ чел. -дн}; t_{ож_{10}} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2.4 \text{ чел. -дн};$$

$$t_{ож_{11}} = \frac{3 \cdot 12 + 2 \cdot 16}{5} = 13.6 \text{ чел. -дн}; t_{ож_{12}} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1.4 \text{ чел. -дн};$$

$$t_{ож_{13}} = \frac{3 \cdot 17 + 2 \cdot 25}{5} = 20.2 \text{ чел. -дн};$$

Внесем для удобства ожидаемую трудоемкость в таблицу 13 (округляя значения до целых чисел)

Таблица 13 - Ожидаемая трудоемкость выполнения работ

Номер работ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ожидаемая трудоемкость	1	1	2	3	5	1	9	12	1	2	14	1	20

Определим продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , по формуле :

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

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.

Рассчитаем продолжительность каждой работы:

$$T_{p1} = \frac{1}{1} = 1 \text{ раб. дн.} \quad T_{p2} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ раб. дн.}$$

$$T_{p3} = \frac{2}{1} = 2 \text{ раб. дн.} \quad T_{p4} = \frac{3}{2} = 1.5 \text{ раб. дн.}$$

$$T_{p5} = \frac{5}{1} = 5 \text{ раб. дн.} \quad T_{p6} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ раб. дн.}$$

$$T_{p7} = \frac{9}{1} = 9 \text{ раб. дн.} \quad T_{p8} = \frac{12}{1} = 12 \text{ раб. дн.}$$

$$T_{p9} = \frac{1}{1} = 1 \text{ раб. дн.} \quad T_{p10} = \frac{2}{2} = 1 \text{ раб. дн.}$$

$$T_{p11} = \frac{14}{1} = 14 \text{ раб. дн.} \quad T_{p12} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ раб. дн.}$$

$$T_{p13} = \frac{20}{1} = 20 \text{ раб. дн.}$$

Внесем результаты в таблицу 14, округляя значения до целого.

Таблица 14 - Продолжительность каждой работы в рабочих днях

Номер работ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Продолжительность каждой работы	1	1	2	2	5	1	9	12	1	1	14	1	20

Таким образом, максимальное количество времени понадобится на составление пояснительной записки, выполнение расчетов и чертежа.

#### 4.5.1 Разработка графика проведения научного исследования

В качестве графика проведения исследования, удобнее всего воспользоваться диаграммой Ганта. Она представляет собой горизонтальный

график, на котором выполняемая работа представлена отрезками, которые в свою очередь характеризуют даты начала и окончания работы.

Переведем дни затраченные на работу в календарные по формуле:

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

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

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

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

Для этого определим коэффициент календарности по формуле :

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

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

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году [41];

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

Определим коэффициент календарности на 2021 год:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,5$$

Следовательно, длительность первой работы в календарных днях равна:

$$T_{k1} = T_{p1} \cdot k_{\text{кал}} = 1 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ дн.} \approx 2 \text{ дн.}$$

$$T_{k2} = T_{p2} \cdot k_{\text{кал}} = 1 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ дн.} \approx 2 \text{ дн.}$$

$$T_{k3} = T_{p3} \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ дн.}$$

$$T_{k4} = T_{p4} \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ дн.}$$

$$T_{k5} = T_{p5} \cdot k_{\text{кал}} = 5 \cdot 1,5 = 7,5 \text{ дн.} \approx 2 \text{ дн.}$$

$$T_{k6} = T_{p6} \cdot k_{\text{кал}} = 1 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ дн.} \approx 2 \text{ дн.}$$

$$T_{k7} = T_{p7} \cdot k_{\text{кал}} = 9 \cdot 1,5 = 13,5 \text{ дн.} \approx 14 \text{ дн.}$$

$$T_{k8} = T_{p8} \cdot k_{\text{кал}} = 12 \cdot 1,5 = 18 \text{ дн.}$$

$$T_{k9} = T_{p9} \cdot k_{\text{кал}} = 1 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ дн.} \approx 2 \text{ дн.}$$

$$T_{k10} = T_{p10} \cdot k_{\text{кал}} = 1 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ дн.} \approx 2 \text{ дн.}$$

$$T_{k11} = T_{p11} \cdot k_{\text{кал}} = 14 \cdot 1,5 = 21 \text{ дн.}$$

$$T_{k12} = T_{p12} \cdot k_{\text{кал}} = 1 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ дн.} \approx 2 \text{ дн.}$$

$$T_{к 13} = T_{р 13} \cdot k_{кал} = 20 \cdot 1,5 = 30 \text{ дн.}$$

Вносим результаты в таблицу 15 (округляя число до целого)

Таблица 15 - Временные показатели проведения работ

№	Минимальная трудоемкость	Максимальная трудоемкость	Ожидаемая трудоемкость	Исполнитель и работ	Длительность в раб. днях	Длительность в кал. Днях
1	1	1	1	И	1	2
2	1	2	1	НР,И	1	2
3	2	3	2	НР, К	2	3
4	2	4	3	НР, И	2	3
5	4	6	5	И	5	2
6	1	2	1	И, НР,К	1	2
7	8	10	9	И	9	14
8	10	14	12	И	12	18
9	1	2	1	НР,К	1	2
10	2	3	2	НР,И, К	1	2
11	12	16	14	И	14	21
12	1	2	1	НР, И	1	2
13	17	25	20	И	20	30
итого:	62	90	72		70	103

Таблица 16 - График Гантта

Вид работы	Исполнители	Т <sub>кi</sub> , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ												
			Февраль			Март			апрель			Май			
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Выбор руководителя	И	2													
Выбор темы	И, НР	2													
Разработка технического задания	НР, К	3													

Продолжение таблицы 16

Подбор литературы	НР, И	3																
Изучение материалов	И	2	1															
Планирование работ	НР, И, К	2																
Выполнение теоретической части	И	14																
Проведение расчетов	И	18																
Проверка расчетов	НР, К	2																
Оценка результатов	НР, И, К	2																
Построение чертежей	И	21																
Проверка чертежей	НР	2																
Составление ПЗ	И	30																

Исходя из выше представленного календарного плана общая продолжительность составления проекта – 12 декад. Был построен график Гантта, наглядно иллюстрирующий этапы выполнения проекта всеми исполнителями. Работа начата с первой декады февраля, заканчивая третьей декадой мая. Продолжительность выполнения работы составит 103 дня, из которых 98 дней выполняет инженер и 13 дней руководитель и консультант. Данный этап позволяет в полной мере оценить весь объем запланированных работ и сроки выполнения [42].

