



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

Инженерная школа природных ресурсов _____
Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология _____
ООП Химическая технология нефти и газа _____
Отделение химической инженерии _____

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
Модификация свойств дорожных битумов полимерами

УДК 665.775:678

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ12	Марченко Маргарита Евгеньевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Бешагина Евгения Владимировна	к.х.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОХИ ИШПР	Ивашкина Елена Николаевна	д.т.н.		

Планируемые результаты освоения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок
ОПК(У)-2	Способен использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты
ОПК(У)-3	Способен разрабатывать нормы выработки, технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, контролировать параметры технологического процесса, выбирать оборудование и технологическую оснастку
ОПК(У)-4	Способен находить оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен к совершенствованию технологического процесса — разработке мероприятий по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов и изысканию способов утилизации отходов производства
ПК(У)-2	Способен оценивать эффективность новых технологий, модернизировать существующие технологии и внедрять технические решения в производство
ПК(У)-3	Способен осуществлять экспертный анализ технологий и управление технологическими процессами промышленной подготовки и переработки нефти и газа
ПК(У)-4	Способен проводить аналитический и метрологический контроль производства для обеспечения качества и безопасности выпускаемой продукции, хода технологического процесса, охраны окружающей среды
ПК(У)-5	Способен осуществлять выбор и эксплуатацию технологического оборудования для подготовки и переработки нефти и газа
ПК(У)-6	Способен использовать пакеты прикладных программ при мониторинге действующего процесса, выполнении проектных и/или исследовательских работ



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

Инженерная школа природных ресурсов _____
Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология _____
ООП Химическая технология нефти и газа _____
Отделение химической инженерии _____

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
Ивашкина Е.Н.

(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ12	Марченко Маргарите Евгеньевне

Тема работы:

Модификация свойств дорожных битумов полимерами

Утверждена приказом директора (дата, номер)

30.01.2023 №30-97/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

27.05.2023

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<p>Объект исследования - модифицированные битумы. В качестве исходного сырья был битум нефтяной дорожный марки БНД 90/130. В качестве модификатора был атактический полипропилен 6 различных марок: Н120GP, Н030GP, Н033FF, Н031BF, Н007EX, Н085CE. Направление исследования – улучшение физико-химических свойств дорожного битума с целью увеличения срока эксплуатации асфальтобетонных смесей дорожного покрытия.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<ol style="list-style-type: none"> Литературный обзор <ul style="list-style-type: none"> Классификация битума; Свойства битума; Технологический режим и его влияние на показатели процесса получения битума; Способы улучшения свойств битума. Экспериментальная часть <ul style="list-style-type: none"> Объект исследования; Методика приготовления модифицированных битумов; Методика проведения испытания температуры размягчения по кольцу и шару;

	<ul style="list-style-type: none"> – Методика проведения испытания температуры хрупкости; – Методика проведения испытания глубины проникания иглы; – Методика проведения испытания растяжимости; – Результаты испытаний и их анализ. <p>3. Заключение.</p>
--	--

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	-
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Креницына Зоя Васильевна
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович
Раздел на английском языке	Уткина Анна Николаевна

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

Modification of the properties of road bitumen by polymers

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	30.01.2023
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бешагина Евгения Владимировна	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ12	Марченко Маргарита Евгеньевна		



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

Инженерная школа природных ресурсов _____
Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология _____
ООП Химическая технология нефти и газа _____
Отделение химической инженерии _____
Период выполнения осенний/весенний семестр 2022/2023 учебного года _____

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
2ДМ12	Марченко Маргарите Евгеньевне

Тема работы:

Модификация свойств дорожных битумов полимерами

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	25.05.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.03.2022	Обзор литературы	20
04.04.2022	Объект и методы исследования	20
25.04.2022	Расчеты и аналитика	20
11.05.2022	Результаты разработки	10
18.05.2022	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
25.05.2022	Социальная ответственность	15

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Бешагина Евгения Владимировна	к.х.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОХИ ИШПР	Ивашкина Елена Николаевна	д.т.н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
2ДМ12		Марченко Маргарита Евгеньевна	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	18.04.01 Химическая технология

Тема ВКР:

Модификация свойств дорожных битумов полимерами	
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>	<ul style="list-style-type: none"> – Объект исследования: модифицированные битумы. – Область применения: нефтехимическая промышленность. – Рабочая зона: лаборатория. – Количество и наименование оборудования рабочей зоны: испытательное оборудование (4 шт): прибор для определения температуры размягчения, пенетрации, растяжимости, температуры хрупкости; вспомогательное оборудование (4 шт): нагревательная плитка, увлажнитель воздуха, термостат в количестве 2 шт. – Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: нагревание, заливка объекта исследования в специальные формы, проведения испытаний необходимых показателей.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения</p> <p>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Федеральный закон от 28.12.2013 N 426 О специальной оценке условий труда с изменениями 2020; – ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны; – ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны; – ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности; – ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты; – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 29.12.2020).
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <p>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</p> <p>– Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора</p>	<p>Опасные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека; – Повышенная концентрация токсичных веществ в воздухе рабочей зоны; – Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека. <p>Вредные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Повышенный уровень шума;

	<ul style="list-style-type: none"> – Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; – Отклонение показателей микроклимата. <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты: перчатки для лабораторных работ, маски от органических паров, приточно-вытяжная вентиляция, беруши или наушники.</p> <p>Расчет: система искусственного освещения</p>
3. Экологическая безопасность <u>при разработке проектного решения</u>	<ul style="list-style-type: none"> – Воздействие на селитебную зону: выброс углеводородных газов, предельных и непредельных углеводородов. – Воздействие на литосферу: загрязнение почвы – Воздействие на гидросферу: разлив сырья и продуктов при транспортировке. – Воздействие на атмосферу: выбросы из вентиляционных систем.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях <u>при разработке проектного решения</u>	<p>Возможные ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.); – Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); – Техногенные аварии (отказ систем безопасности; пожар; взрыв). <p>Наиболее типичная ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Возникновение пожаров и взрывов.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ12	Марченко Маргарита Евгеньевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа 2ДМ12	ФИО Марченко Маргарита Евгеньевна
-----------------	--------------------------------------

