

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование процесса производства битумов нефтяных дорожных

УДК 667.621.33

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д7Г	Шевченко Алексей Владимирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Киргина Мария Владимировна	к. т. н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к. т. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
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 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
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства оптоэлектроники, оптических и оптоэлектронных приборов и комплексов
ОПК(У)-2	Способность осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, интеллектуально-правовых, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов
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, осознания опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способность 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

Профессиональные компетенции	
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
ПК(У)-6	Способность налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
ПК(У)-7	Способность проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК(У)-8	Готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК(У)-9	Способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
ПК(У)-10	Способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
ПК(У)-11	Способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса

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 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Кузьменко Е.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д7Г	Шевченко Алексею Владимировичу

Тема работы:

Исследование процесса производства битумов нефтяных дорожных	
Утверждена приказом директора ИШПР (дата, номер)	от 28.01.2022 г. № 28-91/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2022 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Характеристики гудрона нефтяного, а также битума нефтяного дорожного марок БНД 100/130 и БНД 70/100, показатели технологического режима.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	ВВЕДЕНИЕ 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР 1.1 Назначение битумов нефтяных дорожных 1.2 Получение битумов окислением нефтяных остатков: сущность и химизм процесса 1.3 Влияние сырья и технологических параметров в процессе получения битумов 1.4 Состав, физико-химические и эксплуатационные свойства битумов. Марки битумов 2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ 2.1 Объект исследования 2.2 Методы исследования 2.3 Технология получения гудрона 2.4 Технология получения битумов нефтяных

	<p>дорожных 3 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА 3.1 Мониторинг характеристик сырья для получения битумов нефтяных дорожных 3.2 Мониторинг характеристик получаемых битумов нефтяных дорожных марки БНД 100/130 3.3 Мониторинг характеристик получаемых битумов нефтяных дорожных марки БНД 70/100 3.4 Мониторинг технологического режима 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ 4.1 Корректировка технологического режима при производстве сырья для битума нефтяного дорожного 4.2 Корректировка технологического режима при изменении качества сырья 4.3 Корректировка технологического режима при переходе между марками битумов нефтяных дорожных 5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ 6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ВЫВОДЫ</p>
--	--

Перечень графического материала	Нет
--	-----

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	к.т.н., доцент ОСГН ШБИП Кашук Ирина Вадимовна
«Социальная ответственность»	старший преподаватель ООД ШБИП Мезенцева Ирина Леонидовна

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

Нет

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	25.01.2022 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д7Г	Шевченко Алексей Владимирович		

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 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии
 Период выполнения весенний семестр 2021/2022 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:	01.06.2022 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2022 г.	Введение	10
15.03.2022 г.	Литературный обзор: назначение битумов нефтяных дорожных; получение битумов окислением нефтяных остатков: сущность и химизм процесса; влияние сырья и технологических параметров в процессе получения битумов; состав, физико-химические и эксплуатационные свойства битумов, марки битумов.	20
01.04.2022 г.	Объект и методы исследования: объект исследования; методы исследования характеристик битумов нефтяных дорожных; технология получения гудрона; технология получения битумов нефтяных дорожных.	20
15.04.2022 г.	Расчеты и аналитика: мониторинг характеристик сырья для получения битумов нефтяных дорожных; мониторинг характеристик получаемых битумов нефтяных дорожных марки БНД 100/130; мониторинг характеристик получаемых битумов нефтяных дорожных марки БНД 70/100; мониторинг технологического режима.	20
01.05.2022 г.	Результаты исследования: корректировка технологического режима при производстве сырья для битума нефтяного дорожного; корректировка технологического режима при изменении качества сырья; корректировка технологического режима при переходе между марками битумов нефтяных дорожных.	10
20.05.2022 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Раздел «Социальная ответственность».	10
01.06.2022 г.	Выводы	10

СОСТАВИЛ:**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Киргина Мария Владимировна	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Кузьменко Елена Анатольевна	К.Т.Н.		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д7Г	Шевченко Алексей Владимирович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д7Г	Шевченко Алексею Владимировичу

Школа	ИШПР	Отделение Школа	ОХИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала

1. Оценка конкурентоспособности ИР	
2. Матрица SWOT	
3. Диаграмма Ганта	
4. Бюджет НИ	
5. Основные показатели эффективности НИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н.		28.02.22

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д7Г	Шевченко Алексей Владимирович		28.02.22

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
3-2Д7Г		Шевченко Алексею Владимировичу	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01«Химическая технология»

Тема ВКР:

Исследование процесса производства битумов нефтяных дорожных	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <p>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</p> <p>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации.</p>	<p><i>Объект исследования:</i> установка производства битума на НПЗ западной Сибири.</p> <p><i>Область применения:</i> нефтеперерабатывающая промышленность.</p> <p><i>Рабочая зона:</i> производственное помещение</p> <p><i>Размеры помещения:</i> 20*35 м</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> установка производства битума, операторная.</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> контроль корректных параметров установки производства битума дистанционно из операторной, во время плановых обходов установки, переключение в ручной режим, если потребуется.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <p>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 30.12.2020) «О специальной оценке условий труда» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2021).</p> <p>«Правила безопасной эксплуатации и охраны труда для нефтеперерабатывающих производств. ПБЭ НП-2001» (утв. Минэнерго РФ 11.12.2000)</p>
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <p>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</p>	<p>Вредные производственные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> Температура, влажность воздуха, скорость его движения, тепловое излучение, называемое все вместе «микроклимат», высокая температура; Отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещения; Производственный шум, ультразвук, инфразвук; Повышенный уровень вибрации. <p>Опасные производственные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> Высокая температура; Большое давление; Химические факторы – химические вещества, смеси, некоторые вещества, получаемые химическим синтезом или для контроля, которых используют методы химического анализа; Поражение электрическим током при выходе из строя

	<p>заземления токоведущих частей электрооборудования или пробоя электроизоляции.</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: спецодежда (защитные костюмы, комбинезоны, перчатки, сапоги/ботинки, изготовленные из специальной прорезиненной ткани), противогазы (фильтрующие, изолирующие), противозумные шлемы, наушники, вкладыши, защитные дерматологические средства, тепловая изоляция установки, оградительные устройства, глушители шума.</p>
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	<p>Воздействие на селитебную зону: в случае разгерметизации оборудования разлив нефти на территории;</p> <p>Воздействие на литосферу: складирование и захоронение отходов (кислый гудрон, раствор щелочей, отработанные катализаторы и т.д.);</p> <p>Воздействие на гидросферу: сбор загрязняющих веществ в поверхностные воды;</p> <p>Воздействие на атмосферу: выброс загрязняющих веществ при сжигании нефтяного газа в факелах.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	<p>Возможные ЧС:</p> <p>Техногенные аварии: воспламенение жидкости или взрыв паров в связи с разгерметизацией оборудования, коррозия оборудования (образование свищей), отказ приборов контроля и сигнализации систем управления, старение оборудования (моральный или физический износ);</p> <p>Природные катастрофы: наводнение, цунами ураган, удары молний и т.д.;</p> <p>Геологические воздействия: обвалы, землетрясения, оползни и т.д.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: воспламенение жидкости или взрыв паров в связи с разгерметизацией оборудования.</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д7Г	Шевченко Алексей Владимирович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 166 страниц, 21 рисунок, 35 таблиц, 44 источника, 6 Приложений.

Ключевые слова: битум нефтяной дорожный, гудрон нефтяной, окисление, мониторинг, технологический режим.

Работа представлена ведением, 6 разделами и выводами, приведен список использованных источников.

Объект исследования – гудрон нефтяной и битумы нефтяные дорожные марок БНД 100/130 и БНД 70/100.

Предмет исследования – характеристики сырья и продуктов процесса получения битумов нефтяных дорожных, а также технологический режим производственных процессов.

Цель работы – исследование процесса производства битумов нефтяных дорожных.

В ходе работы осуществлен мониторинг характеристик сырья и продуктов, а также параметров технологического режима процесса производства битумов нефтяных дорожных; выработаны рекомендации по корректировке технологического режима процесса получения битумов нефтяных дорожных в зависимости от качества сырья, а также при переходе между марками получаемых продуктов.

Экономическая эффективность/значимость работы: выявленные закономерности и выработанные рекомендации позволят вести технологический процесс оптимальным образом, а также повысить качество и расширить ассортимент выпускаемых битумов нефтяных дорожных.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 33133-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие».
2. ГОСТ 11503-74 «Битумы нефтяные. Метод определения условной вязкости»;
3. ГОСТ 33136-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения глубины проникания иглы»;
4. ГОСТ 33142-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температуры размягчения. Метод «Кольцо и Шар»;
5. ГОСТ 33138-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения растяжимости»;
6. ГОСТ 33143-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температуры хрупкости по Фраасу»;
7. ГОСТ 33134-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Определение индекса пенетрации»;
8. ГОСТ 33141-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температур вспышки. Метод с применением открытого тигля Кливленда»;
9. ГОСТ 33140-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температур вспышки. Метод определения старения под воздействием высокой температуры и воздуха (метод RTFOT)».

В настоящей бакалаврской работе применяются следующие сокращения:

ЭЛОУ-АВТ – электрообессоливающая установка, атмосферно-вакуумная трубчатка;

УБП – установка производства битумов;

КиШ – температура размягчения по методу кольцо и шар;

АТ – атмосферная трубчатка;

ВТ – вакуумная трубчатка;

П – трубчатая печь;

КИП и А – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

ПДК – предельно-допустимые концентрации;

ПДВ – предельно-допустимые выбросы;

ЧС – чрезвычайная ситуация;

ОПО – опасный производственный объект;

ОС – окружающая среда;

ВУ – вязкость условная;

ТВО – температура вспышки в открытом тигле.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	17
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	20
1.1 Назначение битумов нефтяных дорожных	20
1.2 Получение битумов окислением нефтяных остатков: сущность и химизм процесса.....	20
1.3 Влияние сырья и технологических параметров в процессе получение битумов.....	24
1.3.1 Влияние природы сырья	25
1.3.2 Влияние температуры процесса.....	26
1.3.3 Влияние расхода воздуха.....	27
1.3.4 Влияние давления.....	27
1.4 Состав, физико-химические и эксплуатационные свойства битумов. Марки битумов	28
1.4.1 Марки битумов нефтяных дорожных.....	35
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	36
2.1 Объект исследования	36
2.2 Методы исследования	37
2.2.1 Методика определения условной вязкости	37
2.2.2 Методика определения показателя глубина проникания иглы (пенетрации).....	38
2.2.3 Методика определения растяжимости	39
2.2.4 Методика определения температуры размягчения. Метод «Кольцо и Шар»	40
2.2.5 Методика определение индекса пенетрации	41
2.2.6 Методика определения температуры хрупкости по Фраасу.....	42
2.2.7 Методика определения температуры вспышки в открытом тигле. Метод с применением открытого тигля Кливленда	44
2.2.8 Методика определения старения под воздействием высокой температуры и воздуха (метод RTFOT).....	45
2.3 Технология получения гудрона	47
2.3.1 Теоретические основы технологического процесса получения гудрона	47
2.3.2 Описание технологической схемы процесса получения гудрона.....	49
2.4 Технология получения битумов нефтяных дорожных	51
2.4.1 Теоретические основы технологического процесса получения битумов нефтяных дорожных.....	51
2.4.2 Описание технологической схемы установки производства битумов .	52
3 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА	58
3.1 Мониторинг характеристик сырья для получения битумов нефтяных дорожных.....	58
3.2 Мониторинг характеристик получаемых битумов нефтяных дорожных	

марки БНД 100/130.....	58
3.3 Мониторинг характеристик получаемых битумов нефтяных дорожных марки БНД 70/100.....	59
3.4 Мониторинг технологического режима.....	60
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	73
4.1 Корректировка технологического режима при производстве сырья для битума нефтяного дорожного	73
4.2 Корректировка технологического режима при изменении качества сырья	74
4.3 Корректировка технологического режима при переходе между марками битумов нефтяных дорожных	76
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	87
ВВЕДЕНИЕ.....	87
5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения....	87
5.1.1 Анализ конкурентных технических решений	87
5.1.2 SWOT-анализ	89
5.2 Планирование НИИ	93
5.2.1 Структура научно-технического исследования	93
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	94
5.3 Бюджет научно-технического исследования.....	97
5.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования.....	97
5.3.2 Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ	99
5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	100
5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	102
5.3.5 Накладные расходы.....	103
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	104
5.4.1 Интегральный показатель финансовой эффективности.....	105
5.4.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности.....	106
Выводы по разделу	108
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	109
ВВЕДЕНИЕ.....	109
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	109
6.2 Производственная безопасность.....	111
6.3 Экологическая безопасность	118
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	120
Выводы по разделу	123
ВЫВОДЫ	124
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	126

ПРИЛОЖЕНИЕ А	130
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	135
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	145
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	148
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	156
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	164

ВВЕДЕНИЕ

Ужесточение требований к качеству, а также увеличение объемов потребления дорожных битумов приводят к необходимости совершенствования и увеличения мощности технологических процессов получения окисленных битумов.

Спектр применения битума широк – строительство и ремонт дорог, аэродромов, использование в гражданском и промышленном строительстве, при изготовлении кровельных материалов, для изоляции трубопроводов от грунтовой коррозии, в производстве лакокрасочных материалов.

Доля дорожных покрытий в России с применением битума составляет 93-95 %. Качество битума служит определяющим фактором в обеспечении долговечности дорожного покрытия. Вместе с тем, до 70 % выпускаемых в России и странах СНГ битумов не соответствуют по ассортименту и качеству требованиям современного рынка. В основном это относится к битумам дорожного, специального и строительного назначений. Из-за низкого качества дорожных битумов срок службы дорог в России составляет в среднем 6-7 лет, в то время как в развитых странах – 10-15 лет.

К факторам, оказывающим существенное влияние на развитие и состояние битумного производства в России, относятся:

- Ориентация нефтеперерабатывающей промышленности на максимальный отбор светлых фракций. Отсутствие нефтеперерабатывающих предприятий, специализирующихся на производстве высококачественных дорожных битумов [1].

- Сезонность выработки основных марок дорожных битумов, что связано с четко определенными периодами выполнения дорожно-строительных работ. Этот фактор является основной проблемой для нефтеперерабатывающих предприятий с непрерывным режимом работы.