#### 4.6 Бюджет технического проекта

Расчет бюджета является одним из важных разделов финансового менеджмента, так как при расчете, возможно, увидеть все расходы, связанные с проектом.

Для этого необходимо произвести следующие расчеты:

Материальные затраты;

Амортизационные отчисления;

Основную заработную плату;

Накладные расходы;

#### 4.6.1 Материальные затраты на выполнение проекта

$$Z_M = (1 + k) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i}$$

где,  $m$  - количество видов материальных ресурсов, потребляемых в процессе выполнения работ;

$N_{\text{расх}i}$  - количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию (шт., кг, л, и т.д.);

$C_i$  - цена единицы  $i$ -го вида материальных ресурсов (руб./шт., руб./л., руб./кг. и т.д.);

$k_T$  - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (принимаются в размере 15% от стоимости материалов).

Представим материальные затраты в виде таблицы 17.

Таблица 17 - Материальные затраты в рамках работ

Наименование	Количество, шт.	Цена за единицу, руб.	Затраты на материалы, руб.
Ручка	1	25	25
Тетрадь	2	45	90
Карандаш	2	27	54
Картридж для принтера	1	750	750
Бумага	1	300	300
Всего за материалы:			1219
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%):			200
Итого:			1419

Так же для выполнения проектирования, выполнения расчетов и чертежа необходимы программы и оборудование, представленное в таблице 18, при этом затраты не учитываем так как, оборудование и ПО было приобретено заранее.

Таблица 18 - Материальные затраты на оборудование и программы

Наименование оборудования	Количество	Цена за единицу, руб.	Общая стоимость, тыс. руб.
Ноутбук	1	10000	10000
AutoCAD	1	60000	60000
Итого:			70000

#### 4.6.2 Отчисление во внебюджетные фонды

Данный раздел включает расходы установленные законодательством Российской Федерации, туда входят такие отчисления в органы государственного социального страхования (ФСС), пенсии фонд (ПФ) и на медицинское страхование (ФФОМС).

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}});$$

Рассчитаем величину внебюджетных отчислений:

$$Z_{\text{внеб и нж}} = 0,3 \cdot (107420 + 12890,4) = 36093,12 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{внеб рук}} = 0,3 \cdot (26333,77 + 3160,05) = 8848,12 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{внеб рук}} = 0,3 \cdot (14629,87 + 1755,5) = 4915,6 \text{ руб}$$

Следовательно, исходя из заработной платы инженера, отчисления во внебюджетные фонды составляет 36100 рублей, руководителя 8800 рублей, консультанта 4900 рублей.

#### 4.6.3 Расчёт накладных расходов

Рассчитаем накладные расходы:

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= 0,16 \times (Z_{\text{мат}} + Z_{\text{амор}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) = \\ &= 0,16(1219 + 1100 + 95552,8 + 11466,2 + 32105) = 22630 \end{aligned}$$

Вывод: В ходе выполненной работы были определены – продолжительность работы, которая составила 103 календарного дня, общий бюджет на проект составило примерно 240000 рублей

#### 4.6.4 Основная заработная плата исполнителей темы

Раздел содержит основную и дополнительную заработную плату сотрудников, напрямую занимающихся исполнением НТИ. Сюда также прибавляется ежемесячная премия, составляющая 20-30 % от оклада:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

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

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата научного руководителя считается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}},$$

Где  $Z_{\text{дн}}$  – средняя ежедневная оплата сотруднику, руб.;

$T_{\text{р}}$  – продолжительность работы, проделанной сотрудником, раб. дни.

Средняя ежедневная заработная плата сотрудника:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

Где  $Z_{\text{м}}$  – оклад сотрудника за месяц, руб.;

$M$  – количество рабочих месяцев в год, для 5-дневной недели  $M=11,2$ , для 6-дневной  $M=10,4$ ;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени сотрудника, раб дни.

Составим баланс рабочего времени каждого сотрудника НТИ в таблице 19.

Таблица 19 – Баланс рабочего времени

Показатель рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней в году	365	365
Количество нерабочих дней:		
Выходные и праздничные дни	122	122
Потери рабочего времени:		
Отпуск	28	28
Больничный лист	0	0
Действительное рабочее время сотрудника	215	215

Рассчитаем месячный оклад сотрудника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

Где  $Z_{тс}$  – заработная оплата по окладу, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент,  $k_{пр} = 0,3$ ;

$k_d$  – коэффициент доплат,  $k_d = 0,3$ ;

$k_p$  – районный коэффициент,  $k_p = 1,3$ .

Расчёт заработной платы сотрудников НТИ представлен в таблице 20.

Таблица 20 – Основная заработная оплата сотрудников

Сотрудник	$Z_{тс}$ , руб.	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дни	$Z_{осн}$ , руб.
Научный руководитель	18700	0,3	1,3	38896	2026,2	15,8	32014,1
Инженер	10000	0,3	1,3	20800	1083	66	71513
Итого							103527,1

Рассчитаем дополнительную заработную оплату:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

Где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы,  $k_{доп} = 0,13$ .