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	18.04.01 Химическая технология

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Определена стоимость ресурсов научного исследования, также определены затраты на заработную плату исполнителей проекта.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Использованы нормы по расчетным величинам материалов и сырья проекта и норма амортизационных отчислений на оборудование.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Использована упрощенная налоговая система РФ, отражены все обязательные отчисления.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Проведен предпроектный анализ. Определен целевой рынок и проведено его сегментирование. Выполнен SWOT-анализ проекта.
2. Разработка устава научно-технического проекта	Выполнена инициация проекта: определены цели, содержание и изначальные финансовые ресурсы проекта.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составлен календарный план проекта. Определен бюджет НТИ.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Сегментирование рынка 2. Оценка конкурентоспособности технических решений 3. Диаграмма Исикава 4. График проведения и бюджет НТИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Креницына Зоя Васильевна	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ12	Марченко Маргарита Евгеньевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 111 с., 24 рис., 32 табл., 49 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: битум, модификация, полимеры, дорога, покрытие.

Объект исследования – модифицированные битумы, в составе которых битумы нефтяные дорожные и атактический полипропилен различных марок.

Цель работы - модификация свойств дорожных битумов полимерами.

В ходе данной работы проводилось исследование взаимодействия битумов нефтяных дорожных с различными марками атактического полипропилена. Для каждого взаимодействия определялись физико-химические показатели. Основной задачей являлось улучшение физико-химических показателей дорожных битумов для увеличения срока эксплуатации дорожного покрытия в различных климатических зонах страны.

Данная работа имеет практическое значение для оптимизации рецептуры асфальтобетонной смеси дорожного покрытия, без вмешательства в процесс строительства дорог.

Область применения: нефтеперерабатывающие предприятия, где реализован процесс получения битума.

Экономическая значимость работы заключается в возможности оптимизации рецептуры асфальтобетонной смеси дорожного покрытия, без вмешательства в процесс строительства дорог.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Данная работа содержит следующие обозначения и сокращения:

БНД – битум нефтяной дорожный;

БН – битум нефтяной;

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод;

ГПИ – глубина проникания иглы;

УВ – углеводороды;

ОРВ – обменное резонансное взаимодействие;

ТКиШ - температура по кольцу и шару;

АВТ – атмосферно-вакуумная трубчатка;

ТНО - тяжелые нефтяные остатки;

НП – нефтепродукт;

ИП – интервал пластичности;

УФ – ультрафиолетовое излучение;

ДЭП – двойное электрическое поле;

ПАВ – поверхностно-активные вещества;

ПП - полипропилен;

ЭВА – этиленвинилацетат;

СБС – стирол-бутадиен-стирол;

ПТР – показатель текучести расплава.

ТС – термостойкое стекло.

Оглавление

Введение.....	14
1 Теоретическая часть.....	15
1.1 Классификация битума.....	15
1.2 Свойства битума.....	19
1.3 Технологический режим и его влияние на показатели процесса.....	22
1.4 Способы улучшения свойств битума.....	24
2 Экспериментальная часть.....	27
2.1 Объект исследования.....	27
2.2 Методика приготовления модифицированных битумов.....	28
2.3 Методика определения температуры размягчения по кольцу и шару.....	30
2.4 Методики определения температуры хрупкости.....	32
2.5 Методика определения пенетрации.....	33
2.6 Методика определения растяжимости.....	35
2.7 Результаты испытаний и их анализ.....	37
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... ..	48
3.1 Предпроектный анализ.....	48
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	48
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	49
3.1.3 SWOT-анализ.....	50
3.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	53
3.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	55
3.2 Инициация проекта.....	55

3.2.1 Цели и результаты проекта.....	55
3.2.2 Организационная структура проекта	57
3.2.3 Ограничения и допущения проекта.....	57
3.3 Планирование управления научно-техническим проектом.....	58
3.3.1 Иерархическая структура работ проекта	58
3.3.2 Контрольные события проекта	59
3.3.3 План проекта	59
3.3.4 Бюджет научного исследования	60
3.3.5 Организационная структура проекта	65
3.3.6 План управления коммуникациями проекта	66
3.3.7 Реестр рисков проекта.....	66
3.4 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования.....	67
3.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования	71
4 Социальная ответственность	75
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	75
4.2 Производственная безопасность.....	77
4.2.1 Отклонение показателей микроклимата.....	78
4.2.2 Повышенный уровень шума	79
4.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны	80
4.2.3.1 Расчет искусственного освещения	80
4.2.4 Электрический ток	82
4.2.5 Повышенная концентрация веществ в воздухе рабочей зоны	83
4.2.6 Высокая температура материальных объектов производственной среды.....	84

4.3 Экологическая безопасность.....	85
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	87
Выводы по разделу.....	88
Заключение	89
Список литературы	90
Приложение А	95
Приложение Б.....	97

Введение

Наиболее актуальными в нефтеперерабатывающей промышленности наряду с углубленной переработкой нефти, остаются проблемы повышения качества нефтепродуктов. Битум не является исключением. С учетом постоянного увеличения автопарка, интенсивности движения и грузоподъемности транспортных средств, а также значительного возрастания динамических нагрузок на дорожное покрытие, есть все более возрастающая потребность в качественных АБС.