- Сложность проведения технологических операций с таким высокозастывающим и высоковязким продуктом как битум.

– Система ценообразования, при которой цена битума составляет 60-70 % от цены сырья. Экономическим стимулом для совершенствования битумного производства является низкий уровень таможенных пошлин при экспорте дорожных битумных материалов.

– Невозможность контролировать качество сырья, поступающего на производство битумов. В составе сырья в значительной степени колеблется содержание ароматических, парафиновых углеводородов, асфальтенов и других компонентов, что определяющим образом влияет на качество получаемых битумов [2].

Таким образом, **целью** данной работы является исследование процесса производства битумов нефтяных дорожных.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Осуществить мониторинг характеристик сырья для получения битумов нефтяных дорожных (гудрона нефтяного), а также характеристик получаемых битумов марок БНД 100/130 и БНД 70/100.
2. Осуществить мониторинг параметров технологического режима вакуумной колонны получения гудрона нефтяного и установки получения битумов нефтяных дорожных.
3. Выработать рекомендации по корректировке технологического режима в вакуумной колонне для обеспечения требуемого качества сырья для получения битумов нефтяных дорожных.
4. Выработать рекомендации по корректировке технологического режима процесса получения битумов нефтяных дорожных в зависимости от качества сырья.
5. Выработать рекомендации по корректировке технологического режима при переходе от производства битума нефтяного дорожного марки БНД 100/130 к марке БНД 70/100.

Объектом исследования в данной работе является гудрон нефтяной и битумы нефтяные дорожные марок БНД 100/130 и БНД 70/100.

Предметом исследования являются характеристики сырья и продуктов процесса получения битумов нефтяных дорожных, а также технологический режим производственных процессов.

Практическая значимость:

В ходе работы выявлены закономерности влияния технологического режима в вакуумной колонне на качество получаемого гудрона – сырья для получения битумов нефтяных дорожных. Выявлены закономерности и выработаны рекомендации по корректировке технологического режима процесса получения битумов нефтяных дорожных в зависимости от качества сырья. Выработаны рекомендации по корректировке технологического режима при переходе от производства битума нефтяного дорожного марки БНД 100/130 к марке БНД 70/100.

Выявленные закономерности и выработанные рекомендации позволят вести технологический процесс оптимальным образом, а также повысить качество и расширить ассортимент выпускаемых битумов нефтяных дорожных.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Назначение битумов нефтяных дорожных

Выбор битума нефтяного дорожного, используемого в качестве прочной водонепроницаемой связующей среды в асфальтобетоне, зависит от следующих факторов: способа строительства дороги, интенсивности движения автотранспорта, климатических условий, наличия местных строительных материалов, дорожных механизмов и от экономических факторов. Потребность обеспечения повышенных требований к эксплуатационным свойствам битумов нефтяных дорожных требует более глубокого и всестороннего изучения состава и свойств битумов, влияния на эти показатели состава остаточного сырья и технологических параметров процессов производства.

Кроме этого, необходимо изучение кинетики процесса окисления и природы сырья, применение новых технологических схем и средств автоматизации для интенсификации процессов производства битумов, анализа технико-экономических показателей работы битумных установок.

1.2 Получение битумов окислением нефтяных остатков: сущность и химизм процесса

На сегодняшний день технологии получения окисленных битумов заключается в окислении нефтяных остатков с вакуумного блока кислородом воздуха без катализатора. Интервал температур в промышленных условиях составляет 230-250 °С; расход воздуха 100-160 нм³/т; продолжительность – до 12 часов при диаметре колонны 3,2-3,4 м и высоте 14-15 м [1]. Воздух может подаваться в реактор под давлением или всасываться благодаря вакууму в системе до 500 мм рт. ст. Количество отгона и потерь зависит от содержания летучих веществ в сырье, глубины окисления и находится в пределах 0,5-10,0 % масс. от сырья. Пары воды и двуокись углерода выводятся из системы. Экзотермическая реакция окисления повышает температуру в зоне реакции.

В процессе окисления протекает множество реакций: окислительное дегидрирование, dealкилирование, окислительная полимеризация,

поликонденсация, крекинг с последующим уплотнением его продуктов.

Основная часть кислорода воздуха при окислении идет на образование воды и углекислого газа, незначительная часть – на образование органических веществ, содержащих кислород.

Нефтяные углеводороды окисляются одновременно в двух направлениях [2]:

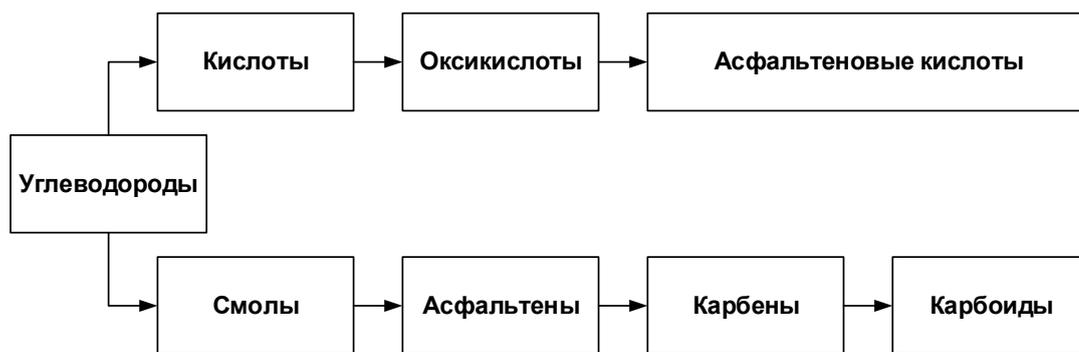
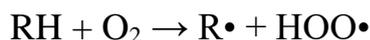
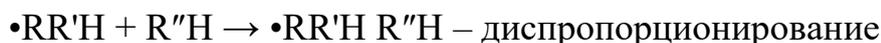


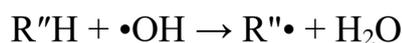
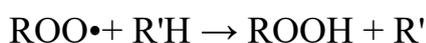
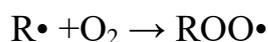
Схема превращения сырья в битум следующая:



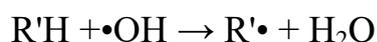
Взаимодействие образующихся радикалов с новой молекулой углеводорода приводит к получению устойчивых продуктов:



Вследствие сравнительно низкой концентрации углеводородных радикалов их рекомбинация маловероятна, и взаимодействие радикалов с кислородом протекает в меньшей степени, чем с молекулами исходного вещества:



Продолжение цепи:



Однако эту схему нельзя считать полной. Она представляет лишь один из вариантов и звеньев сложных превращений, протекающих в процессе окисления сырья в битум.

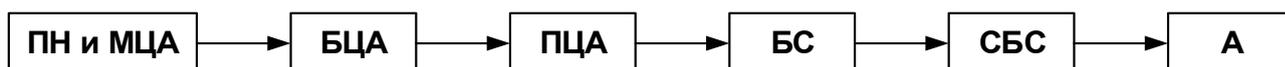
На основании многочисленных данных по динамике накопления и расхода групповых компонентов нефтяных остатков составлены общие схемы термоокислительных превращений компонентов.

Автор [3] приводит следующую схему:



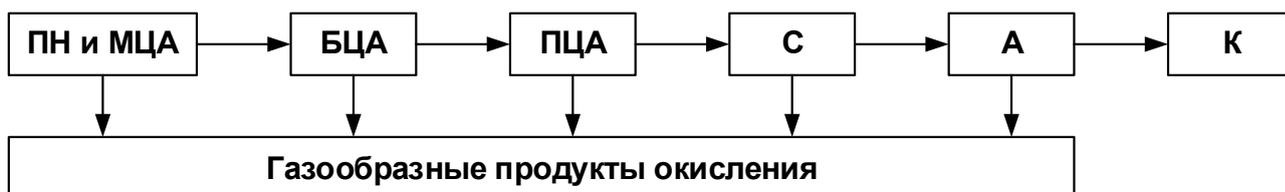
где: МЦА – моноциклические ароматические углеводороды; БЦА – бициклические ароматические углеводороды; ПЦА – полициклические ароматические углеводороды; С – смолы; А – асфальтены.

В схеме окислительных превращений, предложенной автором [4], допускается возможность взаимного перехода бензольных смол (БС) и спирто-бензольных смол (СБС):



где ПН – парафино-нафтеновые углеводороды.

По схеме автора [2] предусмотрено обратное превращение полициклоароматических веществ в би- и моноцикло-ароматические, а также учтено образование газообразных веществ:



где К – кокс.

В составленной автором [5] схеме допускается последовательное превращение парафино-нафтеновых углеводородов в моноциклоароматические

и далее в бициклоароматические:



На основании результатов определения группового химического состава, структурно-групповых характеристик компонентов сырья и продуктов окисления предложена схема, где предусмотрено образование асфальтенов из ароматических углеводородов по последовательно-параллельной схеме:



Согласно данной схеме асфальтены, помимо маршрута их образования из смол (кислородсодержащих соединений), могут образовываться непосредственно из ароматических соединений за счет радикальных процессов.

Воздействие исходного вещества на кинетику окисления и свойства битумов в значительно большей степени обуславливаются не общей концентрацией смол и асфальтенов, а их мольным соотношением. В зависимости от их мольного соотношения исходное вещество может при температуре окисления находиться либо в состоянии раствора, либо представлять дисперсную систему. Окислительные процессы в этих случаях формируются по-разному.

Битум химически связывает тем меньше кислорода, чем выше температура окисления сырья. Основное количество кислорода, подаваемого на окисление, уносится с отходящими газами; процесс окисления носит дегидрогенизационный характер. С углублением окисления наблюдается относительное увеличение содержания в битуме соединений с короткими алкильными цепями $(\text{CH}_2)_n$, где $n \leq 4$, вследствие отщепления алкильных групп циклических соединений с длинными алкильными цепями; наблюдается также относительное повышение доли бензольных колец в циклах, что подтверждает дегидрогенизационный характер реакций.

Количество химически связанного кислорода в окисленном битуме

увеличивается с повышением содержания ароматических углеводородов в сырье – нефтяном остатке. Основное количество кислорода, связанного в окисленном битуме, находится в виде сложноэфирных групп. Содержание химически связанного кислорода в битуме возрастает с облегчением сырья – гудрона, так как с уменьшением его молекулярной массы и с повышением пенетрации образуется большее число сложноэфирных мостиков.

По изменению пенетрации и растяжимости битума в процессе его окисления можно выделить три фазы. В первой фазе происходит сильное уменьшение пенетрации и увеличение растяжимости, во второй фазе – уменьшение растяжимости и пенетрации, а в третьей – стабилизация этих величин.

1.3 Влияние сырья и технологических параметров в процессе получения битумов

За границей основное количество дорожных битумов получают компаундированием остатков глубоковакуумной перегонки и деасфальтизации с маловязкими остатками и газойлевыми фракциями на специальных установках периодического и непрерывного действия, оборудованных дозаторами для регулировки смешения и достижения однородности конечного продукта. Отечественные разработки в области получения компаундированных битумов сдерживаются отсутствием достаточного промышленного оборудования. На долю окисленных битумов в некоторых странах приходится только 12-14 % всех производимых битумов, в России же их доля в общем производстве битумов велика.

Окисленные битумы, получаемые в процессе окисления нефтяных остатков, в основном гудрона, воздухом в аппаратах различного типа (кубах периодического действия, трубчатых змеевиковых реакторах и пустотелых колоннах непрерывного действия) наиболее широко используются в дорожных покрытиях.

Основными технологическими параметрами процесса окисления (точнее, окислительной дегидроконденсации) являются температура, расход воздуха и

давление. Кроме того, важное значение имеет состав и характеристики сырья.

1.3.1 Влияние природы сырья

Природа сырья оказывает значительное влияние на свойства окисленных битумов. Соответствующим подбором сырья возможно получать окисленные битумы с различными свойствами. С понижением содержания масел в исходном гудроне повышаются значения растяжимости, температур хрупкости и вспышки битумов, понижаются значения их теплостойкости и интервала пластичности, уменьшаются расход воздуха и продолжительность окисления.

Битумы из асфальта деасфальтизации содержат меньше парафино-нафтеновых соединений и больше смол и асфальтенов, что обуславливает их меньшие значения пенетрации, интервала пластичности и улучшенные низкотемпературные, пластические и когезионные свойства по сравнению с битумами с аналогичной температурой размягчения, но полученными окислением гудрона из той же нефти.

Действие парафиновых соединений зависит от дисперсной структуры битума; содержание их в сырье допустимо до 3 % масс. Парафины хрупки, ломки, как кристаллические вещества, не обладают пластическими и клеящими свойствами. Повышение содержания парафиновых соединений в сырье снижает растяжимость битумов, адгезию к минеральным материалам, а также увеличивает расход воздуха и продолжительность окисления, но при этом увеличивает значение пенетрации.

Парафино-нафтеновые соединения в сырье являются разжижителями и пластификаторами, улучшающими свойства битумов; желательно их присутствие в сырье до 10-12 %.

Присутствие серы и сернистых соединений в сырье способствует улучшению свойств окисленных битумов.

Моноциклические ароматические соединения ведут себя аналогично парафино-нафтеновым углеводородам: улучшают пластичность и снижают температуру хрупкости окисленных битумов.

Одинаковое поведение парафино-нафтеновых и моноциклических ароматических соединений, выражающееся в торможении процесса окисления, объясняется сходством структуры их молекул. Лучшим сырьем для получения окисленных битумов являются остатки высокосмолистых нефтей ароматического основания.

1.3.2 Влияние температуры процесса

Чем выше температура окисления, тем быстрее протекает процесс. Впрочем, при слишком высокой температуре ускоряются реакции образования карбенов и карбоидов, что недопустимо.

При окислении сырья до битумов протекает множество реакций, константы скоростей которых различны. С повышением температуры процесса возрастает скорость реакций дегидрирования молекул сырья, увеличивается содержание диоксида углерода в отходящих газах окисления и доля кислорода, расходуемого на образование воды. При этом также уменьшается количество карбоксильных групп в результате их разложения, увеличивается доля сложноэфирных групп, слабых кислот, фенолов в окисленном битуме, а также коэффициент рефракции полициклических ароматических соединений в битуме. Остатки высокосмолистых нефтей окисляют при температуре 230-280 °С, парафинистых – при 270-290 °С. С повышением температуры выше 250 °С увеличиваются значения температур размягчения и хрупкости битума, а значения пенетрации, растяжимости, теплостойкости и интервала пластичности снижаются.