Общая заработная оплата сотрудников приведена в таблице 21.

Таблица 21 – Общая заработная оплата сотрудников НТИ

Сотрудник	З <sub>осн</sub> , руб.	З <sub>доп</sub> , руб.	З <sub>зп</sub> , руб.
Научный руководитель	32014,1	4161,8	36175,9
Инженер	71513	9296,69	80809,69
Итого:	103527,1	13458,49	116985,59

#### 4.6.5 Страховые отчисления

В данном разделе затрат отобразим обязательные отчисления согласно установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, а также медицинского страхования от затрат на оплату труда работников.

Сумму страховых отчислений определим по формуле:

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

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды,  $k_{внеб} = 30,2$ .

В таблице 22 представлены отчисления во внебюджетные фонды.

Таблица 22 – Отчисления во внебюджетные фонды

Сотрудник	З <sub>зп</sub> , руб.	Коэффициент отчислений
Научный руководитель	36175,9	0,302
Инженер	80809,69	
Итого:	116985,59	35329,6

#### 4.6.6 Накладные расходы

Накладные затраты принимают во внимание другие расходы компании, не попавшие в предшествующие разделы затрат. К накладным затратам относят печать и копирование различных графических материалов, оплата услуг связи и электричества, автотранспортные расходы и прочее.

Определим их по формуле:

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

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

Тогда накладные расходы для исполнения 1:

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}1} &= (1046963 + 5693815 + 103527,1 + 13458,49 + 35329,6) \cdot 0,16 \\ &= 1102894,91 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Накладные расходы для исполнения 2:

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}2} &= (1114715,5 + 5354920 + 103527,1 + 13458,49 + 35329,6) \cdot 0,16 \\ &= 1059512,11 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Накладные расходы для исполнения 3:

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}3} &= (925071,6 + 7549325 + 103527,1 + 13458,49 + 35329,6) \cdot 0,16 \\ &= 1380273,89 \text{ руб.} \end{aligned}$$

#### 4.6.7 Бюджет затрат НТИ

Для определения затрат проекта, а так же для формирования бюджета затрат, необходимо рассчитать величину затрат. Данные бюджета затрат НТИ приведены в таблице 23.

Таблица 23 - Расчет бюджета затрат

Наименование статьи	Сумма, руб
1. Материальные затраты НТИ	1220
2. Затраты на оборудование	0
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	148384
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	17850
5. Отчисления во внебюджетные фонды	49860
6. Затраты на научные и производственные командировки	0
7. Накладные расходы	22630
Продолжение таблицы 23	
9. Бюджет затрат НТИ	239944

Вывод: в данном разделе была проведена следующая работа:

Распределили обязанности каждого участника научно-исследовательского проекта;

Определили трудоёмкость работ и значение трудозатратности всех исполнителей;

Разработали и построили график проведения НИИ, а также календарный план-график для каждого сотрудника проекта;

Расчислили бюджет научно-технического исследования, в который вошли следующие виды расчётов:

-затраты на материальные ресурсы;

-затраты на оборудование;

-расчёт основной и дополнительной заработной платы всех сотрудников с учётом их времени работы;

-расчёт страховых отчислений;

-накладные расходы;

-формирование бюджета НИИ.

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

4.7.1 Ресурсоэффективность

С помощью интегрального критерия ресурсоэффективности определим ресурсоэффективность автоматизированной системы. Формула для его определения имеет следующий вид:

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

где  $I_{pi}$ — интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  — весовой коэффициент проекта;

$b_i$ — балльная оценка проекта, устанавливается экспериментальным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 24 – Оценка характеристик проекта

Объект исследования/ Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исполнение 1	Исполнение 2	Исполнение 3
1.Способствует росту производительности труда пользователя	0,2	4	3	3
2.Удобство в эксплуатации	0,25	5	4	5
3.Энергосбережение	0,25	5	5	4
4.Воспроизводимость	0,15	4	4	4
5.Надежность	0,10	5	4	4
6.Материалоёмкость	0,15	4	5	5
Итого	1	4,5	4,2	4,2

Сравнение значений интегральных показателей позволяет нам сделать вывод, что более удобный, надежный и ресурсосберегательный способ выполнения НТИ возможен по первому исполнению. Определим интегральный показатель эффективности на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{и сп.1}} = \frac{I_{\text{р-и сп1}}}{I_{\text{финр}}}, I_{\text{и сп.2}} = \frac{I_{\text{р-и сп2}}}{I_{\text{финр}}}.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 25) и выбрать наиболее целесообразный вариант их предложенных. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{и сп.1}}}{I_{\text{и сп.2}}}.$$

Таблица 25 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатель	Исполнение 1	Исполнение 2	Исполнение 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,8	0,88	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	4,2	4,2
3	Интегральный показатель эффективности	5,6	4,7	4,2
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,84	0,85

Сравнение полученных интегральных показателей дает возможность понять и подобрать наиболее продуктивный вариант установленной в данной работе технической задачи с позиции экономической и ресурсной производительности. Таким вариантом становится первое исполнение.

В данном разделе были проведены следующие расчеты:

1. Сравнительная оценка характеристик для трех вариантов производства битума;Сравнили эффективность данных разработок;

2.Определили интегральный финансовый показатель ресурсоэффективности производств;

3. Сравнили коэффициент эффективности проектов.

На основе полученных характеристик выбрали исполнение производства.

Выводы по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоэффективность»:

В экономической части данной работы был проведён анализ конкурентоспособности получения битумов, посчитан коэффициент, расценивающий перспективность технологии, который устанавливает степень перспективности как «выше среднего».