Одним из основных показателей, определяющих качество АБС в процессе эксплуатации, являются свойства битума. Несмотря на то, что качество дорожных битумов хоть и соответствует свойствам битумов различных марок согласно ГОСТ 22245-90 «Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия», но далеко от совершенства. Под влиянием внешних факторов (температура воздуха, вода, динамические нагрузки и т.д.) в битуме происходят необратимые процессы, приводящие к изменению его структуры и свойств и, как следствие, асфальтобетона и дорожного покрытия в целом.

Для достижения поставленной цели необходимо решить задачи:

- исследовать существующие марки битума, их физико-механические свойства и области применения;
- выяснить, какие существуют способы улучшения свойств дорожного битума. Подобрать наиболее подходящий вариант;
- провести экспериментальную часть;
- проанализировать полученные результаты;
- улучшить свойства дорожного битума.

1 Теоретическая часть

1.1 Классификация битума

Битум является многокомпонентной смесью, в состав которой входят: высокомолекулярные УВ, гетеропроизводные УВ совместно с O₂, S, N₂ и некоторых металлов (V, Fe, Ni, Na и другие). [1]

Понимание типа битума, преимущества и поведение его в тех или иных условиях, позволяет подобрать оптимальный вариант проведения работ с данным сырьем. Именно поэтому битум разделяют по нескольким признакам [2]:

Происхождение

1. Природные. В этом случае битумы входят в состав горючих ископаемых. По структуре могут быть как вязкими, так и твердыми веществами. Такой тип битума образуется при природных окислительных процессах, т.е. полимеризации и нарушении консервации составных частей нефти. Природный битум не является товарным продуктом, но его свойства отличаются стойкостью к различным атмосферным и химическим воздействиям

2. Технические битумы. Продукт промышленной переработки нефти. Это самый распространенный вид битума: более 90% от объемов общего использования данного нефтепродукта.

Исходное сырье для получения

1. За счет воска, парафина и смол, которые входят в состав торфа, и различных органических растворителей производят торфяные битумы. Данный тип битума в основном находит применение в литейной промышленности и при производстве защитных покрытий.

2. Из ископаемого угля производят угольные битумы. В таком случае состав выглядит так: свободные кислоты, их УВ и ангидриды, омыляемые вещества. После обработки уже составными частями являются воск и смолы.

Такой битум применяется в лакокрасочных изделиях, различные клеевых материалах

3. Самый распространенный тип - это нефтяные битумы, которые являются продуктами переработки нефти. В зависимости от условий производства и переработки нефти подразделяют на [3]:

- Остаточные. Такие битумы являются продуктом нефтепереработки после блока АВТ;
- Окисленные битумы – продукт окисления ТНО;
- Компаундированные битумы. В состав данного вида битума входят как остаточные, так и окисленные битумы. В зависимости от того, какие свойства необходимо придать конечному продукту, в таком соотношения и смешиваются вышеперечисленные виды битума;
- Крекинговые битумы. Данный вид битума получают путем окисления остатков крекинга нефти с целью выделения большего количества бензина из исходного сырья;
- Экстрактные битумы. Чтобы получить данные битуму для начала нужно провести очистку смазочных масел, а затем выделить парафины и осадить асфальтены;

В зависимости от того, где тот или иной битум будет применяться, его можно классифицировать и по применению [4]:

1. Дорожные битумы. Входят в состав АБС, битумных мастик, эмульсий и тд. Исходя из названия, можно понять, что данный вид битума используется для создания и ремонта различных дорожных покрытий, транспортных развязок, аэродромных покрытий и так далее;

2. Кровельные битумы нашли применение в виде защитного покрытия .

3. Изоляционные битумы. Данные битуму являются составной частью гидроизоляционных материалов - гидроизол, металлоизол и т.д.

4. Битумы специального назначения. Нашли применение в шинной, электротехнической и лакокрасочной продукции.

Согласно ГОСТ 22245–90 «Битумы нефтяные дорожные вязкие» в зависимости от глубины проникания иглы при 25 °С вязкие дорожные битумы изготавливают следующих марок: БНД 200/300, БНД 130/200, БНД 90/130, БНД 60/90, БНД 40/60, БН 200/300, БН 130/200, БН 90/130, БН 60/90. Исходя из среднемесячной температуры самого холодного времени года применение битума марок БНД и БН подразделяется на дорожно-климатические зоны (таблица 1, рисунок 1).

Согласно ГОСТ 22245-90 битумы подразделяют на марки типа БНД и БН. В зависимости от показателя пенетрации при 25 °С и усредненной температуры самого холодного времени года данные марки битума возможно применять в пяти дорожно-климатических зонах нашей страны. (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 - Применение битума для дорожно-климатических зон. [5]

Дорожно-климатическая зона	Среднемесячные температуры наиболее холодного времени года, °С	Марка битума
I	Не выше -20	БНД 90/130, БНД 130/200, БНД 200/300
II, III	От -10 до -20	БНД 60/90, БНД 90/130, БНД 130/200, БНД 200/300
II, III, IV	От -5 до -10	БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130, БНД 130/200, БН 90/130, БН 130/200, БН 200/300
IV, V	Не ниже +5	БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130, БН 60/90, БН 90/130