По мере повышения температуры процесса ее влияние на скорость окисления сырья несколько уменьшается. С повышением температуры продолжительность окисления и суммарный расход воздуха снижаются, причем при температуре выше 270 °С степень использования кислорода воздуха снижается.

В зависимости от природы сырья и требуемых свойств битума следует подбирать соответствующую температуру окисления. Для большинства видов сырья с учетом экономической целесообразности она близка к 250 °С [2].

1.3.3 Влияние расхода воздуха

Расход воздуха, степень его диспергирования по сечению окислительной колонны существенно влияют на интенсивность процесса и свойства битумов. Традиционно тонкое диспергирование кислорода в гудроне достигается применением маточных устройств специальной конструкции.

Увеличение расхода воздуха до определенного предела при прочих равных условиях ведет к пропорциональному повышению скорости окисления (то есть кислород является инициатором процесса). При слишком большой подаче воздуха температура в реакционной зоне может подняться выше допустимой. Так как реакция окисления экзотермическая, то изменением расхода воздуха можно регулировать температуру процесса.

Как уже указывалось, для процесса окисления характерны реакции дегидрирования, приводящие к образованию водяных паров. На это расходуется значительная часть кислорода, вводимого с воздухом.

При небольшой скорости подачи воздуха и при более продолжительном времени окисления окисленный битум обладает низкой пенетрацией, поэтому для получения битума с повышенными значениями пенетрации и теплостойкости целесообразно увеличить скорость подачи сжатого воздуха.

С увеличением расхода воздуха до определенного значения эффективность процесса повышается, а при дальнейшем увеличении снижается, ухудшается степень использования кислорода воздуха, что недопустимо с точки зрения техники безопасности (концентрация кислорода в отработанных газах окисления составляет 8-10 %, что соответствует минимальному взрывоопасному содержанию кислорода). Теплостойкость окисленных битумов при этом повышается.

Общий расход воздуха зависит от химического состава сырья и от качества получаемого битума.

1.3.4 Влияние давления

Повышение давления в зоне реакции способствует интенсификации

процесса окисления и улучшению качества окисленных битумов.

С повышением давления в зоне реакции улучшается диффузия кислорода в жидкую фазу, сокращается продолжительность окисления; в результате конденсации части масляных паров из газовой фазы улучшаются тепло- и морозостойкость и увеличивается интервал пластичности получаемых битумов.

Соответствующим подбором давления в системе можно регулировать состав и свойства получаемых битумов.

Интенсивность окисления сырья до битумов на непрерывной установке колонного типа повышается с увеличением температуры, расхода воздуха и давления в реакторе. Наилучшей теплостойкостью обладают битумы, полученные непрерывным окислением сырья при низкой температуре, умеренном расходе воздуха и повышенном давлении.

Давление обычно колеблется от 0,3 до 0,8 МПа. Несмотря на увеличение интенсивности процесса с повышением давления, окисление под давлением не нашло широкого применения в связи с усложнением оборудования, обычно давление не превышает 0,10-0,30 МПа.

1.4 Состав, физико-химические и эксплуатационные свойства битумов. Марки битумов

В состав нефтяных остатков и битумов входят гетеропроизводные соединения, содержащие кислород, серу, азот, металлы (ванадий, никель, железо, натрий и др.). В зависимости от месторождения нефти, ее природы и физико-химических свойств, а также от способа получения остатка элементный и углеводородный состав его различен и меняется в широком интервале. В силу сложного гибридного строения нефтяных остатков и битумов детальное извлечение индивидуальных углеводородов в чистом виде затруднено, что накладывает отпечаток на их изучение.

Современный подход к изучению состава и структуры нефтяных остатков и битумов базируется на результатах исследований таких ученых, как Л.Г. Гуревич, П.А. Ребиндер, И.Л. Гуревич, Н.И. Черножуков, А.С. Колбановская, Р.Б. Гунн, С.Р. Сергиенко, Д.А. Розенталь, Н.В. Михайлов,

Р. Тракслер, Г. Макк, Дж. Прейффер, Х. Нойман и др.

Уникальные свойства битума обусловлены высокой концентрацией в них высокомолекулярных компонентов, склонных к межмолекулярным взаимодействиям.

Нефтяные битумы – это дисперсные системы, в которой дисперсионной средой являются масла и смолы, а дисперсной фазой – асфальтены. В зависимости от степени агрегирования и пептизации нефтяные битумы образуют различные мицеллярные системы: золи, золи-гели, гели.

Компонентный состав битума предопределяет его коллоидную структуру и реологическое поведение и тем самым технические свойства.

Из-за большого многообразия соединений, входящих в состав битума, не представляется возможным выделить какие-либо индивидуальные вещества из этой сложной смеси. Кроме того, основная масса соединений, входящих в состав битума, представляет собой вещества гибридного характера. Единственный класс соединений, которые можно выделить из битумов в более или менее чистом виде – это парафины.

Сложность состава битумов подтверждается и тем, что их молекулярно-весовое распределение охватывает границы от 300 до 40000 и более. Все это является причиной того, что анализ битумов затруднителен, неточен и преследует своей целью выделить лишь характерные группы, отличающиеся большим или меньшим однообразием их состава.

Для оценки состава битума и его влияния на его эксплуатационные свойства, битум разделяют на следующие группы веществ, различающихся по растворимости: масла, смолы, асфальтены, асфальтогеновые кислоты и их ангидриды, карбены и карбоиды.

Масла являются наиболее легкой частью битумов. Именно состав масляного компонента гудрона меняется наиболее значительно при изменении глубины отбора дистиллятных фракций в процессе перегонки нефти.

Элементный состав масел: углерода – 85-88 %, водорода – 10-14 %, серы – до 4,5 %, незначительные количества кислорода и азота. Молекулярная масса

масел 240-800, отношение С: Н (атомное), характеризующее степень ароматичности – 0,55-0,66. Плотность масел более 1 г/см³ (более 1000 кг/м³).

Характеристика масляных соединений, входящих в состав битумов: парафиновые соединения нормального и изостроения с числом углеродных атомов 26 и более, имеют плотность 0,79-0,82 г/см³, молекулярную массу 240-600, температуру кипения 350-520 °С, температуру плавления 50-90 °С. Нафтеновые структуры содержат от 20 до 35 углеродных атомов, их плотность 0,82-0,87 г/см³, молекулярная масса моноциклических 450-620, бициклических – 430-600, полициклических – 420-670. Алифатические цепи укорачиваются при переходе от моно- к бициклическим.

С повышением содержания масел в битумах, а точнее соотношения «масла: асфальтены», повышаются значения пенетрации, текучести, испаряемости и снижаются значения температур размягчения, хрупкости и вязкости битумов.

Смолы являются носителями твердости, пластичности и растяжимости битумов. Углеродный скелет молекул смол – полициклическая система, состоящая преимущественно из конденсированных ароматических колец с алифатическими боковыми цепями. Элементный состав смол: углерода – 79-87 %; водорода – 8,5-9,5 %; кислорода – 1-10 %; серы – 1-10 %; азота – до 2 %, а также другие элементы, включая металлы. Молекулярная масса смол – 300-2500. Переход от смол к асфальтенам сопровождается повышением доли атомов углерода в ароматических структурах с увеличением степени их конденсированности. Число углеродных атомов в соединениях, составляющих смолы, 80-100. По сравнению с асфальтенами смолы имеют большее число и длину боковых алифатических цепей. Отношение С: Н = 0,6-0,8. Температура размягчения составляет 35-80 °С.

Большое влияние на структуру и свойства битумов оказывают асфальтены – твердые аморфные вещества от темно-бурого до черного цвета.

Асфальтены рассматриваются как продукт уплотнения смол. По сравнению с другими компонентами битумов они нерастворимы в насыщенных

углеводородах нормального строения, смешанных полярных растворителях, растворимы в бензоле, его гомологах, сероуглероде и четыреххлористом углероде. Плотность асфальтенов более 1 г/см^3 . Элементный состав, % мас.: углерода – 80-84; водорода – 7,5-8,5; серы – 4,6-8,3; кислорода – до 6; азота – 0,1. Определение молекулярной массы асфальтенов связано с значительными трудностями, поскольку молекулы их склонны к ассоциации. Поэтому в зависимости от применяемого метода получаемые значения молекулярной массы сильно отличаются (от 900 до 140000). Степень цикличности асфальтенов и соотношение в них ароматических, нафтеновых и гетероциклических колец, степень конденсированности колец колеблются в широких пределах, химический состав асфальтенов вследствие их сложности изучен недостаточно. Отношение С: Н для асфальтенов 0,94-1,30.

Асфальтены выделяются из битумов на основании их нерастворимости в низкомолекулярных парафиновых углеводородах ($\text{C}_5\text{-C}_7$). Причиной их нерастворимости может быть не только наличие конденсированных ароматических структур, но и наличие полярных групп. Асфальтены обуславливают твердость и высокую температуру размягчения битума.

Асфальтогеновые кислоты и их ангидриды стабилизируют коллоидную структуру битума и растворяются в хлороформе. Плотность асфальтогеновых кислот более 1 г/см^3 .

Карбены и карбоиды являются высокоуглеродистыми продуктами высокотемпературной переработки нефти и ее остатков. Карбены не растворяются в четыреххлористом углероде, карбоиды – в сероуглероде. Содержание и химический состав каждого компонента битума влияет на его физико-химические свойства.

Результаты исследований показывают, что при снижении отношения масел к асфальтенам увеличивается вязкость. Ароматические соединения и смолы практически одинаково влияют на свойства битумов. Пенетрация почти не зависит от суммы ароматических соединений и смол, а определяется соотношением насыщенных соединений и асфальтенов; с возрастанием этого

соотношения температура размягчения повышается. При содержании в битуме менее 20 % асфальтенов температура размягчения изменяется в обратной зависимости от пенетрации; при повышении отношения насыщенных соединений к асфальтенам температура размягчения снижается.

Температура хрупкости, подобно пенетрации, не зависит от суммы ароматических соединений и смол, а определяется в основном отношением насыщенных соединений к асфальтенам. В области низких температур (-18 °С) температура хрупкости практически зависит от содержания насыщенных соединений. Интервал пластичности определяется в основном отношением «(ароматические соединения + смолы): асфальтены». С увеличением данного отношения, а также содержания насыщенных соединений интервал пластичности уменьшается. Растяжимость битумов при 25 °С обычно выше 100 см при отношении насыщенных соединений к асфальтенам, равном 2,3. Снижение этого отношения вызывает резкое уменьшение растяжимости до нуля, а повышение – постепенное уменьшение, особенно при 15 °С.

На свойства битумов влияют характеристики их компонентов. Строение и структура асфальтенов играют решающую роль и зависят главным образом от технологии получения битумов, а от природы сырья – незначительно. Степень конденсации ароматических соединений и смол влияет на свойства битумов. Так как в битуме содержится до 40 % смол, их свойства оказывают решающее влияние на его растяжимость, адгезию и когезию.

На качество битума существенно влияет характеристика масляного компонента. С возрастанием вязкости масел повышаются значения температур размягчения и хрупкости битума, уменьшается пенетрация, проходит через максимум растяжимость. Большую роль играет ароматичность масел, то есть отношение числа атомов углерода, находящихся в ароматических кольцах, к общему числу углеродных атомов, в молекуле. За меру ароматичности принимают коэффициент растворяющей способности.

Парафиновые соединения, содержащиеся в мальтеновой фракции, не обладают растворяющей способностью по отношению к асфальтенам;

растворяющая способность нафтеновых соединений в три раза меньше, чем ароматических. Увеличение ароматичности масляного компонента битума, уменьшение отношения асфальтенов к смолам ослабляют прочность структуры битумной системы. Это происходит в результате большего диспергирования асфальтовых мицелл в масляных фракциях, обладающих большей растворяющей способностью. В результате битум переходит в состояние золя и теряет вязкостно-эластичные свойства, что приводит к снижению температуры размягчения и пенетрации при 0 °С, повышению температуры хрупкости и увеличению индекса пенетрации, то есть к увеличению крутизны вязкостно-температурной кривой.

Парафиновые соединения, содержащиеся в битумах, отличаются от парафиновых углеводородов, вводимых в битум извне, чем и вызвано их иное влияние на свойства битумов. Твердые парафины как кристаллические вещества не обладают пластическими и клеящими свойствами; покрывая тонкой пленкой битум, они ухудшают его способность к растяжимости и снижают температурный интервал пластичности, прочность и адгезию к поверхности минеральных материалов. Последние исследования влияния твердых парафинов на свойства окисленных дорожных битумов показали, что свойства битумов зависят не только от содержания этих компонентов, но и от структуры их молекул.

При исследованиях под микроскопом в маслах и смолах не обнаруживаются кристаллы парафина, что объясняется их хорошей растворимостью в этих компонентах. Это ставит под сомнение устаревшие взгляды на отрицательные свойства парафиновых битумов. В результате охлаждения битума парафины в течение длительного времени остаются в растворенном виде.

К основным эксплуатационным свойствам битумов относятся:

– **пенетрация** – этот показатель характеризует глубину проникания в битумы стандартной иглы при определенном режиме, обуславливающем способность этого тела проникать в продукт, а продукта – оказывать сопротивление этому проникновению (при 25 °С, нагрузке 1000 Н, прилагаемой

в течение 5 с.);

– **температура размягчения** – это температура, при которой битумы из относительно твердого состояния переходят в жидкое;

– **температура хрупкости** – это температура, при которой материал разрушается под действием кратковременно приложенной нагрузки. Температура хрупкости характеризует поведение битума при низких температурах (чем она ниже, тем выше качество битума);

– **растяжимость (дуктильность)** битума характеризуется расстоянием, на которое его можно вытянуть при определенных условиях в нить до разрыва. Этот показатель косвенно характеризует силы межмолекулярного взаимодействия компонентов битума и его прилипаемость к различным материалам;

– **индекс пенетрации** – характеризует степень коллоидности битума или отклонение его состояния от вязкостного и определяется по эмпирической формуле, на основе которой составлена номограмма;

– **адгезия (прилипание)** объясняется образованием двойного электрического поля на поверхности раздела пленки битума и минерального материала. Адгезию оценивают по степени покрытия битумом поверхности частиц щебня или гравия после обработки образца в кипящей воде. Адгезионная способность битума зависит от его химического состава: в присутствии парафина она снижается, поэтому его содержание ограничивается (не более 5 %); с повышением молекулярной массы асфальтенов, входящих в состав битума, его адгезионные свойства улучшаются.