Проведён SWOT- анализ, в ходе которого были выявлены сильные стороны проекта, которые позволяют выдвинуть проект на мировой рынок, дает способность исправить недостатки проекта. Сильные стороны, такие как, высокий выход продукта, простота установки, дают значительное преимущество над конкурентами. Слабая сторона - дорогая реализация проекта производства битумов. Определены угрозы такие, как плохое качество материалов, нарушение герметичности в ходе монтажа или же самой эксплуатации. Данный проект обладает всеми возможностями для увеличения эффективности производства, а следовательно увеличить прибыль. При необходимости можно усовершенствовать программу разработки и внедрения новых технологий, использование собственных достижений, высокий научный потенциал, также наличие высококвалифицированных рабочих, все это даст возможность повысить конкурентоспособность

Составлен план-график работ, согласно которому, продолжительность проектирования составит 4 месяца (то есть 12 декад). Был построен график Гантта, наглядно иллюстрирующий этапы выполнения проекта всеми исполнителями. Продолжительность выполнения работы составит 103 дня, из которых 98 дней выполняет инженер и 13 дней руководитель и консультант.

Провели оценку ресурсоэффективности, где рассчитали следующие виды показателей: интегральный финансовый, интегральный показатель ресурсоэффективности и интегральный показатель эффективности. Сделали сравнительную эффективность вариантов исполнения, где выбрали Исполнение 1, как наиболее выгодное производственное решение. Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило определить, что существующий вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции ресурсной эффективности является наиболее приемлемым.

Таким образом, благодаря проведенным анализам и расчетам, была определена продолжительность проектирования и примерная цена реализации проекта, что дает нам возможность о рассмотрении других материалов для снижения стоимости аппарата, а так же максимально исключить недостатки.

## 5 Социальная ответственность

### 5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:

Перед пуском установки необходимо проверить правильность монтажа и исправность оборудования, трубопроводов, арматуры, заземляющих устройств, контрольно-измерительных приборов, средств индивидуальной защиты и пожаротушения. Пуск установки должен производиться под руководством ответственных инженерно-технических работников.

Пребывание на установке лиц, не имеющих непосредственное отношение к её обслуживанию запрещается. Все аппараты и отдельные узлы установки, подвергшиеся ремонту, перед пуском должны быть опрессованы на герметичность. Во время работы установки необходимо обеспечить контроль за давлением, вакуумом, температурой, расходом и уровнем в аппаратах. Параметры режима должны соответствовать утверждённой технологической карте. Изменения в технологический режим вносятся по распоряжению и согласованию с руководством. Показания контрольно-измерительных приборов, находящихся на щите в операторной, должны периодически проверяться дублирующими приборами, установленными непосредственно на аппаратах.

Все аппараты и оборудование должны эксплуатироваться в соответствии с техническими условиями завода-изготовителя, а поднадзорные Ростехнадзору в соответствии с правилами Ростехнадзора.

Запрещается эксплуатация трубопроводов, оборудования и аппаратуры при наличии неплотностей в соединениях.

Осмотр и проверка оборудования, автоматики, блокирующих и сигнализирующих устройств должны проводиться с соблюдением следующей периодичности:

- исправность и состояние противопожарного оборудования, противогозов, систем паротушения, наличие надлежащего давления воды и пара в системах – перед началом каждой смены старшим по смене;

- исправность и работа вентиляционных установок – перед началом каждой смены оператором или старшим по смене;

- исправность всех водопроводных устройств, установок пенного тушения – не реже одного раза в месяц специально назначенными лицами совместно с работниками пожарной охраны;

- состояние КИП, автоматики, блокирующих и сигнализирующих устройств – не реже одного раза в смену работником службы КИП.

Изменение температуры и давления в аппарате, для предупреждения возможных деформаций, должно производиться медленно и плавно. При обнаружении пропусков в корпусе колонн испарителей, теплообменников и прочих аппаратов или шлемовых трубах, трубопроводах для предотвращения воспламенения вытекающего нефтепродукта, необходимо немедленно подать пар к месту пропуска и выключить аппарат из работы [43].

## 5.2 Производственная безопасность на проектируемой уставке

Таблица 26 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовлен ие	Эксплуатац ия	
Повышенная запыленность и загазованность воздуха	+	+	+	ГОСТ Р 54578-2011
Повышенная и пониженная температура воздуха	+	+	+	ГОСТ 12.1.005-88
Повышенный уровень шума	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014
Повышенный уровень вибрации	+	+	+	ГОСТ 31192.2-2005
Недостаточная освещённость рабочей зоны	+	+	+	СНиП 23-05-95
Повышенная электроопасность	+	+	+	ГОСТ Р 12.1.019-2009

На объекте действует большое количество факторов, представляющих угрозу для персонала. Проектирование выполняют с соблюдением норм и правил, принятых в химической технологии.

### 5.2.1 Производственное освещение

Организация освещения производственных помещений имеет большое значение для нормальной и безопасной работы обслуживающего персонала. В соответствии с СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» предусматривают [44]:

естественное освещение в дневное время через оконные проемы;

искусственное освещение при помощи светильников.

Так как производство является непрерывным, в темное время суток обеспечивают искусственное освещение рабочих мест в помещениях и наружной части. В операторном помещении предусматривают комбинированную систему освещения: с общим равномерным освещением всего производственного помещения, дополнительным освещением щитов и пультов в операторном помещении, а также рабочих мест в помещениях средств измерения.

При внезапном отключении рабочего освещения предусмотрено аварийное освещение для проведения необходимых работ. Аварийное освещение необходимо организовать у щитов и пультов в операторном помещении, за щитом у шкафов электропитания, на лестничных площадках, у дверных проемов.

В соответствии с разрядами зрительных работ приняты нормативные освещенности от 10 до 300 лк. В соответствии с рекомендацией СНиП 23-05-095 предусматриваем наружное освещение между зданиями на производственной площадке, при необходимости предусматриваем оснащение персонала средствами освещения (фанариками).