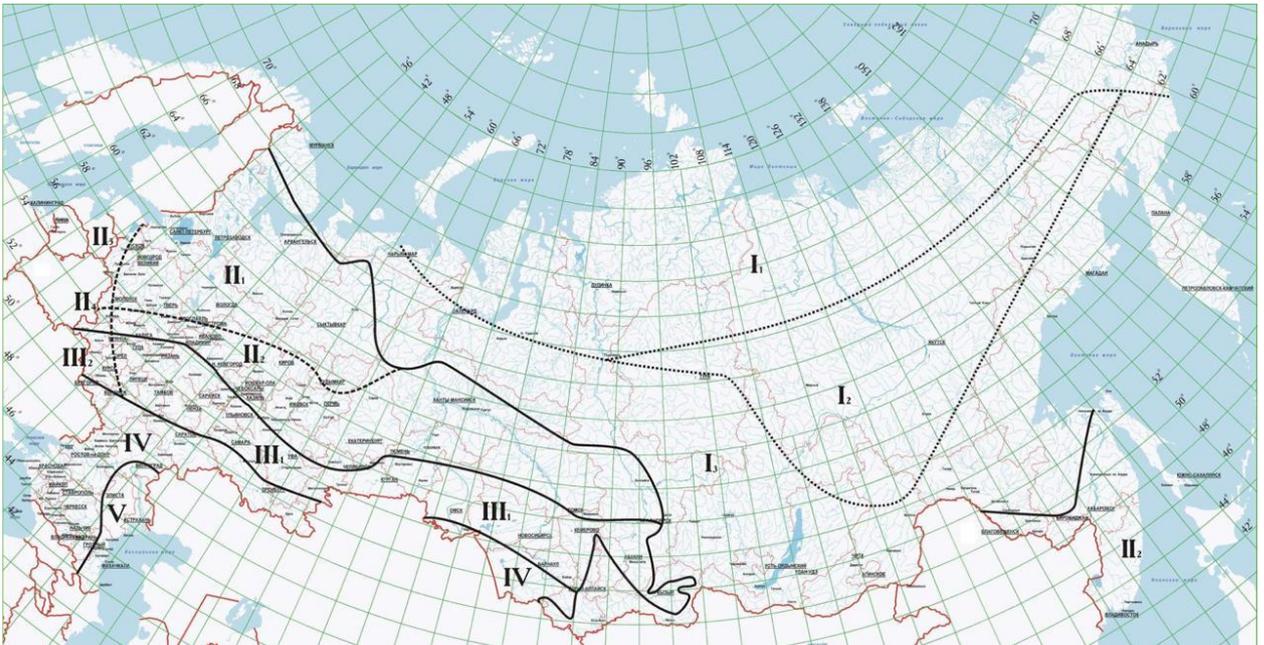


Рисунок 1 - Дорожно-климатические зоны РФ

Рецептура дорожных покрытий, помимо битума, включает в себя множество компонентов. Например, такие как: песок, гравий, щебень и так далее. Но именно от физико-механических свойств битума зависит насколько данные смеси будут прочными и долговечными. Так именно битум отвечает за связывание всех минеральных частиц между собой, придание им различных необходимых свойств, заполнения пространства между ними.

Исходя из вышеизложенного, дорожные битумы должны отвечать таким требованиям как:

- Быть теплостойкими, т.е. сохранять свою прочность при высоких температурах;
- Быть морозостойкими, т.е. не подвергаться разрушению при пониженных температурах;
- Быть прочными, т.е. под действием внешних факторов сопротивляться сжатию, разрыву или удару;
- Под действием природных факторов сохранять первоначальные свойства и обеспечивать сцепление всех минеральных частиц в АБС.

1.2 Свойства битума

Основными компонентами, которые входят в состав битума, являются высокомолекулярные УВ такие как смолы, асфальтены и масла. Именно соотношения данных УВ между собой определяет какими свойствами будет обладать битум. Структуру битума можно представить, как дисперсионную среду (масла и смолы), в которой диспергированы асфальтены. Последние в свою очередь представляют из себя частицы размером 18-20 мкм. Эти частицы являются ядрами, окруженные оболочкой. Но данная оболочка имеет один признак – убывающая плотность, начиная от тяжелых смол к маслам.

В зависимости от области применения битума, меняется и соотношение основных компонентов. [6]

Таблица 2 – Примерный фракционный состав битумов.

Содержание компонентов, %	Вид битума		
	Строительные	Кровельные	Дорожные
Масла	30-70	40-60	50-70
Смолы	20-50	20-55	20-40
Асфальтены	15-35	2-25	10-20

Соотношения асфальтенов, смол и масел не может не отразиться на свойствах битума. Например, увеличение асфальтенов и смол приводит к возрастанию таких показателей как температура размягчения и температура хрупкости. Разность по модулю между этими показателями представляет собой ИП, т.е. область температур, в которых возможно применение битума. Чем больше ИП, тем лучше для эксплуатации дорожных покрытий. Масла, которые частично могут растворять смолы, наоборот, делают битум более мягким и плавким, что при повышенных температурах не всегда оказывает положительное влияние на дорожное покрытие. Влияние парафина в составе битума так же, как и в других НП, ограничивает его использование при пониженных температурах, т.е. увеличивает температуру хрупкости. Поэтому содержание парафина стремятся свести к минимуму.

Исходя из состава и соотношения УВ битума, определяются его физические, химические, физико-химические и физико-механические свойства, которые представлены ниже.

К физическим свойствам битума относят [7]:

- Плотность – является одним из наиболее важных свойств битума. В зависимости от соотношения УВ в составе значение плотности может лежать в пределах 0,8 - 1,3 г/см³;

- Температурный коэффициент плотности для всех битумов примерно имеет одно и тоже значение 0,0006 г/(см³·°С). Данный показатель отражает зависимость изменения плотности в зависимости от изменения температуры на 1°С;

- Теплопроводность битума лежит в пределах 0,5-0,6 Вт/(м·°С);

- Коэффициент объёмного расширения. Если увеличить температуру, значение которой находит в интервале 60-300°С, на 1°С, то данный показатель для битумов дорожного назначения будет находится в интервалах от 0,000033 до 0,000042. Чем больше вязкость битума, тем больше коэффициент объёмного расширения;

- Нагревание битума при 160°С в течение 5 ч позволяет определить потерю массы. Она должна составлять не более 1%. Это позволяет определять устойчивость при нагревании;

- С увеличением температуры на 1°С повышается и удельная теплоемкость битума. Данный показатель лежит в пределах 0,00032 - 0,00078 кал/(г·°С).