Качество битума оценивается также такими показателями, как вязкость, когезия, плотность, тепловыми, оптическими, диэлектрическими свойствами, а такие показатели качества, как потеря массы битума и изменение пенетрации после прогрева, характеризуют поведение битумов в процессе эксплуатации, срок службы асфальтобетонного покрытия.

– **вязкость** битумов наиболее полно характеризует их консистенцию при различных температурах применения. При максимальной температуре

применения вязкость должна быть как можно выше;

– *температуру вспышки и воспламенения* определяют в открытом тигле.

Это основной показатель, характеризующий степень огнеопасности битума при его разогреве. Как правило, температура вспышки твёрдых и жидких битумов составляет более 200 °С;

– *измерение массы после прогрева* данный показатель характеризует стабильность битума при продолжительном хранении при повышенных температурах.

1.4.1 Марки битумов нефтяных дорожных

Объектом исследования в работе выступили следующие марки битумов дорожных согласно ГОСТ 33133-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие»:

– Битум марки БНД 100/130 активно применяется для обустройства автодорог общего назначения. Представляет собой надежную основу благодаря своему компонентному составу, в который входят углеводороды и специальные соединения.

– Битум марки БНД 70/100 относится к категории вязких битумов и применяется для дорожных работ в теплое время года, при среднесуточной температуре не ниже 5 °С. Материал широко используется для ремонтных работ, а также для прокладки новых дорог. Марка 70/100 занимает промежуточную позицию, между более жидким 90/130 и более вязким 60/90 битумом.

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объект исследования

Объектом исследования в данной работе является гудрон (сырье) и битумы нефтяные дорожные, марок БНД 100/130, БНД 70/100, получаемые на одном из нефтеперерабатывающих заводов Западной Сибири.

В таблице 2.1 представлены испытания, проводимые для сырья, используемого для получения битумов нефтяных дорожных, в таблице 2.2 – для получаемых битумов нефтяных дорожных.

Таблица 2.1 – Испытания сырья с установки вакуумной ректификации

№	Характеристика	Стандарт	Единица измерения
1	Вязкость условная при 80 °С с диаметром отверстия 5 мм	ГОСТ 11503-74 «Битумы нефтяные. Метод определения условной вязкости»	с

Таблица 2.2 – Испытания битума нефтяного дорожного

№	Характеристика	Стандарт	Единица измерения
1	Глубина проникания иглы при 25 °С (пенетрация)	ГОСТ 33136-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения глубины проникания иглы»	0,1 мм (ед.)
2	Растяжимость при 0 °С	ГОСТ 33138-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения растяжимости»	см
3	Температура размягчения по кольцу и шару	ГОСТ 33142-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температуры размягчения. Метод «Кольцо и Шар»	°С
4	Индекс пенетрации	ГОСТ 33134-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Определение индекса пенетрации»	ед.
5	Температура хрупкости	ГОСТ 33143-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температуры хрупкости по Фраасу»	°С
6	Температура вспышки	ГОСТ 33141-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температур вспышки. Метод с применением открытого тигля Кливленда»	°С

7	Изменение температуры размягчения после старения	ГОСТ 33140-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температур вспышки. Метод определения старения под воздействием высокой температуры и воздуха (метод RTFOT)» ГОСТ 33142-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температуры размягчения. Метод «Кольцо и Шар»	°C
8	Изменение массы образца после старения	ГОСТ 33140-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температур вспышки. Метод определения старения под воздействием высокой температуры и воздуха (метод RTFOT)»	%

2.2 Методы исследования

2.2.1 Методика определения условной вязкости

Вязкость условная (ВУ) при 80 °C с диаметром отверстия 5 мм определяется согласно методике, представленной в ГОСТ 11503-74 «Битумы нефтяные. Метод определения условной вязкости».

Сущность метода заключается в измерении времени, в течение которого определенное количество битума протекает через калиброванное отверстие цилиндра аппарата при заданной температуре.

Проведение испытания: для определения условной вязкости пробу охлаждают до комнатной температуры и выдерживают не менее 1 ч, затем нагревают на 2-3 °C выше температуры испытания и наливают в рабочий цилиндр аппарата при закрытом затворе до уровня отметки на затворе. Битумы наливают так, чтобы не образовывались пузырьки воздуха. Битум, залитый в цилиндр аппарата, хорошо перемешивают термометром. При достижении температуры испытания с погрешностью не более 0,5 °C из рабочего цилиндра аппарата вынимают термометр и быстро поднимают затвор. При сливе продукт не должен разбрызгиваться по стенкам мерного цилиндра.

В момент, когда уровень битума достигнет в измерительном цилиндре метки 25 см, включают секундомер. Когда уровень продукта достигнет метки

75 см, секундомер останавливают и вычисляют время испытания. Для удобства работы допускается в мерный цилиндр перед определением наливать 20 см мыльного раствора с массовой долей 1 % или легкого минерального масла. При этом уровень меток истечения 25 см и последующих 50 см смещается на соответствующую величину.

За условную вязкость, выраженную в секундах, принимают время истечения 50 см битума.

За результат испытания принимают среднее арифметическое результатов двух определений, округленное до целого числа [22].

2.2.2 Методика определения показателя глубина проникания иглы (пенетрации)

Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм (пенетрация) определяется согласно методике, представленной в ГОСТ 33136-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения глубины проникания иглы».

Сущность метода: настоящий метод испытаний заключается в измерении глубины, на которую погружается игла пенетromетра в испытуемый образец битума при определенных условиях (температуре, нагрузке и продолжительности приложения нагрузки), которая выражается в единицах, соответствующих десятым долям миллиметра (0,1 мм).

Проведение испытания: при определении глубины проникания иглы необходимо осуществить следующие операции:

– по истечении заданного времени выдерживания чашку с образцом битума вынимают из бани для термостатирования и помещают в плоскодонный сосуд вместимостью не менее 0,5 дм³, наполненный дистиллированной водой так, чтобы высота жидкости над поверхностью битума была не менее 10 мм, температура воды в сосуде должна соответствовать температуре испытания;

– сосуд устанавливают на столик пенетromетра и подводят острие иглы к поверхности битума так, чтобы игла слегка касалась ее;

– правильность подведения иглы к поверхности битума проверяют с

помощью зеркала при освещении поверхности образца источником направленного холодного света. Допускается применять другие устройства, обеспечивающие проверку правильности подведения острия иглы к поверхности битума;

– доводят кремальеру до верхней площадки плунжера, несущего иглу, устанавливают стрелку на нуль или отмечают ее положение, после чего одновременно включают секундомер и отключают тормозное устройство пенетromетра, давая игле свободно входить в испытуемый образец в течение времени испытания, по истечении которого включают тормозное устройство. После этого доводят кремальеру вновь до верхней площадки плунжера с иглой и отмечают показание пенетromетра;

– если пенетromетр полуавтоматический, то устанавливают шкалу или стрелку на нуль и приводят в действие механизм, который по истечении времени испытания выключается сам;

– определение выполняют не менее трех раз в различных точках на поверхности образца битума, отстоящих от краев чашки и друг от друга не менее чем на 10 мм, используя каждый раз новую сухую и чистую иглу [23].

2.2.3 Методика определения растяжимости

Растяжимость при 0 °С определяется согласно методике, представленной в ГОСТ 33138-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения растяжимости».

Сущность метода: настоящий метод заключается в растяжении образца битума с постоянной скоростью, при заданной температуре для определения максимального усилия при растяжении и растяжимости битума.

Проведение испытания: при выполнении измерения растяжимости битума необходимо провести следующие операции:

– включить режим испытания, обеспечивающий скорость растяжения образцов битума ($5,00 \pm 0,25$) см/мин;

Примечание – допускается при температуре испытания 0 °С использовать

режим испытания, обеспечивающий скорость растяжения образцов битума $(1,00 \pm 0,25)$ см/мин.

- контролировать температуру воды в ванне дуктилометра;
- измерить максимальное усилие при растяжении для каждого образца;
- измерить растяжимость каждого образца.

Испытание считается выполненным при разрыве всех трех образцов или достижении растяжимости до значения не менее 100 см [24].

2.2.4 Методика определения температуры размягчения. Метод «Кольцо и Шар»

Температура размягчения по кольцу и шару (КиШ) определяется согласно методике, представленной в ГОСТ 33142-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температуры размягчения. Метод «Кольцо и Шар»

Сущность метода: настоящий метод испытаний заключается в определении температуры, при которой битум, залитый и остывший внутри колец заданных размеров, в условиях испытания размягчается и, перемещаясь под действием веса стального шарика, касается нижней пластинки.

Проведение испытания: для выполнения определения температуры размягчения битума по кольцу и шару необходимо осуществить следующие действия:

- кольца с битумом помещают в отверстия верхней пластинки аппарата;
- в среднее отверстие верхней пластинки вставляют термометр так, чтобы нижняя точка ртутного резервуара была на одном уровне с нижней поверхностью битума в кольцах;
- штатив с испытуемым битумом в кольцах и направляющими накладками помещают в стеклянный стакан (баню), заполненный дистиллированной водой, температуру которой необходимо поддерживать (5 ± 1) °С, уровень воды над поверхностью колец – (50 ± 3) мм;
- по истечении 15 мин штатив вынимают из бани, на каждое кольцо с направляющей накладкой кладут пинцетом стальной шарик, охлажденный в

бане до (5 ± 1) °С, и опускают подвеску обратно в баню, избегая появления пузырьков воздуха на поверхности битума;

– при использовании в качестве нагревательного прибора электроплит или газовых плит под баню подкладывают металлическую сетку с асбестовым покрытием;

– устанавливают баню на нагревательный прибор так, чтобы плоскость колец была строго горизонтальной. Температура воды в бане после первых 3 мин подогрева должна подниматься со скоростью $(5,0\pm 0,5)$ °С в 1 мин. При проведении испытания необходимо обеспечивать равномерность нагревания бани по высоте при помощи мешалки (устройства) для перемешивания;

– для каждого кольца и шара отмечают температуру, при которой выдавливаемый шариком битум коснется нижней пластинки или при которой шарик прерывает луч света, если используется автоматическая или полуавтоматическая аппаратура [25].

2.2.5 Методика определение индекса пенетрации

Индекс пенетрации определяется согласно методике, представленной в ГОСТ 33134-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Определение индекса пенетрации».

Сущность метода: настоящий метод испытаний заключается в расчете индекса пенетрации. Индекс пенетрации зависит от глубины проникания иглы при температуре 25 °С, определяемой в соответствии с ГОСТ 33136-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения глубины проникания иглы», и температуры размягчения битума, определяемой в соответствии с ГОСТ 33142-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температуры размягчения. Метод «Кольцо и Шар».

Проведение испытания: Индекс пенетрации (ИП) вычисляют по формуле (2.1) и округляют до одного знака после запятой:

$$ИП = \frac{30}{1 + 50A} - 10 \quad (2.1)$$

где A – коэффициент, который вычисляют по формуле (2.2) и округляют до четвертого знака после запятой:

$$A = \frac{2,9031 - \log P}{T - 25} \quad (2.2)$$

где P – глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм; T – температура размягчения битума, °С.

Примечание: в расчетах используют значение $\log P$, округленное до четвертого знака после запятой [27].

2.2.6 Методика определения температуры хрупкости по Фраасу

Температура хрупкости определяется согласно методике, представленной в ГОСТ 33143-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температуры хрупкости по Фраасу».

Сущность метода: настоящий метод испытаний заключается в охлаждении с равномерной скоростью, периодическом изгибе образца битума и определении температуры, при которой появляются трещины или образец битума ломается.

Проведение испытания: для измерения температуры хрупкости по Фраасу необходимо произвести следующие операции:

– устройство для сгибания пластинки вставляют в стеклянную пробирку с небольшим количеством хлористого кальция.

– термометр или термопару устанавливают таким образом, чтобы ртутный резервуар термометра или рабочий конец термопары находились на уровне середины стальной пластинки. Температура в пробирке к началу испытания должна быть не менее чем на 15 °С выше минимально допустимой для данной марки битума;

– порциями вводят охлаждающий агент и снижают температуру в пробирке. После первоначального падения температуры на 3 °С скорость падения температуры следует поддерживать в пределах $(1,0 \pm 0,1)$ °С в 1 мин;

– пластинку начинают сгибать при температуре на (10 ± 2) °С выше ожидаемой температуры хрупкости*.

* За температуру сгибания пластины принимают температуру в начальный момент процесса по сгибанию и распрямлению пластины, округленную до 1 °С.

Сгибают и распрямляют пластинку равномерным вращением рукоятки со скоростью 1 об/с сначала в одну сторону до достижения максимального прогиба пластинки (при уменьшении расстояния между пазами захватов до $(36,5 \pm 0,1)$ мм), а затем без промедления в обратную сторону до достижения исходного положения.

Весь процесс сгибания и распрямления пластинки должен заканчиваться за (22 ± 2) с. Операцию повторяют в начале каждой минуты и отмечают температуру в момент появления первой трещины. После появления первой трещины испытание прекращают. Для уточнения появления трещины допускается кратковременно извлекать пробирку с битумом из сосуда Дьюара или широкой пробирки.

В ходе испытания устройство для сгибания нельзя вынимать из пробирки.

При недостаточном освещении используют люминесцентный светильник или лампу мощностью не более 15 Вт, находящуюся на расстоянии 100 мм от аппарата. Лампой пользуются в момент максимального сгибания пластинки, включая ее на короткое время.