### 5.2.2 Защита от шума и вибрации

Работающее технологическое оборудование является источником повышенного шума и вибрации, которые неблагоприятно воздействуют на человека. Поэтому управление процессом должно быть автоматизировано, а операторная звукоизолирована. Допустимый уровень шума и вибрации на постоянном рабочем месте не должен превышать санитарных норм, установленных в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [45].

Шум и вибрация различаются частотой колебаний в секунду. Если число колебаний в секунду не превышает 16, то они воспринимаются человеком как сотрясения и называются вибрацией. Частота колебаний от 16 до 20000 в секунду воспринимается органами слуха как шум, колебания с частотой свыше этого предела не ощущаются человеком, и называются ультразвуками

Для борьбы с шумом и вибрацией необходимо провести следующие мероприятия:

- размещение оборудования с высоким уровнем шума в отдельных помещениях;
- использование средств индивидуальной защиты от шума (наушники) и вибрации (виброзащитная обувь);
- применение звукопоглощающих и звукоизолирующих материалов, конструкций;
- использование специальных кожухов на приводах шумных машин и механизмов;
- дистанционное управление процессом;
- своевременный текущий ремонт оборудования;
- использование виброизолирующих или вибропоглощающих материалов с большим внутренним трением в местах с интенсивными колебаниями; предотвращение вибраций трубопроводов путем применения амортизаторов или прокладок.

### 5.2.3 Неудовлетворительный микроклимат

В помещениях УПБ возможны выделения вредных веществ, поэтому для безопасной работы и создания нормальных и санитарно-гигиенических условий на установке и микроклимата в помещениях согласно СНиП 41-01-2008 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» предусматривают механическую, естественную, смешанную вентиляцию [46].

В помещениях с незначительным количеством вредных газов при помощи вентиляции создается подпор, препятствующий загрязнению воздуха смежных помещений. В помещениях с значительным выделением вредных газов подпор создается приточной вентиляцией. В помещениях насосной и компрессорной обмен воздуха обеспечивается приточной и вытяжной вентиляцией.

Температура, влажность и скорость движения воздуха нормированы с учетом сезона года, категории выполняемых физических работ. В процессе обслуживания окислительной колонны персонал работает стоя, большинство операций связано с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождается умеренным физическим напряжением, поэтому работа относится к средней тяжести, категории 26 в соответствии с СанПин 2.2.4.548-96. Данные приведены в таблице 27.

Таблица 27 - Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Сезон года	Температура воздуха, °С		Относительная влажность		Скорость движения воздуха, м/сек	
	Фактич. знач.	Допустим. знач.	Фактич. знач.	Допустим. знач.	Фактич. знач.	Допустим. знач.
Холодный	20	19,1-22	53	12-75	0,1	0,2-0,4
Теплый	22	21,1-27	53	15-75	0,2	0,2-0,5

### 5.2.4 Защита от разрядов зарядов статического электричества

Технологические операции с нефтепродуктами, являющиеся хорошими диэлектриками, сопровождаются образованием электрических зарядов.

Электростатические заряды могут накапливаться на теле человека при контакте с заряженными поверхностями, при ходьбе по диэлектрическим покрытиям пола, при ношении одежды из шерсти или искусственного волокна. Количество накопившегося на людях заряда может быть достаточным для электростатического разряда при контакте с заземленным предметом, искра которого способна вызвать воспламенение взрывоопасных смесей, травмирование и поражение людей.

Предотвращения накопления зарядов статического электричества достигаются заземлением металлических технологических аппаратов, оборудования и трубопроводов, содержащих взрывоопасные смеси, а также воздухопроводы вентиляционных устройств.

Для снижения интенсивности возникновения зарядов статического электричества горючие газы должны быть очищены от взвешенных жидких и твердых частиц, а жидкости – от загрязнения нерастворимыми твердыми и жидкими примесями.

#### 5.2.5 Атмосферное электричество

Опасные потенциалы могут возникать также в результате прямых и вторичных проявлений молнии. Ввиду того, что на установке имеются высокие металлические сооружения, для их защиты от попадания молнии необходимо выполнить мероприятия по молниезащите. В соответствии с РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» должны быть выполнены [47]:

- защита от прямых ударов молнии;
- защита от искрообразования во взрывоопасной среде;
- защита от ввода тока в заземлитель или подземные коммуникации защищаемого объекта при ударе молнии в молниеотвод.

## 5.2.6 Токсичные вещества

Выполнение различных видов производственных работ может сопровождаться выделением в воздушную среду вредных веществ. Вредное вещество - это вещество, которое в случае нарушения требований безопасности может вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые как в процессе работы, так и в последующей жизни. При проведении различных технологических процессов в воздух выделяются твердые и жидкие частицы, а также пары и газы. Пары и газы образуют с воздухом смеси, а твердые и жидкие частицы - аэродисперсные системы - аэрозоли. Существуют различные классификации вредных веществ, в основу которых положено их действие на человеческий организм. В таблице 28 представлены вредные вещества возможно встречающиеся в воздухе рабочей зоны.

Таблица 28 - Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
Оксид углерода	20	4
Предельные углеводороды C <sub>2</sub> -C <sub>4</sub>	300	4
Сероводород	10	2
Оксиды азота	5	2
Сера (пары)	6	4
Бензин	100	4
Керосин	300	4
Дизельное топливо	300	4
Нефть	10	3

## 5.3 Экологическая безопасность

### 5.3.1 Анализ воздействия объекта на атмосферу, гидросферу и литосферу

На УПБ имеются ряд источников загрязнения окружающей среды (ОС), поступающих с газовыми выбросами, жидкими стоками и т.д.

Выбросы в атмосферу подразделяются на:

-организованные, поступающие через специально сооруженные устройства (вентиляционная труба, дымовая труба, свеча рассеивания), посредством которых осуществляется выброс загрязняющих веществ в атмосферу;

-неорганизованные, поступающие в атмосферу при нарушении герметичности оборудования (фланцы, запорно-регулирующая арматура, уплотнения насосов), в местах отбора проб, при загрузке, выгрузке и хранении сырья, продуктов, теплоносителя, выбросы от покраски.