- Наличие низкокипящих компонентов в битуме можно судить по такому показателю, как температура вспышки в открытом тигле. Для всех битумов она составляет обычно более 200°С;

- Наличие в битуме водорастворимых соединений влияет на его водостойкость. Обычно таких соединений в битуме не превышает 0,2 - 0,3% по массе.

Битумы обладают рядом физико-химических свойств, к которым можно отнести [9]:

- Поверхностное натяжение битумов колеблется в пределах 25-35 эрг/см². Битум образует прочные хемосорбционные связи с адсорбционными центрами катионов кальция и магния;

- Старение битума происходит под действием УФ-излучения и кислорода в составе окружающего воздуха. Данный процесс отражается на физико-механических свойствах битума: происходит увеличение температуры хрупкости и уменьшение гидрофобности.

При высоких температурах битумы находятся в жидком агрегатном состоянии, но при пониженных температурах они переходят в твердое агрегатное состояние. Это говорит о том, что битумы являются термопластичными материалами. Под воздействием внешних нагрузок в них могут возникать обратимые и необратимые деформации. Данные поведения можно описывать физико-механическими свойствами, к которым относят:

- Твёрдость битума. Данный показатель определяется как пенетрация или глубина проникания иглы. Единицы измерения выражаются в 0,1 мм. ГПИ характеризует способность битума оказывать сопротивление прониканию тела стандартной формы при определенных условиях.

- Температура размягчения. Данный показатель показывает при какой наибольшей температуре окружающей среды битум не будет претерпевать разрыв;

- Температура хрупкости. Это наименьшая температура, при которой битум остается целым под действием внешней нагрузки. Чем ниже данный показатель, тем лучше качество битума;

- Растяжимость. Данный показатель косвенно характеризует свойство битума, которое отвечает за связывание всех компонентов в составе АБС. Суть проведения испытания заключается в удлинении битума в тонкую нить, пока он не разорвется;

– Адгезия. Природой данного показателя является образование ДЭП на границе раздела битум:материал. Адгезия напрямую зависит от полярности асфальтенов и мальтенов и поведением этих компонентов в неполярных растворителях. Чем выше молекулярный вес асфальтенов и мальтенов, тем лучше адгезионные свойства.

1.3 Технологический режим и его влияние на показатели процесса

В производстве битумов происходит химический процесс окисления высокомолекулярных УВ: масел, смол и асфальтенов.

При окислении ТНО происходит ряд химических реакций, которые приводят к изменению качественного и количественного соотношения масел, смол и асфальтенов в исходном сырье битума. Примерами таких реакций служат отгонка легкой фракции, их уплотнение, крекинг и т.д. В процессе окисления гудрона воздуха основное количество кислорода идет на образование воды, далее на образование CO_2 и лишь малая часть идет на образование химических соединений, в состав которых входит O_2 [10]

Реакции окисления происходят по цепному механизму и сопровождаются выделением тепла. Показатели качества окисленного битума напрямую зависят от состава исходного сырья, температуры проведения окисления и расхода воздуха в окислительной колонне.[11]

Природа сырья. Прежде всего, природа исходного сырья оказывает влияние на такие показатели качества окисленного битума, как температура размягчения, растяжимость и ГПИ. Например, при одной и той же температуре размягчения двух марок битума из одной и той же нефти, ГПИ и растяжимость могут быть разными. Все зависит от количества масел в нефтяном остатке, который подвергался окислению. Зависимость будет выражаться следующим образом: Пенетрация будет меньше, а растяжимость больше, если глубина отбора масляных фракций из мазута будет больше. Содержание парафинов так же влияет на показатели качества битума. Например, содержание парафинов

свыше 3% приведет к понижению растяжимости, а в ходе процесса получения битума приведет к увеличению расхода воздуха и, как следствие, увеличению продолжительности окисления.

Температура. В процессе окисления протекает множество реакций, которые имеют различные температурные коэффициенты. Температура в разной степени будет ускорять процесс и по итогу получатся битумы с отличающимися составами и свойствами.

Повышение температуры влечет за собой увеличение констант диффузий и уменьшению поверхностного натяжения. Так как происходит уменьшение вязкости жидкой фазы, то идет увеличение размеров пузырьков газа. Все это ведет к преобладанию побочных реакций (в частности дегидрирования), а это в свою очередь не ведет к увеличению температуры размягчения.

Так же увеличение температуры ведет за собой снижение доли кислорода в битуме. Оптимальной температурой процесса является 250°C. Если температура превышает данное значение, то сказывается на показателях размягчения и хрупкости, т.е. происходит их увеличение. А ГПИ и растяжимость наоборот, уменьшаются.

Расход воздуха. Существенное влияние на свойства окисленного битума и интенсивность всего процесса в целом влияют

- расход воздуха,
- степень диспергирования сжатого воздуха;
- распределения воздуха относительно сечения колонны.

Если повысить только расход сжатого воздуха, а остальные условия процесса окисления оставить без изменений, то произойдет прямо пропорциональное увеличение скорости окисления.