Первое сгибание пластины должно происходить при температуре на (10 ± 2) °С выше ожидаемой температуры хрупкости. Если температура хрупкости первой пластины на (10 ± 2) °С ниже температуры первого сгибания пластины, то испытание повторяют на второй пластине. Если разница температур хрупкости первой и второй пластины не более 3 °С, то полученные значения температуры хрупкости первой и второй пластин признают корректными. Если температура хрупкости первой пластины менее чем на 8 °С или более чем на 12 °С ниже температуры первого сгибания пластины, то такой результат признается некорректным и эта температура принимается как ожидаемая температура хрупкости второй пластины. Если в данном случае температура хрупкости второй пластины оказывается на (10 ± 2) °С ниже температуры первого сгибания, то проводят испытание третьей пластины. Если

разница температур хрупкости второй и третьей пластины не более чем 3 °С, то полученные значения температуры хрупкости пластин признают корректными [26].

2.2.7 Методика определения температуры вспышки в открытом тигле. Метод с применением открытого тигля Кливленда

Температура вспышки в открытом тигле (ТВО) определяется согласно методике, представленной в ГОСТ 33141-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температур вспышки. Метод с применением открытого тигля Кливленда».

Сущность метода: настоящий метод испытаний заключается в нагревании пробы битума в открытом тигле с установленной скоростью до тех пор, пока не произойдет вспышка паров битума над его поверхностью от зажигательного устройства.

Проведение испытания: при выполнении измерения по определению температуры вспышки битума в открытом тигле необходимо осуществить следующие операции:

- измеряют атмосферное давление;

- тигель заполняют битумом таким образом, чтобы верхний мениск точно совпадал с меткой. При наполнении тигля выше метки избыток битума удаляют пипеткой или другим соответствующим приспособлением. Удаляют пузырьки воздуха с поверхности пробы. Не допускается смачивание стенок тигля выше уровня жидкости.

При попадании битума на внешние стенки тигля его освобождают от битума и обрабатывают;

- тигель с пробой нагревают пламенем газовой горелки или при помощи электрообогрева сначала со скоростью от 14 °С до 17 °С в 1 мин. Когда температура пробы будет приблизительно на 56 °С ниже предполагаемой температуры вспышки, скорость подогрева регулируют таким образом, чтобы при достижении 28 °С перед ожидаемой температурой вспышки битум нагревался со скоростью $(5,5 \pm 0,5)$ °С в 1 мин;

– зажигают пламя зажигательного устройства и регулируют его таким образом, чтобы диаметр поперечника пламени был $(4,0 \pm 0,8)$ мм;

– начиная с температуры не менее чем на $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже предполагаемой температуры вспышки, каждый раз применяют зажигательное устройство при повышении температуры пробы на $(2,0 \pm 0,5)$ $^{\circ}\text{C}$. Пламя зажигательного устройства перемещают в горизонтальном направлении, не останавливаясь над краем тигля, и проводят им над центром тигля в одном направлении в течение 1 с. Середина пламени должна быть на расстоянии от верхнего края тигля не более чем 2 мм.

При последующем повышении температуры перемещают пламя зажигания в обратном направлении;

– за температуру вспышки принимают температуру, показываемую термометром при первой вспышке;

– появление ореола пламени в виде голубого круга, который иногда образуется вокруг пламени зажигания, не является вспышкой;

– при сомнениях в первой вспышке ее необходимо подтвердить фактом последующей вспышки через $(2,0 \pm 0,5)$ $^{\circ}\text{C}$ [28].

2.2.8 Методика определения старения под воздействием высокой температуры и воздуха (метод RTFOT)

Изменение температуры размягчения и массы образца после старения определяется согласно методике, представленной в ГОСТ 33140-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температур вспышки. Метод определения старения под воздействием высокой температуры и воздуха (метод RTFOT)».

Сущность метода: настоящий метод заключается в воздействии высокой температуры и воздуха на движущуюся тонкую пленку битума и определении влияния данного воздействия на битум путем сравнения физико-химических показателей битума, полученных до и после воздействия.

Проведение испытания: пустые стеклянные контейнеры, используемые для определения изменения массы образца, необходимо промаркировать и

взвесить с точностью до 1 мг.

В каждый стеклянный контейнер наливают $(35,0 \pm 0,5)$ г образца. Сразу после заливки битума, при помощи вращения стеклянного контейнера, необходимо распределить битум по внутренней боковой поверхности контейнера. Число стеклянных контейнеров определяется заранее, исходя из объема состаренного битума, необходимого для последующего использования.

Для определения процентного изменения масс используются два маркированных стеклянных контейнера (например, А и Б), масса которых, без образцов битума, принимается равной соответственно М и М1.

Затем контейнеры с битумом необходимо охладить в течение не менее 1 ч при температуре (21 ± 4) °С. После чего их взвешивают с точностью до 1 мг для определения М и М1.

Затем стеклянные контейнеры с образцами помещают в барабан печи. Если число стеклянных контейнеров менее восьми, их располагают таким образом, чтобы при вращении барабана не допустить дисбаланса. Все свободные отверстия под стеклянные контейнеры должны быть заполнены пустыми стеклянными контейнерами.

После установки контейнеров фасадная дверь печи должна быть плотно закрыта.

Примечание – термостат печи должен быть настроен на поддержание температуры испытания, при этом вентилятор должен обеспечивать постоянную циркуляцию воздуха.

После этого необходимо привести в действие барабан с частотой вращения $(15,0 \pm 0,2)$ мин, через форсунку начать подавать воздух со скоростью $(4,0 \pm 0,2)$ л/мин и начать отсчет времени испытания. Стеклянные контейнеры с образцами необходимо выдержать при данных условиях в печи в течение времени испытания (85 ± 1) мин. В случае, если температура испытания не будет достигнута в течение 15 мин с начала отсчета времени испытания, то испытание признается некорректным и его необходимо прекратить.

По истечении времени испытания необходимо извлечь из печи

маркированные контейнеры и поместить их в место для охлаждения при температуре (21 ± 4) °С.

Маркированные стеклянные контейнеры А и Б должны остыть в течение не менее 1 ч при температуре (21 ± 4) °С. После чего осуществляют взвешивание стеклянных контейнеров с точностью до 1 мг для определения масс М и М1.

Затем необходимо поочередно вынимая остальные контейнеры, собрать битум из контейнеров в одну емкость. Необходимо переместить в емкость не менее 90 % битума из каждого контейнера. Остатки битума извлекаются из контейнера с помощью лопатки или другого подходящего инструмента. Во время извлечения битума из каждого контейнера фасадная дверь печи должна быть плотно закрыта, а нагреватель, вентилятор и подача воздуха включены, при этом барабан с остальными контейнерами должен вращаться.

Последний контейнер с образцом должен быть извлечен из печи не более чем через 6 мин после истечения времени испытания.

Извлеченный из контейнеров битум необходимо подогреть до температуры (160 ± 5) °С и перемешать. Далее следует провести необходимые испытания, используя извлеченный из контейнеров битум [29].

2.3 Технология получения гудрона

2.3.1 Теоретические основы технологического процесса получения гудрона

Технологический процесс получения гудрона состоит из следующих стадий:

- подача насосами кубового остатка атмосферной трубчатки (АТ) для нагрева в печь П-1;
- разделение кубового остатка АТ на фракции в вакуумной колонне К-1;
- охлаждение и откачка продукции вакуумной части установки.

Сырьем блока вакуумной трубчатки (ВТ) является мазут. Нагрев сырья, подаваемого на разгонку, производится в теплообменниках за счет тепла верхних

погонов ректификационных колонн, боковых погонов и кубовых остатков сложной или вакуумной колонны.

Основным принципом, на основе которого работает вакуумная перегонка, является снижение температуры кипения при уменьшении давления. Нагрев кубового остатка АТ осуществляется в трубчатой печи П-1. Вакуумсоздающая система основана на принципе создания вакуума конденсаторами за счет конденсации водяных паров и отсасывании несконденсированной части паров и газов с помощью паровых эжекторов. В вакуумсоздающей системе используется две ступени эжекторов. Специфика эксплуатации вакуумной колонны обусловлена низким остаточным давлением в аппарате и условиями нагрева сырья. В вакуумной колонне созданы условия, обеспечивающие высокую долю отгона и минимальное разложение сырья.

Для уменьшения времени пребывания кубового остатка АТ в печи и снижения гидравлического сопротивления применены следующие рекомендации: в змеевики печи подается водяной пар, сокращено до минимума расстояние между вводом сырья в колонну и выводом кубового остатка АТ из печи, увеличен диаметр труб, последних по ходу сырья, трансферная линия выполнена с минимальным числом поворотов.

В целях сокращения количества потребления воды для охлаждения конденсаторов вакуумного узла предусмотрено применение замкнутой циркуляционной системы с использованием компактного охладителя воды.

Оснащение установки приборами КИП и А позволяет контролировать и регулировать технологический процесс, обеспечивая его безопасное ведение с соблюдением норм технологического режима. Управление технологическим процессом выполняется с помощью АСУ ТП из операторной (с пульта АРМ).

Схема установки разделена на технологические взрывоопасные блоки, для отключения которых предусмотрена быстродействующая запорная арматура, обеспечивающая при разгерметизации блока быстрое опорожнение системы.

2.3.2 Описание технологической схемы процесса получения гудрона

Мазут с установки АТ после насосов подается в качестве сырья вакуумной перегонки в печь П-200.

После печи П-200 потоки направляются в питательную секцию колонны К-200.

Вакуумная колонна К-200 представляет собой цилиндрический аппарат переменного диаметра 1200/2800 мм, высотой 41000 мм с 4-мя пакетами насадки и 8 тарелками. Объем колонны К-200 составляет 120,0 м³.

В вакуумной колонне К-200 происходит разделение кубового остатка АТ на фракции, с низа колонны выводится гудрон (сырье для производства нефтяных битумов).

Технологической схемой предусмотрена подача перегретого водяного пара от пароперегревателя П-200 под 8-ю тарелку колонны К-200 для улучшения разделения продуктов (снижения парциального давления углеводородных паров). Из куба колонны К-200, гудрон через отсечной клапан поступает в приемный трубопровод насосов Н-222, Н-223; прокачивается последовательно через трубное пространство теплообменников, охлаждаясь отдает избыток тепла потоку и через отсечной клапан выводится в резервуары с последующей подачей гудрона на установку производства битумов.

Основные параметры, контролируемые при производстве гудрона представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Параметры, контролируемые при производстве гудрона

№ п/п	Наименование стадий процесса, аппараты, показатели режима	Единица измерения
1	Температура кубового остатка АТ перед К-200	°С
2	Температура куба К-200	°С
3	Расход водяного пара под 8-ю тарелку колонны К-200	кг/ч
4	Расход орошения на 4 пакет насадок	м ³ /ч

Технологическая схема процесса производства гудрона представлена на рисунке 2.1.

2.4 Технология получения битумов нефтяных дорожных

2.4.1 Теоретические основы технологического процесса получения битумов нефтяных дорожных

Технологический процесс производства битумов из нефтяных остатков состоит из следующих основных стадий:

- окисление сырья при повышенной температуре кислородом воздуха;
- термическое обезвреживание газов окисления;
- компаундирование окисленного битума с исходным сырьем окисления (при необходимости).

Установка производства битумов (УПБ) состоит из двух параллельных технологических линий.

Окисление сырья производится в двух реакторах. При сезонном снижении спроса на дорожный битум может работать только одна технологическая линия.

Каждый из окислительных аппаратов имеет свою сырьевую и продуктовую линии, отдельные насосные агрегаты, обеспечивающие прокачку сырья, откачку битума и подачу рециркулята, а также отдельную воздушную линию и линию отвода газов окисления в сепаратор отгона.

УПБ предназначена для получения битума прямым окислением гудрона кислородом воздуха. Весь поступающий на УПБ гудрон перерабатывается в окисленный битум. Побочными продуктами производства являются газы окисления и черный соляр. Газы окисления утилизируются в инсинераторе. Черный соляр направляется на смешение с топливным мазутом, который используется в качестве топлива горелок блока нагрева высокотемпературного органического теплоносителя (ВОТ).

Основным видом потребляемых топливно-энергетических ресурсов является электроэнергия, топливный газ собственной выработки из заводской сети или природный газ, пар.

2.4.2 Описание технологической схемы установки производства битумов

Сырье (гудрон) по трубопроводам межцеховых коммуникаций подается на УПБ. На установке трубопровод сырья разделяется на два потока:

- 1) первый поток направляется в колонну окисления К-101;
- 2) второй поток направляется в колонну окисления К-102.

Сырье для переработки на каждой технологической линии имеет одинаковые технические характеристики. Его принимают из резервуаров Р-1, Р-2 товарно-сырьевой базы.

Окисление сырья производят в колонных аппаратах непрерывного действия, снабженных специальными внутренними конструктивными элементами для диспергирования воздуха, поступающего на окисление. Технологическая обвязка окислительных аппаратов позволяет подавать в зону реакции рециркулят для стабилизации температуры в колоннах. Для обеспечения безопасности технологического процесса окисления, наверху окислительных колонн установлены стационарные анализаторы кислорода в газах окисления.

Колонны К-1, К-2 предназначены для окисления гудрона с получением битума путем продувки воздухом и представляют собой вертикальные полые цилиндрические аппараты. В колонне поддерживают определенный уровень окисляемого сырья, которое попадает в аппарат через штуцеры В1. Воздух в колонну подают через маточник. Рекомендованы два исполнения маточника. В первом исполнении маточник выполнен съемным снаружи для удобства эксплуатации. Во втором исполнении маточник расположен во внутренней части колонны, представляющий собой перфорированную трубу с ответвлениями. В аппарате происходит барботаж воздуха через слой жидкости, способствующий полному перемешиванию и равенству температур по всей высоте зоны реакции. С низа колонны отводят битум, а с верха отводят газы окисления. Во избежание перегрева колонны часть охлажденного битума возвращают в колонну (верхний и нижний рециркулят).

Газы окисления двух технологических линий объединяют в один поток и через воздушный холодильник подают в сепаратор отгона, работающий по принципу конденсатора смешения. Против восходящего потока газов, в верхнюю часть сепаратора подают «черный соляр», охлажденный в воздушном холодильнике. Это позволяет максимально извлечь жидкую конденсирующуюся часть из газообразных продуктов окисления. Неконденсирующиеся газы окисления направляют в узел утилизации неконденсирующихся газов окисления.

Узел утилизации неконденсирующихся газов окисления представляет собой печь дожига. В печи дожига происходит термическое обезвреживание (сжигание) вредных примесей, содержащихся в газах окисления без утилизации тепла уходящих продуктов сгорания. В качестве топлива для печи используют газ, принимаемый из заводской сети, или природный газ, или смесь пропан-бутан техническую.