В качестве основных источников загрязнения атмосферы рассматривают газы окисления и пары битума.

Газы, выходящие из окислительной колонны, состоят из азота, кислорода, оксидов углерода, углеводородов и их кислотных производных, а также водяных паров, образующихся в результате окисления углеводородного сырья или подаваемых в окислительную колонну. Для снижения выбросов в атмосферу и обеспечения безопасности проведения процесса технологией предусмотрены:

-отказ от подачи водяного пара в окислительную колонну путем рециркуляции битума в окислительную колонну;

-сепарация газов окисления с выделением «черного соляра», а обезвреживание неконденсирующихся газов в печи дожига.

Другим значительным источником загрязнения окружающей среды являются пары, выделяющиеся при наливке горячего битума в железнодорожные цистерны, автоцистерны или фасовке в мешки, бочки. Они содержат парафино-нафтяные и полициклические ароматические углеводороды, а также гетероциклические соединения, самым опасным из которых является 3,4-бенз(а)пирен. Он представляет собой канцерогенное

вещество, отрицательно влияющее на организм человека. Поэтому рекомендовано организовать местную вытяжную вентиляцию и обеспечить соблюдение нормативов предельно-допустимых выбросов (ПДВ).

Количество вредных выбросов рекомендовано определить в соответствии с отраслевыми нормами технологического проектирования и отраслевыми методическими указаниями и рекомендациями по определению выброса вредных веществ в атмосферу [48].

### 5.3.2 Обеспечение санитарных норм в рабочей зоне с учетом размещения стационарных источников выбросов веществ

Для каждого вида отхода необходимо установить соответствующее место складирования и транспортирования, предусмотреть меры по обезвреживанию и утилизации образующихся отходов. В процессе эксплуатации УПБ образование отходов, подлежащих захоронению, не происходит.

На установке производства битума с целью улучшения экологической ситуации и повышения безопасности ведения процесса рекомендовано проведение следующих мероприятий:

- применение герметичной технологической аппаратуры, а также осуществление периодического контроля состояния технологического оборудования, насосов, компрессоров. В случае обнаружения пропусков необходимо принять меры по их устранению;

- направить в печь дожига газы окисления после сепарации;

- для уменьшения тяжести последствий возможных аварий предусмотреть разделение технологических систем на блоки с минимально возможным энергетическим потенциалом;

- обеспечение санитарных норм в рабочей зоне с учетом размещения стационарных источников выбросов веществ;

- предусмотреть закрытые системы сброса газов и аварийную емкость на установке при аварийном опорожнении аппаратуры;

- во избежание загрязнения почвы забетонировать площадь установки;
- организованный отвод талых и дождевых вод с территории установки производства битумов;
- оснащение технологического оборудования противоаварийной автоматической защитой (ПАЗ) для повышения безопасности процесса и в случае отклонения от установленного технологического режима.
- применение электрооборудования, аппаратуры и приборов во взрывобезопасном исполнении.

## 5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

### 5.4.1 Анализ возможных ЧС

В результате реализации принятых в ходе работы над ВКР проектных решений на производстве могут возникнуть следующие чрезвычайные ситуации:

1. возникновение пожара и взрыва (ввиду пожаро- и взрывоопасности разделяемой фракционной смеси жидких углеводородов);
2. возникновение производственных аварий техногенного характера (нарушение герметичности оборудования, разрыв трубопроводов);
3. природные ЧС (ввиду больших габаритных размеров, а именно высоты проектируемой колонны существует опасность возникновения ЧС под действие ветровой нагрузки и сейсмических сил).

Механизм ликвидации последствий возникновения производственных аварий техногенного характера состоит из эвакуации персонала из зоны поражения, локализации источника аварии, ремонтных работ и устранения причин аварии. В связи, с чем за наиболее типичную и опасную ЧС, защиту от которой необходимо предусмотреть, на данном производстве примем: возникновение пожара. Причинами возникновения пожара и взрыва могут служить: технические неполадки, в результате которых происходит отклонение

технологических параметров от регламентных значений, вплоть до разрушения оборудования;

1. неосторожное обращение с огнем при производстве ремонтных работ;
2. события, связанные с человеческим фактором: неправильные действия персонала, неверные организационные или проектные решения, постороннее вмешательство (диверсии) и т.п.;

3. внешнее воздействие техногенного или природного характера: аварии на соседних объектах, ураганы, землетрясения, наводнения, пожары. Превентивные меры по предотвращению ЧС включают в себя соблюдение техники безопасности, оснащение производственных зданий и территории промплощадки первичными средствами пожаротушения и мероприятия по пожарной безопасности [49].

#### 5.4.2 Безопасности населения и территории от ЧС техногенного порядка

Во время работы установки могут возникнуть чрезвычайные ситуации (ЧС). К ним относятся стихийные бедствия, промышленные аварии и катастрофы. К техногенным ЧС относятся ситуации, возникновение которых связано с производственной деятельностью человека. ЧС могут повлечь человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. Для обеспечения безопасности жизнедеятельности в ЧС применяют комплекс организационных, инженерно-технических мероприятий и средств, направленных на сохранение жизни человека.

Обязательным условием безопасности технологического процесса является его устойчивость – способность в условиях ЧС выпускать установленные виды продукции в запланированном объеме и номенклатуре, минимизировать материальные и технологические потери в условиях воздействия оружия массового поражения и других средств нападения противника, а также приспособленность этого объекта к восстановлению в

случае повреждения. В условиях ЧС устойчивость определяется следующими факторами:

- надежность защиты производственного персонала от поражающих факторов, действующих при возникновении и развитии ЧС;

- надежность снабжения хозяйственного объекта электроэнергией, сырьем, водой, газом;

- готовность хозяйственного объекта к проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Особое внимание обращается на заблаговременное строительство убежищ на предприятиях, в технологических процессах которых используются взрывоопасные и токсичные вещества.