1.4 Способы улучшения свойств битума

Одним из способов улучшения является метод, основанный на ОРВ. При окислении гудрона воздухом, молекулы исходного сырья излучают электромагнитные колебания. Именно эти колебания отправляют в резонатор, где они подвергаются усилению в несколько раз и затем обратно в зону окисления гудрона. Резонатор здесь выступает в роли торообразной камеры, которая состоит из тонкостенных листов Мебиуса, присоединенных друг к другу по внутреннему периметру камеры. Эти листы выполнены из пара-и/или диамагнитного материала, соотношение длин которых находится в определенной пропорции. Усиление и возврат колебаний обратно в зону окисления повторяют многократно. Такое возможно только с топологической точки зрения, т.к. лист Мебиуса имеет неориентируемую поверхность с нулевой эйлеровой характеристикой. Проявление такие свойств на данный момент имеют только экспериментальное подтверждение, научно-теоретически объяснить пока не представляется возможным. [12]

Самым распространенным приемам являются модификации полимерами, наполнителями и ПАВ. Самым рациональным методом модификации выступают полимеры. Во-первых, производство полимеров из года в год набирает обороты, и они более доступны. Во-вторых, полимеры передают свои ценные, которые необходимы битуму: пластичность и эластичность в широком температурном интервале, прочность и теплоустойчивость при высоких положительных температурах, стойкость к старению и агрессивным материалам. [12-15]

При модификации полимеры могут применять в ряду [16-19]:

- термоэластопласты (СБС);
- термопласты (ПП, ЭВА);
- полимерные латексы;
- терполимеры (этиленглицидилакрилат).

Термоэластопласты – это аморфные полимеры разветвленного или линейного строения. Чаще всего внешний вид представляется в виде крошки или порошка. Данные полимеры имеют такие характеристики, как: высокая прочность, высокая эластичность, способность к высокоэластическим деформациям в интервале от -80 до +80 °С. [20-24]

Термопласты - полимеры, которые при увеличении температуры обратимо могут переходить в высокоэластичное либо вязковязкое состояние. При обычной температуре они находятся в твердом агрегатном состоянии. При увеличении температуры они переходят в высокоэластичное состояние, а затем в вязкотекучее состояние. Это обеспечивает формирование их различными методами. Такие переходы могут повторяться многократно. Это позволяет перерабатывать бытовые и производственные отходы из данных полимеров в новые изделия. Термопласты могут передать битуму ряд своих важных свойств. [25-27]

Поведение всех полимеров в битуме одинаково. Попадая в битум, полимер создают развитую сетку. При добавлении малого количества, например ПП, то его частицы будут выступать в роли дисперсной фазы и не контактировать друг с другом, а битум в таком случае является дисперсионной средой (рисунок 2а).

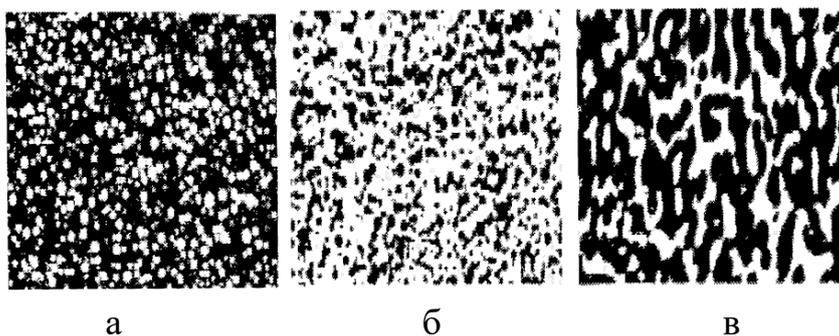


Рисунок 2 - Фазовые состояния битумов, модифицированных полимерами:
а - дисперсионная среда - битум, дисперсная фаза - полимер;
б - дисперсионная среда - полимер, дисперсная фаза - битум;
в - переходная система.

И наоборот, если концентрация ПП будет слишком велика, то произойдет инверсия фаз: битум станет дисперсной фазой, а полимер дисперсионной средой (рисунок 2б). В таком случае полимер образует сплошную сетку и битум размещается в ней. Необходимо добиться такого соотношения битум:полимер, чтобы была переходная система (рисунок 2в). От совместимости битума и полимера, от условий приготовления модифицированных битумов и от их количественного соотношения зависят все физико-механические свойства. [27-29]

2 Экспериментальная часть

2.1 Объект исследования

Объектом исследования являлись модифицированные битумы, на основе марки битума нефтяного дорожного 90/130 и различных марок полипропилена. Исходные свойства пробы битума представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Свойства БНД 90/130

№ п/п	Наименование показателя	Паспорт БНД 90/130	Значение по ГОСТ 22245-90	Метод испытания
1	2	3	4	5
2	Температура размягчения по кольцу и шару, °С	47	не менее 43	ГОСТ 11506-73
3	Глубина проникновения иглы, мм			ГОСТ 11501-78
	25 °С	108	91-130	
	0 °С	53	не менее 28	
4	Температура хрупкости по Фраасу, °С	-30	не выше -17	ГОСТ 11507-78
5	Растяжимость, см			ГОСТ 11505-75
	25 °С	более 100	не менее 80	
	0 °С	12	не менее 4,0	

В ходе экспериментов были использованы 6 различных марок полипропилена. Свойства каждой марки представлены в таблице 4. Характерное отличие наблюдается в ПТР. Этот показатель, характеризующий скорость текучести расплавленного термопласта через капилляр стандартных размеров при заданной температуре и давлении. Чем больше ПТР термопласта, тем меньше его вязкость. Следует отметить, что вязкость расплавов полимеров существенно зависит от приложенной нагрузки. Так как показатель текучести того или иного полимерного материала измеряют лишь при одном заданном значении нагрузки, то этот показатель характеризует только одну точку на всей кривой течения в области относительно напряжений сдвига. Поэтому полимеры, отличающиеся по разветвленности молекул или

по молекулярной массе, но с одинаковым показателем текучести расплава могут вести себя по-разному в зависимости от условий переработки.