Процесс получения битума осуществляют путем окисления гудрона в двух колоннах непрерывного действия К-1, К-2. Два узла окислительных колонн выполнены по идентичной схеме и по сырью включены параллельно. Номинальная производительность каждой технологической линии составляет 9 т/час. Внутрь колонн сырьевую смесь подают через распределительное устройство. С низа колонн через маточник осуществляют подачу воздуха. Избыток тепла, выделяющегося при окислении, отводят в специальных теплообменниках, через которые циркулирует окисленный битум. Колонны теплоизолированы до уровня разлива, снабжены предохранительными клапанами, уровнемерами, датчиками температуры и давления.

Сырье прокачивают через теплообменник Т-101/1,2 и 102/1,2, где поток нагревают теплоносителем до температуры около 175 °С и подают в окислительную колонну К-1, К-2.

Окисленный битум с низа колонны К-1, К-2 с температурой 230-250 °С насосом Н-1, Н-2, Н-3 проходит через теплообменник Т-103/1,2 и 104/1,2, где его охлаждают хладагентом до температуры 155-190 °С. После теплообменников окисленный битум откачивают в резервуарный парк. Уровень жидкости в

колонне окисления поддерживают на заданной высоте, регулируя количество откачиваемого товарного окисленного битума. Оставшуюся часть битума возвращают в окислительные колонны через нижнее и верхнее циркуляционное орошение для съема избыточного тепла реакции и регулирования процесса окисления. Температуру рециркулята задают расходом хладагента в теплообменники Т-103/1,2 и 104/1,2.

После определения качества битума и паспортизации, битум из резервуарного парка направляют в узлы налива автомобилей-битумовозов, ж/д цистерн и фасовки. Для обеспечения безопасности ведения процесса окисления в верхней части колонны К-1, К-2 установлены стационарные газоанализаторы, регистрирующие содержание кислорода в газах окисления в режиме реального времени. Газы окисления в верха К-1, К-2 по газовому тракту направляют в зону питания сепаратора отгона С-101. С верха С-101 неконденсируемую часть газов окисления отводят в печь дожига П-001 на термическое обезвреживание.

Основные параметры, контролируемые при производстве битума нефтяного дорожного таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Параметры, контролируемые при производстве битума нефтяного дорожного

№ п/п	Наименование стадий процесса, аппараты, показатели режима	Единица измерения
1	Расход гудрона в колонну окисления	кг/ч
2	Расход технологического воздуха в колонну	нм ³ /т
3	Расход окисленного битума на рециркуляцию	кг/ч
4	Температура гудрона в трубопроводе питания колонны окисления	°С
5	Температура в колонне окисления	°С
6	Температура рециркулята после теплообменника	°С
7	Давление газов окисления в колонне	кгс/см ²
8	Содержание кислорода в газах окисления из колонны	%
9	Уровень в колонне окисления	мм

Технологическая схема процесса производства гудрона представлена на рисунках 2.2-2.4.

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной ВКР – Исследование процесса производства битумов нефтяных дорожных методом окисления гудрона нефтяного в окислительных колоннах на установке производства битума западной Сибири.

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

5.1.1 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:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (5.1)$$

Где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Повышение производительности труда	0,27	4,97	4,97	3,97	1,47	1,47	1,17
2.Удобство в эксплуатации	0,22	4,97	3,97	2,97	1,22	0,97	0,72
3.Надёжность	0,17	4,97	3,97	4,97	0,97	0,77	0,97
4.Безопасность	0,22	3,97	3,97	3,97	0,97	0,97	0,97
5.Функциональная мощность	0,27	2,97	3,97	3,97	0,97	1,12	1,12
6.Простота эксплуатации	0,32	4,97	3,97	4,97	1,22	1,12	1,27
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Уровень проникновения на рынок	0,21	0,97	1,97	2,97	0,21	0,45	0,69
2.Цена	0,22	4,97	3,97	2,97	1,22	0,97	0,72
3.Наличие сертификации разработки	0,26	3,97	3,97	3,97	1,13	1,13	1,13
4.Предполагаемый срок эксплуатации	0,19	4,97	3,97	3,97	1,07	0,85	0,85
5.Конкурентоспособность на рынке	0,12	3,97	4,97	3,97	1,09	1,17	0,97
ИТОГО	1	18,9	18,9	17,9	4,72	4,57	4,36

Бф – продукт проведённой работы;

Бк1 – ПАО «Газпром»;

Бк2 – ООО «Томскнефтехим».

Из полученной оценочной карты видно, что сравниваемые российские компании ПАО «Газпром», ООО «Томскнефтехим» и продукт проведенной работы являются относительно конкурентно способными на рынке. Данные компании выступают сильными хозяйствующими субъектами, имеющими значительный опыт в производстве битумов и соответствующую репутацию.

Конкурентоспособность разработки составила 4,72 в то время, как двух других аналогов 4,57 и 4,36 соответственно. Результаты показывают, что данная научно-исследовательская разработка является конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, как удобство эксплуатации для потребителей, цена и энергоэкономичность.

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.

5.1.2 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 этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Матрица SWOT.

Сильные стороны	Слабые стороны
С1.Значительный потенциал фирмы, определяемый наличием соответствующего технологического оборудования.	Сл1.Неэффективное использование ресурсов.
С2.Производство качественного битума.	Сл2. Неэффективная система закупок сырья
С3.Введение в сферу деятельности консалтинговых услуг по использованию и	Сл3.Отсутствие маркетинговых исследований.

технологии применения битума для различных видов строительных и гидроизоляционных работ.	
С4.Экологичность технологии.	Сл4.Отсутствие стратегического направления развития.
Возможности	Угрозы
В1. Отсутствие конкурентов в регионе позволяет стать лидером рынка.	У1. Наличие серьезного крупного конкурента на уровне Российской Федерации.
В2. Возможности охвата значительной доли рынка.	У2. Ограничивает потенциал работы предприятия в других регионах
В3. Восстановление экономики и темпов строительства позволяет говорить о перспективах развития сегмента.	У3. Возможность появления новых конкурентов.
В4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.	У4. Рост цен на сырье, в соответствии с этим повышение стоимости производства.

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 5.3–5.6.

Таблица 5.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	-	-	-	-
	В2	+	0	+	-
	В3	+	+	0	+
	В4	+	+	-	+

Таблица 5.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	+	-	+	+
	В2	+	0	-	-
	В3	-	-	-	-
	В4	0	+	+	-

Таблица 5.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4

	У1	-	0	-	+
	У2	-	-	-	0
	У3	-	-	+	-
	У4	0	-	-	-

Таблица 5.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	-	-	-
	У2	-	+	-	-
	У3	-	+	-	-
	У4	+	+	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 5.7.

Таблица 5.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны исследовательского проекта: С1. Значительный потенциал фирмы, определяемый наличием соответствующего технологического оборудования. С2. Производство качественного битума. 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: Сл1. Неэффективное использование ресурсов. Сл2. Неэффективная система закупок сырья Сл3. Отсутствие маркетинговых исследований. Сл4. Отсутствие стратегического направления развития.</p>
<p>Возможности: В1. Отсутствие конкурентов в регионе позволяет стать лидером рынка. В2. Возможности охвата значительной доли рынка. В3. Восстановление экономики и темпов строительства позволяет говорить о перспективах развития сегмента.</p>	<p>Направления развития В2С1С3. Большое количество исходного сырья и низкая его стоимость повысят спрос на новые разработки из-за целесообразности утилизации отходов предприятий. В3С2С4. Минимальное количество используемого оборудования и экологичность переработки позволят расширить разработанную технологию до масштабных проектов. В4С1С2. Низкая цена исходного сырья и экологичность технологии являются основой для экспорта за рубеж и выхода на мировой рынок.</p>	<p>Сдерживающие факторы Слабые стороны в очень малом проценте влияют на возможности в развитии технологии.</p>
<p>Угрозы: У1. Наличие серьезного</p>	<p>Угрозы развития По результатам интерактивной</p>	<p>Уязвимости Угрозы и слабые</p>

<p>крупного конкурента на уровне Российской Федерации.</p> <p>У2. Ограничивает потенциал работы предприятия в других регионах</p> <p>У3. Возможность появления новых конкурентов.</p> <p>У4. Рост цен на сырье, в соответствии с этим повышением стоимости производства.</p>	<p>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>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.

5.2 Планирование НИИ

Планирование технического проекта необходимо для чёткого понимания и распределения работы.

5.2.1 Структура научно-технического исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Перечень этапов, работ и распределения

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	руководитель
	2	Календарное планирование выполнения работ	Инженер, руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер, руководитель
	6	Подготовка образцов для эксперимента	Инженер
	7	Проведение эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

Таким образом, исходя из таблицы 5.8 видно, что исследования производства нефтяных битумов дорожных состоит из 10 этапов. Основную работу проводит исполнитель – инженер, но руководитель так же играет важную роль в написании выпускной квалификационной работы.

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления сметы.

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (5.2)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (5.3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

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

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (5.4):

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (5.4)$$

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

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

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (5.5)$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – общее количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году (2022 год).

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожгi}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	3	-	5	-	4,0	-	4,0	4
2. Календарное планирование выполнения работ	2	3	4	4	3,0	3,5	3,3	4
3. Обзор научной литературы	-	5	-	10	-	7,5	7,5	11
4. Выбор методов исследования	-	4	-	6	-	5,0	5,0	6

5. Планирование эксперимента	1	5	4	8	2,5	6,5	4,5	7
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	4	-	8	-	6,0	6,0	9
7. Проведение эксперимента	-	14	-	21	-	17,5	17,5	25
8. Обработка полученных данных	-	11	-	16	-	13,5	13,5	18
9. Оценка правильности полученных результатов	1	2	5	6	3,0	4,0	3,5	5
10. Составление пояснительной записки	-	7	-	11	-	9,0	9,0	13
Итого:	7	59	15	84	11,4	71,7	68,5	102

Примечание: Исп. 1 – Руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 5.10).

Таблица 5.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4	█											
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4	█											
3	Обзор научной литературы	Исп2	11		█										
4	Выбор методов исследования	Исп2	6			█									
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	7			█									
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9				█								
7	Проведение эксперимента	Исп2	25					█							
8	Обработка полученных данных	Исп2	18								█				

№	Вид работ	Исп	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5												
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13												

Примечание:



– Исп. 1 (руководитель),  – Исп. 2 (инженер)

5.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

5.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

– приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;

– покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического

процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;

– покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;

– сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. Однако их учет ведется в данной статье только в том случае, если в научной организации их не включают в расходы на использование оборудования или накладные расходы. В первом случае на них определяются соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае их величина учитывается как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (5.6)$$

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

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3-5 % от цены).

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Материальные затраты на требующиеся аппараты и приспособления представлены в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	1300	4	5 200
Картридж для лазерного принтера	7 900	1	7 900
Итого:			13 100

5.3.2 Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (5.7)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (5.8)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

При выполнении научно-исследовательского проекта использовался ПЭВМ – Lenovo. Срок полезного использования данного ноутбука по паспорту составляет 4 года.

Таблица 5.12 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	H_A , %	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Ноутбук Lenovo	1	4	12	0,25	60000	5000
Итого:							60000

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации определяется по следующей формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (5.9)$$

где n – срок полезного использования в годах.

Амортизация определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (5.10)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.;

m – время использования, мес.

Рассчитаем норму амортизации для ноутбука, с учётом того, что срок полезного использования составляет 3 года:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{4} = 0,25$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,25 \cdot 60000}{12} \cdot 4 = 5000 \text{ руб.}$$

5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и

руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (5.11)$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 5.4).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{41700 \cdot 10,3}{246} = 3404,7 \text{ руб.}, \quad (5.12)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;
- при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{33700 \cdot 11,2}{213} = 2991,9 \text{ руб.}, \quad (5.13)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) k_p = 41700 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 81315 \text{ руб.}, \quad (5.14)$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) k_p = 33700 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 67715 \text{ руб.}, \quad (5.15)$$

где $Z_{мс}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; k_d – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 5.13 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	52/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 5.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{мс}, руб$	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}, руб$	$Z_{дон}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб$
Руководитель	41700	0,3	0,2	1,3	81315	3404,7	12,5	42558,16
Инженер	33700	0,3	0,2	1,3	65715	2991,9	72,5	216912,9
Итого:								259471,1

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 42558,16 = 6383,7 \text{ руб.} \quad (5.16)$$

– для инженера:

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 216912,9 = 32536,9 \text{ руб.}, \quad (5.17)$$

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

Таблица 5.15 – Заработная плата исполнителей НИИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	42558,16	216912,9
Дополнительная зарплата	6383,7	32536,9
Итого по статье $C_{зп}$	48941,9	249450

5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (5.18)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Таблица 5.16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	42558,16	6383,7
Инженер	216912,9	32536,9
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды	30 %	
Отчисления, руб.	77841,3	11676,2
Итого	89517,5	

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (42558,16 + 6383,7) = 14682,6 \text{ руб.}, \quad (5.19)$$

– для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (216912,9 + 32536,9) = 74835 \text{ руб.}, \quad (5.20)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2022 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

5.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Величина коэффициента накладных расходов принята в размере 20%. Рассчитаем накладные расходы на выполнение НИИ:

$$Z_{накл} = (3418 + 5280 + 14497,78 + 96651,9 + 30121,6) \cdot 0,2 = 30638,5 \text{ руб.}$$

Таблица 5.17 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
1	2	3	4	5	6	7	8
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных рас ходов	Накладные расходы	Стоимость бюджета
5000	13100	259471,1	38920,7	89517,5	392909	81201,9	474110,9

Величина накладных расходов определяется по формуле (5.21):

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{пр}}, \quad (5.21)$$

где $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости исследование процесса производства битумов нефтяных дорожных методом окисления гудрона нефтяного в окислительных колоннах на установке производства битума западной Сибири. по форме, приведенной в таблице 5.16. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 5.18 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Аналог.1	Аналог.2	
1	Материальные затраты НИР	13100	14200	15200	Пункт 5.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	5000	5500	6000	Пункт 5.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	259471,1	265085,1	269127,1	Пункт 5.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	38920,7	44534,7	48576,7	Пункт 5.3.4
5	Отчисления во внебюджетные фонды	89517,5	95131,5	99173,5	Пункт 5.3.5
6	Накладные расходы	81201,9	86815,9	90857,9	Пункт 5.3.6
Бюджет затрат НИР		474110,9	487211,2	511267,2	528935,2

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

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя

социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты, и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

Показатели экономической эффективности проекта учитывают финансовые последствия его осуществления для предприятия, реализующего данный проект. В этом случае показатели эффективности проекта в целом характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения.