#### 5.4.3 Пожаровзрывоопасность на объекте

Пожарную опасность на территории УПБ составляют следующие факторы:

- пожароопасность жидких углеводородов (конденсата, метанола) и их паров;

- взрывоопасность легких углеводородных газов, выделяющихся в атмосферу при нарушении герметичности аппаратов и через неплотности фланцев и сальников арматуры;

- вероятность образования пирофорных веществ;

- опасность замыкания электропроводки.

На УПБ вероятным местом образования этих соединений является газовый тракт газов окисления из окислительной колонны. Для предупреждения самовоспламенения пирофорных осадков необходимо проведение следующих мероприятий:

- осуществлять периодический надзор за коррозионными и грязевыми отложениями на поверхности аппаратуры, емкостей и резервуаров;

-извлекаемые отложения должны поддерживаться во влажном состоянии до удаления с территории завода;

-использование нержавеющей стали;

-покрытие лакокрасочными материалами сепараторов и емкостей на основе эпоксидных, фенолформальдегидных составов и их комбинаций;

-применение инструментов, не дающие искр, при очистке аппаратов, где возможны отложения пирофорных соединений.

Основные причины, вызывающие пожары, взрывы:

-нарушение требований и инструкций по пожарной безопасности, норм охраны труда и технологического регламента;

-отсутствие постоянного контроля состояния оборудования;

-нарушение правил ведения огневых работ.

На УПБ должна быть обеспечена безопасность людей при пожаре, а также разработаны инструкции о мерах пожарной безопасности для каждого взрывопожароопасного и пожароопасного участка. Во всех производственных, складских и вспомогательных помещениях УПБ на видных местах должны быть вывешены таблички с указанием номера телефона вызова пожарной охраны.

Противопожарные мероприятия должны обеспечивать безаварийную работу установки. Возможность ликвидации пожара в начале его возникновения имеющимися на установке первичными средствами пожаротушения обеспечивают наличием подъездных путей, проездов и дорог, подъездов пожарной техники к объектам и возможности подключения пожарной техники к сети пожарного водоснабжения.

Оснащение производственных зданий и территории промплощадки первичными средствами пожаротушения и мероприятия по пожарной безопасности должны производиться в соответствии с "Приказ МЧС РФ от 18.06.2003 313 "Об утверждении Правил пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03)". Местоположение первичных средств пожаротушения

и пожарного инвентаря должно быть согласовано с органами пожарного надзора. Пожарные щиты с набором инвентаря (огнетушителями ОП-10, ОУ-5 для тушения электрооборудования, ведра, лопаты, топор), и ящиками для песка  $V=1,0 \text{ м}^3$  предусматриваются на выходе из помещений и здания цеха таким образом, чтобы не препятствовать вынужденной эвакуации людей.

Помещения УПБ оборудуют световыми и звуковыми оповещателями, датчиками положения для отключения автоматического пуска установки газового пожаротушения, а также устройствами дистанционного пуска установки и сигнализации «Автоматический пуск отключен». Для тушения электроустановок применяют углекислотные и порошковые огнетушители. Применение вышеуказанных средств осуществляют в соответствии с инструкциями [50].

#### Вывод по главе «Социальная безопасность»

В процессах производства битумов используются и получаются пожаро- и взрывоопасные вещества, а также вещества, оказывающие вредное влияние на организм человека. Поэтому для предотвращения несчастных случаев и аварийных ситуаций при эксплуатации битумных установок необходимо соблюдать правила техники безопасности и пожарной безопасности.

В данной работе предусмотрены необходимые мероприятия по утилизации отходов, вопросам охраны труда, техники безопасности, противопожарной охраны, охраны окружающей среды.

## Заключение

В данной работе рассмотрели производство битума. Предложили технологическую схему производства (приложение Б) битума БНД 60/90 окислением гудрона воздухом производительностью 80000 т/год по сырью.

Изучены различные технологии получения окисленных битумов, рассмотрены преимущества каждого из реализуемых на производстве способов. Установлено, что наибольшую эффективность при прочих равных условиях имеет метод с использованием установки непрерывного окисления колонного типа.

Рассчитали и составили материальный и тепловой балансы. Выполнили технологический и механический расчёт основного аппарата – окислительной колонны. Диаметр колонны 2,5 м, высота – 11,7 м. Колонна имеет тепловую изоляцию (совелит) толщиной 200 мм.

В дипломном проекте также освещены вопросы охраны труда и охраны окружающей среды.

Следовательно, внедрение в производство каталитического окисления является выгодным не только для общественных потребностей, но и для всего коллектива предприятия.