Таблица 4 - Свойства марок полипропилена

№ п/п	Показатель	H120GP	H030GP	H033FF	H031BF	H007EX	H085CE
1	2	4	5	7	6	8	9
1	Показатель текучести расплава, г/10 мин	12,0	3,0	3,0	3,1	0,7	8,5
2	Предел прочности на пределе текучести, МПа	30	30	34	30	30	30
3	Удлинение при пределе текучести, %	10					
4	Модуль упругости при изгибе, МПа	1400	1500	1400	1500	1500	1400
5	Ударная вязкость по Изоду, кДж/м ²	2,0					
6	Температура размягчения по Вика, °С	155					
7	Температура изгиба под нагрузкой, °С	80					

2.2 Методика приготовления модифицированных битумов

Приготовление модифицированных битумов проводилось следующим образом:

1. В среднем для определения всех необходимых показателей расходовалось около 200–300 грамм битума. От данной массы рассчитывали 5% и 2,5%. Это значение соответствовало массе полипропилена определенной марки, с которой готовился модифицированный битум.

2. Битум разогревался до жидкого состояния. На стадии, когда его температура была 150 °С, к нему добавляли полипропилен определенной массы (рисунок 3).



Рисунок 3 - Процесс приготовления модифицированного битума

3. Поведение полипропилена в битуме можно разделить на 3 стадии. Первой стадии соответствует внешний вид гранул такой же, как и вне битума, т.е. гранулы имеют свой первоначальный вид и размер, не становятся более мягкими и текучими. Вторая стадия - каждая частица полипропилена становится плоской, но существует в битуме каждая отдельно, не образуя единую текучую систему. Экспериментальным и опытным путем было обнаружено, что вторая стадия наступает при температуре 290 °С. И третья стадия, когда весь полипропилен, сначала становится текучим, а затем уже начинает полностью растворяться в битуме (рисунок 4).

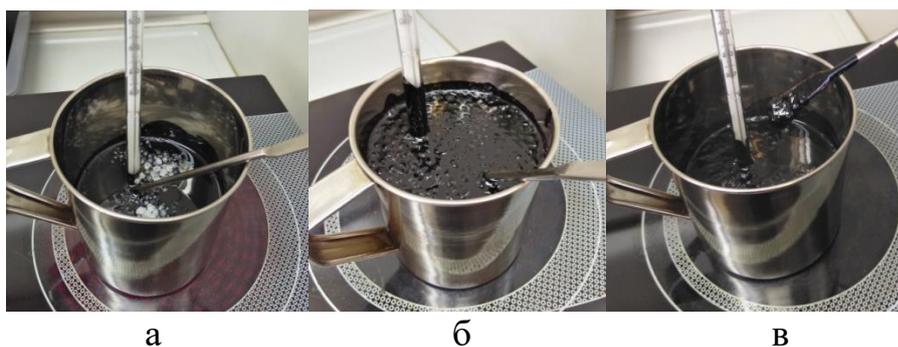


Рисунок 4 - Три стадии полипропилена в битуме:
а - первая стадия; б - вторая стадия; в - третья стадия;

2.3 Методика определения температуры размягчения по кольцу и шару

Сущность метода заключается в определении температуры, при которой битум, находящийся в кольце заданных размеров, в условиях испытания размягчается и, перемещаясь под действием стального шарика, касается нижней пластинки [34].

При определении температуры размягчения битума применялся аппарат Matest (рисунок 5), в комплект которого входят:

- стакан из ТС диаметром не менее 85 мм и высотой не менее 120 мм;
- кольцо латунное ступенчатое или гладкое с верхним внутренним диаметром $(17,7+0,2)$ мм;
- пластинки из металла;
- штатив с закрепленными металлическими пластинками;
- стальные шарики, масса каждого должна быть 3,5 г, а диаметр 9,525 мм.

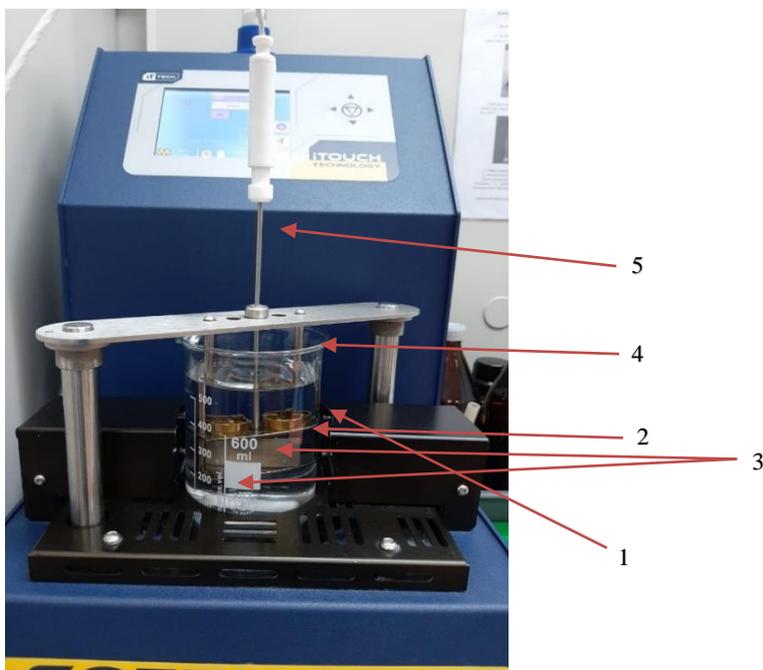


Рисунок 5 – Аппарат для определения температуры размягчения по кольцу и шару

1-стакан; 2-кольцо; 3-металлические пластинки; 4-штатив; 5-термодатчик.

Если битум содержит влагу, то его обезвоживают нагреванием на плите до температуры, значение которой на 80-100°C выше предполагаемой температуры размягчения. Но данная температура должна находиться в пределах от 120 до 180°C. Далее битум пропускают через сито и осуществляют удаление всех образовавшихся пузырьков битума путем равномерного перемешивания.

Далее битум заливают в два кольца с избытков. Предварительно основания колец смазывают смесью талька и глицерина в соотношении (1:3). Если при заполнении образовались пузыри воздуха, то следует их удалить путем поднесения открытого огня к поверхности битума.