Бюджетная эффективность характеризуется участием государства в проекте с точки зрения расходов и доходов бюджетов всех уровней.

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

5.4.1 Интегральный показатель финансовой эффективности

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.22)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 474110,9 \text{ руб.};$$

$$\Phi_{\text{исп.1}} = 511267,2 \text{ руб.};$$

$$\Phi_{\text{исп.2}} = 528935,2 \text{ руб.}$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{474110,9}{528935,2} = 0,90;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{511267,2}{528935,2} = 0,97;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{528935,2}{528935,2} = 1.$$

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

5.4.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 5.19).

Таблица 5.19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки	0,2	5	3	4
2. Стабильность работы	0,3	4	4	5
3. Технические характеристики	0,3	4	4	3
4. Механические свойства	0,15	5	5	4
5. Материалоёмкость	0,35	5	4	3
ИТОГО	1	4,6	4,0	3,8

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,2 \cdot 4 + 0,3 \cdot 4 + 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,35 \cdot 5 = 4,6;$$

$$I_{p2} = 0,2 \cdot 4 + 0,3 \cdot 4 + 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,35 \cdot 4 = 4,0;$$

$$I_{p3} = 0,2 \cdot 4 + 0,3 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,35 \cdot 5 = 3,8.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}} \quad (5.23)$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,6}{0,92} = 5,00, \quad I_{исп.2} = \frac{4,0}{0,97} = 4,12, \quad I_{исп.3} = \frac{3,8}{1} = 3,80.$$

Интегральный показатель эффективности определяет расчетную сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{сп1} = \frac{I_i}{I_1} \quad (5.24)$$

$$\mathcal{E}_{сп1} = \frac{5,00}{5,00} = 1,00 \quad \mathcal{E}_{сп2} = \frac{4,12}{5,00} = 0,82, \quad \mathcal{E}_{сп3} = \frac{3,80}{5,00} = 0,76.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 5.20).

Таблица 5.20 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,92	0,97	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	4,0	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	5,00	4,12	3,8
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,00	0,82	0,76

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 102 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 73 дня; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 13 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 474110,9 руб; 4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,92, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,6 по сравнению с 4,0 и 3,8;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,00 по сравнению с 4,12 и 3,8 и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение выпускной квалификационной работы осуществлялось на установке производства битума и установки атмосферно-вакуумной ректификации. Был произведен мониторинг технологических параметров и аналитического контроля выпускаемых продуктов.

Объектом исследования является нефтеперерабатывающий завод западной Сибири.

На установке отсутствуют критические параметры, определяющие взрывоопасность технологического процесса. Основным процессом на установке является процесс окисления гудрона до заданной марки битума.

Рабочими местами оператора установки является: помещение операторной размерами (20*35 м²), где осуществляется дистанционный контроль параметров и управление; непосредственно установка атмосферно-вакуумной ректификации, комплекс битумного производства, установка производства битумов, и т.д.), где проводится плановый обход, во время которого возможно ручной контроль параметров процесса, если потребуется.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В нефтяной промышленности оператор, работающий на установке атмосферно-вакуумной ректификации и установке производства битумов, подвергается влиянию ряда неблагоприятных факторов и относится к 2 классу труда [31].

Также работнику согласно ст. 108 Трудового кодекса РФ, в течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут. Время предоставления указанного перерыва, и его конкретная продолжительность устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка или по соглашению между работником и работодателем [32].

По результатам проведения специальной оценки условий труда устанавливаются классы (подклассы) условий труда. Согласно трудовому кодексу РФ и федеральному закону РФ «О специальной оценке условий труда» работникам 2 класса труда предусматриваются:

1. В соответствии с ч. 1 ст. 213 ТК РФ персонал операторной проходит обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры для определения пригодности выполнения поручаемой работы и предупреждения профессиональных заболеваний. В соответствии с медицинскими рекомендациями указанные работники проходят внеочередные медицинские осмотры.
2. В соответствии с законодательством на работах с вредными и или опасными условиями труда, а также на работах, связанных с загрязнением, работодатель обязан бесплатно обеспечить выдачу сертифицированных средств индивидуальной защиты согласно действующим типовым отраслевым нормам бесплатной выдачи работникам спецодежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты.
3. Защита передаваемых персональных данных работодателю, от неправомерного их использования или утраты.
4. Здоровые и безопасные условия труда. В качестве минимальных требований к условиям труда принимаются требования, установленные законодательством о труде. Своевременную выплату заработной платы в соответствии с квалификацией и сложностью труда.
5. Обязательное медицинское страхование и обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в порядке и на условиях, установленных для работников действующим законодательством РФ.
6. Ущерб, нанесенный работнику увечьем либо иным повреждением здоровья, связанным с использованием им своих трудовых обязанностей, подлежит возмещению. [30]

Рабочей зоной является помещение операторной и места расположения

технологического оборудования. Организация и конструкция автоматизированного рабочего оператора должны обеспечивать возможность быстрого и безошибочного восприятия информации, создание удобства пользования органами управления, комфортных условий. Эргономические требования для операторной:

- Отсутствие лишних объектов, они будут отвлекать и мешать процессу труда. Загромождение рабочего пространства недопустимо;
- Нужные вещи должны находиться на расстоянии вытянутой руки; Достаточность места дает возможность двигаться без препятствий;
- При работе с документами, для их хранения лучше использовать специальные подставки, так как необходимо иметь уголок простора для непосредственной работы;
- Рабочее оборудование должно соответствовать технике безопасности и быть удобным;
- Монитор устанавливается напротив оператора и не должен требовать поворота головы;
- Посадочное место должно находиться так, чтобы уровень глаз оператора находился немного выше центра монитора;
- Ноги оператора должны спокойно стоять на полу, если это не соблюдено, необходимо установить подставку под них;
- Клавиатура должна располагаться так, чтобы пальцы на ней не были в напряжении;
- При работе мышкой, рука должна лежать устойчиво. Локоть руки или хотя бы запястье должны иметь твердую опору [30].

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 помещение операторной соответствуют нормам.

6.2 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в операторной на

нефтеперерабатывающем заводе западной Сибири. Рассмотрим эти факторы в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Возможные опасные и вредные факторы на рабочем месте оператора УБП и ЭЛОУ-АВТ.

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Химические факторы – химические вещества, смеси, некоторые вещества, получаемые химическим синтезом или для контроля, которых используют методы химического анализа	ГОСТ Р 58473-2019 Классификация опасности химической продукции. Общие требования [33]
Температура, влажность воздуха, скорость его движения, тепловое излучение, называемое все вместе “микроклимат”; Высокая температура	ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 29.09.1988 N 3388) (ред. от 20.06.2000) Утвержден [34]
Большое давление	РД 24.200.11-90 Сосуды и аппараты, работающие под давлением. Правила и нормы безопасности при проведении гидравлических испытаний на прочность и герметичность [35]
Отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещения.	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (ред. от 28.12.2021) [36]
Производственный шум, ультразвук, инфразвук	ГОСТ 12.1.003-2014 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности [37]
Повышенный уровень вибрации	ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности» [38]
Поражение электрическим током при выходе из строя заземления токоведущих частей электрооборудования или пробоя электроизоляции.	ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [42].

Химические вещества, смеси.

Опасные химические факторы обусловлены наличием вредных веществ транспортирующихся, применяющихся и хранящихся на территории опасного производственного объекта. [33]

В таблице 6.2 представлены взрывопожароопасные, токсические свойства сырья, продукции и отходов производства.

Таблица 6.2 – Взрывопожароопасные, токсические свойства сырья, продукции и отходов производства

№ п/п	Наименование сырья, продукции, отходов производства	Класс опасности	Характеристика токсичности (воздействие на организм человека)	ПДК веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений, мг/м ³
1.	Гудрон нефтяной	4	Пары гудрона токсичны, вредно влияют на центральную нервную систему, дыхательные органы, глаза. Попадание горячего продукта на кожу вызывает сильные ожоги	300
2.	Битум нефтяной	4	Является малоопасным веществом. При попадании расплавленного битума на кожу человека необходимо пораженное место охладить проточной водой. Битум с кожи не удалять, так как он образует защитный стерильный барьер на пораженной коже. Пострадавшего немедленно отправить в лечебное медицинское учреждение. При попадании на слизистую оболочку глаз обильно промыть водой и немедленно обратиться к врачу	300
3.	Черный соляр	4	Попадание горячего продукта на кожу вызывает сильные ожоги. При попадании на слизистую оболочку глаз обильно промыть водой и немедленно обратиться к врачу	300
4.	Газы окисления	4	Удушающее действие от недостатка кислорода, потеря сознания, судороги	
5.	Газ топливный	4	Удушающее действие от недостатка кислорода, потеря сознания, судороги	300
6.	Теплоноситель	4	Практически нетоксичен и не имеет запаха. Оказывает слабое раздражающее действие на кожу. При попадании в глаза следует промыть большим количеством проточной воды	30

Для защиты работников от отравлений химическими веществами, при выполнении работ в обязательном порядке следует использовать средства индивидуальной защиты: специальная одежда и обувь (костюмы, перчатки, сапоги/ботинки, изготовленные из ткани); респираторы, противогазы фильтрующие.

Температура, влажность воздуха, скорость его движения, тепловое

облучение, называемое все вместе “микроклимат”, высокая температура.

Микроклимат производственных помещений – это комплекс физических факторов, оказывающих влияние на теплообмен человека и определяющих самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда.

Понижение температуры и повышение скорости движения воздуха могут привести к переохлаждению организма, а при повышенной температуре воздуха, работоспособность оператора падает. Недостаточная влажность воздуха может привести к интенсивному испарению влаги со слизистых оболочек, их пересыхания и растрескивания, а затем и загрязнение болезнетворными микроорганизмами. В операторной создание микроклимата обеспечивается работой приточной вытяжной вентиляцией, также в холодный период года следует применять средства защиты рабочих мест от охлаждения вблизи остекленных поверхностей оконных проемов, в теплый период года – от попадания прямых солнечных лучей.

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, на рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м при облучении 50 % поверхности тела и более, 70 Вт/м – при величине облучаемой поверхности от 25 до 50% и 100 Вт/м – при облучении не более 25% поверхности тела.

Интенсивность теплового облучения работающих от открытых источников не должна превышать 140 Вт/м, при этом облучению не должно подвергаться более 25% [35]. Оптимальные нормы показателей микроклимата отображены в таблице 6.3 [41].

Таблица 6.3 – Оптимальные значения показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	17-19	16-20	60-40	0,2
Теплый	19-21	18-22	60-40	0,2

Профилактика и защита организма работника при меняющихся повышенных или пониженных показателях микроклимата включает следующие

мероприятия:

- регламентация продолжительности воздействия среды для поддержания среднесменного теплового состояния на оптимальном или допустимом уровне;
- использование специальных средств коллективной и индивидуальной защиты, уменьшающих действие микроклимата на организм человека (специальная одежда и обувь, устройства нормализации воздушной среды; специальные растворы, мази, составы).

Большое давление.

При осуществлении различных технологических процессов, проведении ремонтных работ широко распространены различные системы повышенного давления. Основной характеристикой этого оборудования является то, что давление газа или жидкости в нем превышает атмосферное.

Любое оборудование, работающее под давлением, всегда представляет перед собой потенциальную опасность, которая при определенных условиях может трансформироваться в явную форму и повлечь тяжелые последствия. Взрыв установки, работающей под давлением. При взрыве может произойти разрушение здания, в котором расположена установка, а также травмирование персонала разлетающимися осколками оборудования. С целью снижения влияния данного опасного фактора используют СИЗ (специальная одежда и обувь, каски, защитные очки) [35].

Основное требование к этим сосудам – соблюдение их герметичности на протяжении всего периода эксплуатации.

Отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещения.

Одним вредным фактором является недостаточная освещенность рабочих мест. Специфика обеспечения надлежащей освещенности в помещениях заключается в том, что работы на НПЗ осуществляются круглосуточно, а значит, необходимо поддерживать баланс между естественным и искусственным освещением.

При организации производственного освещения необходимо обеспечить равномерное распределение яркости на рабочей поверхности и окружающих предметах. Перевод взгляда с ярко освещенной поверхности на слабо освещенную вынуждает глаз адаптироваться, что ведет к утомлению зрения.

Из-за неправильного освещения образуются глубокие и резкие тени и другие неблагоприятные факторы, зрение быстро утомляется, что приводит к дискомфорту и повышению опасности жизнедеятельности (в первую очередь к повышению производственного травматизма).

Требования к освещению рабочих мест зафиксированы в СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. [34]

В таблице 6.4 представлены нормы искусственной освещенности на рабочем месте оператора УБП и ЭЛОУ-АВТ.

Таблица 6.4 – Нормы искусственной освещенности на рабочем месте

Источник света	Мощность источника света в помещении, лк	
	Операторная	Насосная
Лампы дневного света	200	50
Лампы накаливания	150	20

Для работы в ночное время на НПЗ дополнительно используются светильники с напряжением не выше 12 В во взрывозащищённом исполнении [34]. К производственному освещению предъявляются следующие санитарно-гигиенические требования:

- оптимальный состав спектра, приближенный к солнечному;
- соответствие освещенности на рабочих местах нормативным значениям;
- равномерность освещенности и яркости рабочей поверхности, в том числе и во времени;
- отсутствие резких теней на рабочей поверхности и блескости предметов в пределах рабочей зоны;
- оптимальная направленность;
- применение одного местного освещения, так как возникает необходимость частой переадаптации зрения. [36]

Плохое и неравномерное освещение приводит к снижению зрительных функций, повышается уровень утомляемости, что отрицательно влияет на общую работоспособность персонала. Для обеспечения нормируемых значений освещенности в рабочих помещениях проводится чистка стекол оконных рам и светильников два раза в год и своевременная замена перегоревших ламп.