## Список литературы

1. Грудников Игорь Борисович. Производство нефтяных битумов. – М.: Химия, 1983– 234 с.
2. И. Н. Кудрявцева, Э. И. Васильева, Н. А. Бугай. Битумы как пленкообразователи для лакокрасочных материалов промышленного и бытового назначения.- М. : НИИТЭхим, 1989. - 36 с.
3. Гунн, Р.Б. Нефтяные битумы / Р.Б. Гунн. – М.: Химия, 1973. – 432 с.
4. Сергиенко, С.Р. Высокомолекулярные соединения нефти / С.Р. Сергиенко. – М.: Химия, 1964. – 535 с.
5. Гуреев А.А., Чернышова Е.А., Коновалов А.А., Кожевникова Ю.В. Производство нефтяных битумов. –М. Изд. Нефть и газ, 2007. –102 с.
6. Лабораторная работа. Производство окисленных битумов. Методическое пособие. – Казань, 2013. – 86 с.
7. Рудин, М.Г. Карманный справочник нефтепереработчика / М.Г.Рудин, В.Е. Сомов. – ОАО «ЦНИИТЭнефтехим», 2004. – 214. с.
8. Танатаров М.А., Ахметшина М.Н., Фасхутдинов Р.А. и др. Технологические расчёты установок переработки нефти: учебное пособие для вузов. – М.: Химия, 1987. – 352 с.
9. Грудников Игорь Борисович. Производство нефтяных битумов. - М.: Химия, 1983. - 188 с.
10. Колбановская А.С., Михайлов В.В. Дорожные битумы. - М.: Транспорт, 1973. — 264 с.
11. Пажитнова Н.П., Исследование свойств битумов, применяемых в дорожном строительстве /Н.П. Пажитнова, Т.В. Потапова // Труды СоюзДорНИИ. – М.: Издательство СоюзДорНИИ, 1985. - 29 с.
12. Галдина В.Д. Модифицированные битумы: учебное пособие. – Омск: СиБАДИ, 2009. – 228 с.
13. Кутьин Ю. А., Теляшев Э. Г., Мушреф Х. Ш. Дорожные нефтяные Битумы: нормативы, технологии производства качество, перспективы. - М: Изд.

Национальный центр по асфальтовой технологии, , третье издание, 2009. - 111 с.

14. ГОСТ 32183-2013. Материалы битумные полутвёрдые. Определение плотности пикнометром. - М.: Стандартиформ, 2016. - 8 с.

15. ГОСТ 11501-78. Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы. - М.: Стандартиформ, 2008. - 6 с.

16. ГОСТ 11506-73. Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару. - М.: Стандартиформ, 2008. - 6 с.

17. ГОСТ 11507-78. Битумы нефтяные. Метод определения температуры хрупкости по Фраасу. - М.: Стандартиформ, 2008. - 5 с.

18. ГОСТ 11505 – 75. Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости. - М.: Стандартиформ, 2016. - 3 с.

19. ГОСТ 11503-74. Битумы нефтяные. Метод определения условной вязкости. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. - 3 с.

20. ГОСТ 4333-48. Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле. М.: Стандартиформ, 2019. - 14 с.

21. ГОСТ 20739-75. Битумы нефтяные. Метод определения растворимости. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. - 4 с.

22. ГОСТ 33133-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические требования. - М.: Стандартиформ, 2014. - 7 с.

23. Проектная документация установки по производству битума. - Изд. Министерство промышленности и инновационной политики республики Башкортостан академия наук республики Башкортостан, 2016 - 214 с.

24. Кузнецов А.А., Кагерманов С.М. и др. Расчёты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности. – Л.: Химия, 1974. – 343 с.

25. СНиП 2.04.14-88. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов/Госстрой СССР.— М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. - 32 с.

26. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - Л.: Химия, 1987. – 575 с.

27. ГОСТ 9931-85. Корпуса цилиндрические стальных сварных сосудов и аппаратов. Типы, основные параметры и размеры. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 22 с.

28. Лащинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры: Справочник. 3-е изд., стереотипное. – М.: ООО ИД «Альянс», 2008. – 752 с.

29. Лащинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1981. – 382 с.

30. ГОСТ 5632-72. Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные марки. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. - 75 с.

31. ГОСТ 34233.1-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования. М.: Стандартиформ, 2019. - 29 с.

32. ГОСТ 34233.2-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность. Расчёт цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек. – М.: Стандартиформ, 2018. – 54 с.

33. ГОСТ 6533-78. Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. Основные размеры. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 38 с.

34. АТК 24.200.04-90. Опоры цилиндрические и конические вертикальных аппаратов. Типы и основные размеры. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 26 с.

35. Дубовкин Н.Ф. Справочник по теплофизическим свойствам углеводородных топлив и их продуктов сгорания. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1962. – 288 с.

36. АТК 24.218.06-90. Штуцера для сосудов и аппаратов стальных сварных. Типы, основные параметры, размеры и общие технические требования. М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. - 41 с.

37. Центробежные насосы унифицированного ряда для химических производств с проточной частью из металла. Каталог-справочник. М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1970. - 63 с.

38. ГОСТ 31385-2008. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия. М.: Стандартиформ, 2010. - 52 с.

39. Дворкин Л. И., Дворкин О. Л. Справочник по строительному материаловедению. Учебно-практическое пособие. – М.: Инфра-Инженерия, 2013. – 832 с.

40. Технология бизнеса. Где в России самые выгодные энерготарифы для промышленных предприятий [Электронный ресурс] - URL:<http://www.orenfinance.ru/business/detail.php?ID=10304> (дата обращения: 02.05.2021).

41. Количество праздничных выходных дней в разных странах мира - [Электронный ресурс] - URL: [http://studopedia.ru/6\\_9562\\_opredeleniefondov-rabochego-vremeni.html](http://studopedia.ru/6_9562_opredeleniefondov-rabochego-vremeni.html) (дата обращения: 02.05.2021).

42. Федеральная служба Государственной статистики -[Электронный ресурс] //Официальный интернет-портал правовой информации [сайт]. URL:<http://www.gks.ru/dbscripts/cbsd/DBInet.cgi> (дата обращения: 02.05.2021).

43. ГОСТ 12.2.049-80. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие эргономические требования. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. - 88 с.

44. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. - М.: Минстрой России, 2019. - 78 с.

45. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. - М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. - 11 с.

46. СНиП 41-01-2008. Отопление, вентиляция и кондиционирование. - М.: Сантехниипроект Госстроя России, 2008. - 81 с.

47. РД 34.21.122-87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. - М.: Энергоатомиздат, 2009 - 80 с.

48. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2015. - 45 с.

49. ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в ЧС. Основные положения. - М.: Стандартиформ, 2019. - 7 с.

50. ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. - 7 с.