Производственный шум, ультразвук, инфразвук.

Шум – вредный фактор, действующий на весь организм. Действие шума на человека определяется многими моментами:

- близостью от источника шума;
- длительностью воздействия;
- замкнутостью рабочего пространства;
- интенсивностью физической нагрузки;
- комплексом других вредных производственных факторов [37].

При постоянном воздействии шума наблюдаются снижение слуха в последующем тугоухость, различные вегетативные сдвиги и изменения сердечно – сосудистой системы. При дистанционной работе в операторной, уровень шума не должен превышать 80 дБ [41].

Инфразвук – акустические колебания и их совокупность в частотном диапазоне 20 Гц, не воспринимаемые ухом человека. Для гигиенической оценки производственного инфразвука интерес представляет диапазон от 1,6 до 20 Гц. К средствам коллективной защиты относятся борьба с шумом в источнике его образования (то есть за счет создания малошумного оборудования и использования его в технологическом процессе производства) и борьба с шумом на пути его распространения (звукопоглощающие устройства, глушители).

Поражение электрическим током при выходе из строя заземления токоведущих частей электрооборудования или пробоя электроизоляции.

Электробезопасность установки должна обеспечиваться в любых возможных нормальных и аварийных эксплуатационных ситуациях. Источниками электрической опасности могут являться:

- оголенные части проводов или отсутствие изоляции;

- отсутствие заземления;
- замыкания;
- статическое напряжение.

Электробезопасность оператора должна обеспечиваться выполнением следующих мероприятий:

1. Соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей или путем закрытия;
2. Ограждения токоведущих частей;
3. Применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;
4. Применение предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;
5. Применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений;
6. Использование средств защиты и приспособлений, в том числе для защиты от воздействия электрического и магнитного полей в электроустановках, в которых их напряженность превышает допустимые нормы.

6.3 Экологическая безопасность

Защита селитебной зоны.

В случае разгерметизации оборудования возможен разлив нефтепродуктов на территории. Для предупреждения развития аварии и локализации выходов нефти приняты инженерно-технические решения и проводятся следующие организационно-технические мероприятия:

- обвалование площадок, где возможен разлив продукта;
- между технологическими блоками имеются отсекающие задвижки;
- при отклонениях технологического режима предусмотрены звуковая сигнализации и блокировка, которые срабатывают при превышении заданных параметров;
- проводится ежедневный осмотр оборудования;
- установка дренажных емкостей для сбора возможных разливов.

Защита атмосферы.

На атмосферу могут оказывать вредное воздействие выбросы из факельных установок, печей. Нормативы предельно-допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух установлены Проектом нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферу для НПЗ западной Сибири. В таблице 6.5 приведены объемы загрязняющих выбросов в атмосферу.

Таблица 6.5 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

Наименование загрязняющих веществ	Вредные выбросы	
	г/сек, макс.	т/год
Организованные выбросы		
Азота диоксид	0,3792	9,7768
Азота оксид	0,06162	1,58873
Серы диоксид	1,104	27
Углерода оксид	0,1725	4,234
Метан	0,01725	0,4234
Бензапирен	0,0000003	0,000004
Мазутная зола	0,00256	0,062705
Азота диоксид	0,15	4,723
Азота оксид	0,061	1,936
Серы диоксид	0,13	4,085
Углерода оксид	0,033	1,056
Метан	0,02	0,616
Бензапирен	0,0000002	0,000008
Неорганизованные выбросы		
Дигидросульфид	0,00008	0,007
Углеводороды предельные	4,425	136,113276

С целью охраны окружающей среды выполняются следующие технологические мероприятия, обеспечивающие минимальные выбросы вредных веществ в атмосферу:

- полная герметизация оборудования;
- оснащение предохранительными клапанами всей аппаратуры, в которой может возникнуть давление, превышающее расчётное, с учётом требований.

[35]

Защита гидросферы.

Известно, что сброс сточных вод является самым массовым источником загрязнения гидросферы как по количеству, так и по видам загрязняющих веществ, поэтому одной из основных экологических задач является

минимизация поступления токсичных веществ со сточными водами предприятий нефтехимического комплекса.

Должны соблюдаться требования нормативных актов, регулирующих отношения в области охраны водных ресурсов.

Мероприятия по охране поверхностных и подземных вод включают в себя:

- регулярную уборку территории и проведение своевременного ремонта дорожных покрытий;

- организацию уборки и утилизации снега с максимально возможной для очистки площади (технологические площадки, газоны, автодороги и пешеходные дорожки);

- исключение сброса в дождевую канализацию отходов производства, в том числе и нефтепродуктов за счет использования оборудования с высоким классом герметичности, а также устройства отбортовок площадок для размещения оборудования.

Защита литосферы.

Основное воздействие работы НПЗ на литосферу происходит от захоронения отходов (кислый гудрон, раствор щелочей, отработанные катализаторы).

При этом должны соблюдаться требования нормативных правовых актов, регулирующих отношения в области охраны земельных ресурсов и недр в соответствии с законами.

При эксплуатации НПЗ должна вестись работа по охране земель от загрязнения, а также обеспечиваться рекультивация деградированных и загрязненных земель.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Установки, работающие под давлением, всегда представляют собой потенциальную опасность (разгерметизация оборудования), которая при определенных условиях может трансформироваться в явную форму и повлечь тяжелые последствия.

Основные причины, приводящие к разгерметизации сосудов, работающих под давлением, принято делить на эксплуатационные и технологические. Первой эксплуатационной причиной разгерметизации является образование взрывоопасных смесей, состоящих из горючих газов, паров или жидкостей и окислителя. Примером таких смесей могут служить ацетилен и кислород, водород и кислород, пары этилового спирта и кислород и др. Взрывоопасные смеси «горючее–окислитель» могут возгораться и взрываться, если имеется инициатор (источник) зажигания, в качестве которого может выступить электрическая искра (например, возникающая в результате накопления статического электричества), искры от газо- и электросварки, искры, возникающие от удара стальных предметов, нагретые тела и др.

Вторая эксплуатационная причина разгерметизации установок и аппаратов, работающих под давлением, – это так называемые побочные процессы, протекающие в них и приводящие к постепенному изменению и разрушению конструкционных материалов, из которых эти установки изготовлены (это коррозия стенок аппаратов, образование накипи на стенках котлов, уменьшение прочностных свойств материалов установок и др.). Для того, чтобы исключить влияние побочных процессов, необходимо своевременно и качественно проводить профилактические и ремонтные работы сосудов, работающих под давлением, а также правильно их эксплуатировать. [35]

Технологические причины разгерметизации – это различные дефекты (трещины, вмятины, дефекты сварки и др.), возникшие при изготовлении, хранении и транспортировке сосудов, работающих под давлением. Для своевременного обнаружения этих дефектов применяют различные методы контроля: внешний осмотр сосудов и аппаратов, работающих под давлением, неразрушающие методы контроля (люминесцентные, ультразвуковые и рентгеновские методы), гидравлические испытания сосудов, механические испытания материалов, из которых изготовлены сосуды, и др.

С угрозой возникновения ЧС необходима разработка организационных и инженерно-технических мер по уменьшению опасности, устранению и

информированию, и защите населения при чрезвычайных ситуациях.

Организационные мероприятия:

- планирование защиты населения и территорий от ЧС на уровне предприятия;
- подготовка и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации ЧС;
- создание запасов средств индивидуальной защиты и поддержание их в готовности;
- наличие и поддержание в постоянной готовности системы общего оперативного и локального оповещения и информации о ЧС. [40]

Пожары классифицируются по виду горючего материала. При разгерметизации происходит выброс горючих веществ – газов, вследствие, класс возможного пожара С, а также жидкости – класс пожара В. [32]

В качестве пожарной техники эксплуатируются стационарные установки пожаротушения. Система автоматического пенного пожаротушения – это совокупность специального оборудования, пенообразователя и технологии, позволяющей транспортировать воздушно-механическую пену средней кратности к защищаемым объектам. В качестве первичных средств пожаротушения используют переносные и передвижные огнетушители порошковые, покрывала для изоляции очагов возгорания, пожарный инвентарь (багры, лопаты, ломы).

Выводы по разделу

В данном разделе были рассмотрены вредные и опасные производственные факторы на нефтеперерабатывающем заводе западной Сибири, предложены меры по предотвращению или ограничению их влияния на человека и окружающую среду, а также нормативные документы, регулирующие их воздействие на человека.

Были описаны мероприятия по снижению уровня воздействия этих факторов, влияние технологического процесса на экологическую безопасность. Также были выявлены возможные виды аварийного состояния объекта, поэтому предусмотрены способы их устранения.

Фактические значения соответствует нормативным требованиям согласно:

- N 426 – ФЗ «О специальной оценке условий труда», условия труда на установке атмосферно-вакуумной ректификации и установке производства битума допустимые (2 класс) по СанПиН 1.2.3685-21 предельно допустимая концентрация для нефти к воздуху рабочей зоны – 300 мг/м³;
- СОУТ категория помещения (операторной) по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории Б;
- Постановлению «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий (с изменениями на 7 октября 2021 года)» согласно разделу 2 п.17 относится к объектам II категории, оказывающих умеренное негативное воздействие на окружающую среду;
- Разделу 1 п.1.13 правил устройства электроустановок (ПУЭ) помещение операторной относится к первому классу – «помещения без повышенной опасности»;
- Приказ Минтруда России № 903н «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» п.2.3 персонал операторной относится к I группе по электробезопасности (неэлектротехнический персонал).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грудников И.Б. Производство нефтяных битумов. – М.: Химия, 1983. – 234 с.
2. Гуреев А.А., Чернышова Е.А., Коновалов А.А., Кожевникова Ю.В. Производство нефтяных битумов. – М. Изд. Нефть и газ, 2007 – 102 с.
3. Сергиенко С.Р. Высокомолекулярные соединения нефти / С.Р. Сергиенко – М.: Химия, 1964. – 535 с.
4. Пажитова Н.П. Исследование свойств битумов, применяемых в дорожном строительстве / Н.П. Пажитова, Т.В. Потапова. – М.: Труды оюзДорНИИ, 1970.
5. Гун Р.Б. Нефтяные битумы. – М.: Химия, 1989. – 432 с.
6. Розенталь Д.А. Битумы. Получение и способы модификации / Д.А. Розенталь. – Л.: ЛТИ, 1979. – 80 с.
7. Ю.А. Кутьин, Э.Г. Теляшев Битумы и битумные материалы. Нормативы, качество, технологии. Издательство ГУП ИНХП РБ, 2018 – 272 с.
8. Грудников И.Б. Нефтяные битумы. Процессы и технологии производства. Уфа: Издательство ГУП ИНХП РБ, 2015 – 288 с.
9. ISBN 978-5-9021-59-51-3 Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа. – Уфа: Гилем, 2002. – 671 с.
10. Анчита, Х. Переработка тяжелых нефтей и нефтяных остатков. Гидрогенизационные процессы [Текст]: научное издание / Х. Анчита, ред. Дж. Спейт ; ред. пер. с англ. О.Ф. Глаголева. - СПб.: Профессия, 2013. - 384 с.
11. Современное производство битума. Технологии и оборудование Воробьев А.Е., Воробьев К.А., Тчаро Х. 2018 – 460 с.
12. Федоров, В. С. Нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность - единый производственный комплекс [Текст] : научное издание / В. С. Федоров. - М.: Наука, 2007. - 158 с.
13. Лабораторная работа. Производство окисленных битумов. Методическое пособие. – Казань, 2013. – 86 с.

14. Рудин М.Г. Карманный справочник нефтепереработчика / М.Г. Рудин, В.Е. Сомов. – ОАО «ЦНИИТЭнефтехим», 2004. – 214 с.
15. Технология переработки нефти и газа. В 2-х частях. С.1. Первичная переработка нефти / Под ред. О.Ф. Глаголевой, В.М. Капустина. 2005.
16. Леффлер У.Л. Переработка нефти. – 2-е изд., пересмотр. / Пер. с англ. – М.: Олимп-Бизнес, 2003.
17. Бардик Д.Л., Леффлер У.Л. Нефтехимия/ Пер. с англ. – М.: Олимп-Бизнес, 2003. – 416 с.
18. Грудников Игорь Борисович. Производство нефтяных битумов. - М.: Химия, 1983. – 188 с.
19. 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.
20. Гохман Л.М. Битумы, полимерно-битумные вяжущие, асфальтобетон, полимерасфальтобетон. Учебно-методическое пособие. – М.: ЗАО «ЭКОН-ИНФОРМ», 2008. – 117 с.
21. ГОСТ 33133-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие».
22. ГОСТ 11503-74 «Битумы нефтяные. Метод определения условной вязкости».
23. ГОСТ 33136-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения глубины проникания иглы».
24. ГОСТ 33142-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температуры размягчения. Метод «Кольцо и Шар».
25. ГОСТ 33138-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения растяжимости».
26. ГОСТ 33143-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температуры хрупкости

по Фраасу».

27. ГОСТ 33134-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Определение индекса пенетрации».

28. ГОСТ 33141-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температур вспышки. Метод с применением открытого тигля Кливленда».

29. ГОСТ 33140-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температур вспышки. Метод определения старения под воздействием высокой температуры и воздуха (метод RTFOT)».

30. Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 30.12.2020) «О специальной оценке условий труда» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2021).

31. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

32. Правила безопасной эксплуатации и охраны труда для нефтеперерабатывающих производств. ПБЭ НП-2001.

33. ГОСТ Р 58473-2019 «Классификация опасности химической продукции. Общие требования».

34. ГОСТ 12.1.005-88 «Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» (утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 29.09.1988 N 3388) (ред. от 20.06.2000).

35. РД 24.200.11-90 «Сосуды и аппараты, работающие под давлением. Правила и нормы безопасности при проведении гидравлических испытаний на прочность и герметичность».

36. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (ред. от 28.12.2021)».

37. ГОСТ 12.1.003-2014 «Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности».

38. ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности».

39. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

40. ГОСТ Р 22.0.01-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях».

41. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности для человека факторов среды обитания».

42. ГОСТ 12.1.038-82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов».

43. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

44. ПУЭ. Правила устройства электроустановок. Издание 7.