Далее производится охлаждение битума на открытом воздухе при комнатной температуре в течение 30 минут. Затем предварительно раскаленным ножом производят удаления избытка битума с поверхности колец.

Затем кольца с битумом помещают на верхнюю пластинку штатива. Термодатчик служит для наблюдения температуры теплоносителя, которая должна быть (5 ± 1) °C. Уровень теплоносителя в стакане над поверхностью битума должен составлять не менее 5 см. Таким образом проводят термостатирование в течение 15 минут.

По истечению заданного времени на поверхность битума пинцетом кладут металлические шарики, температура которых должна быть такая же, как и у теплоносителя. Производят равномерный нагрев стакана со всей конструкцией. В первые 3 минуты подогрева скорость увеличения температуры должна соответствовать $(5 + 0,5)$ °C в минуту.

В роли теплоносителя могут быть дистиллированная вода, глицерин или их смесь в соотношении 1:2. Все зависит от значения температуры размягчения. Если она меньше 80°C, то теплоноситель вода; если в интервале 80-100°C, то смесь; если выше 110°C, то только глицерин.

За результат испытания принимается среднеарифметическое двух параллельных испытаний.

2.4 Методики определения температуры хрупкости

Суть проведения испытания заключалась в определении наименьшей отрицательной температуры, при которой битум, находящийся на металлической пластинке, не имеет механических повреждений при периодическом уменьшении температуры на градус Цельсия. [35].

Для определения данного показателя использовался аппарат Фрааса ВРА-5 (рисунок 6), в состав которого входят:

- устройство для сгибания пластинки, которое состоит из двух концентрических трубок и теплоизоляционного материала. Нижние концы трубок имеют захват, в которую будет помещаться пластинка с битумом.
- стальные пластинки, длина и ширина которых $41 \pm 0,05$ мм и $20 \pm 0,2$ мм соответственно;
- пробирка стеклянная диаметром 37 ± 1 мм, высотой около 210 мм;
- устройство для охлаждения, состоящее из несеребрянного сосуда Дьюара, снабженного резиновой пробкой с прорезями для пробирки с изгибающим устройством.



Рисунок 6 – Аппарат Фрааса

Если битум содержит влагу, то его обезвоживают путем нагрева до температуры, которая на 80-100°С выше предполагаемой температуры размягчения. Но данная температура должна находиться в пределах от 120 до 180°С. Далее битум пропускают через сито и осуществляют удаление всех образовавшихся пузырьков битума путем равномерного перемешивания.

Перед проведением испытания пластинку промывают с помощью толуола, высушивают на воздухе и взвешивают с погрешностью $\pm 0,01$ г. Далее на пластинку наносят битум, масса которого должна быть $0,40 \pm 0,01$ г.

Затем необходимо равномерно распределить битум по всей поверхности пластинки. Для этого пластину с навеской битума переносят на специальное устройство для расплавления битума. Время расплавления битума составляет около 5-10 минут. После равномерного распределения битума по поверхности пластинки ему дают остыть при комнатной температуре в течение 30 минут. Предварительно защитить пластину с битумом от попадания пыли.

В захваты устройства для сгибания (при расстоянии между пазами захватов $40,0 + 0,1$ мм) вставляют пластинку так, чтобы битумный слой был расположен наружу. При этом надо избегать образования трещин в битумном покрытии при сгибании пластинки. Если покрытие треснуло, то в устройство для сгибания помещают пластинку с другим покрытием.

После установки пластинки с битумом в захваты устройства для сгибания, все помещают внутрь аппарата. Вводят значение предполагаемой температуры хрупкости испытуемого образца и начинают проведения испытания.

2.5 Методика определения пенетрации

Сущность метода заключается в измерении глубины, на которую погружаются игла пенетromетра в испытуемый образец битума при заданной нагрузке, температуре и времени [36].

Эксперименты проводились на аппарате Anton Paar PNR-12 (рисунок 7).

В состав пенетрометра входят:

- Чашка из металла с плоским дном, диаметр которой составляет 55 ± 1 мм, а высота 35 ± 2 мм;
- Баня объемом 10 дм³;
- Игла по ГОСТ 1440;
- Термометр с ценой деления шкалы 0.1 °С



Рисунок 7 – Аппарат для определения глубины проникания иглы

Битум заливают в пенетрационную чашку так, чтобы уровень битума находился на 5 мм ниже верхнего края чашки. Если при наливании битума образовались пузырьки воздуха, то производят их удаление путем медленного нагревания чашки.

Затем чашку охлаждают при комнатной температуре, защищая битум от попадания пыли. Охлаждение ведут в течение 1-1,5 часа. Затем чашки с битумом помещают в баню для термостатирования при заданной температуре испытания. Время выдерживания чашек в бане составляет 1-1,5 часа.

Далее вставляют иглу пенетрометра в аппарат. Ручным или автоматическим способом подводят острие иглы к поверхности раздела фаз битум:вода. Важно, чтобы игла чуть касалась битума, но не оставляла никаких следов на битуме.

Доводят кремальеру аппарата до верхней площадки плунжера, несущего иглу, и устанавливают стрелку на нуль или отмечают ее положение, после чего одновременно включают секундомер и нажимают кнопку пенетрометра, давая игле свободно входить в испытуемый образец в течение 5 с, по истечении которых отпускают кнопку. После этого доводят кремальеру вновь до верхней площадки плунжера с иглой и отмечают показание пенетрометра.

За конечный результат испытания принимают показания пенетрометра в количестве 3 раз, проведенных с одной чашкой битума

2.6 Методика определения растяжимости

Сущность метода заключается в определении максимальной длины, на которую может растянуться без разрыва битум, залитый в специальную форму, раздвигаемую с постоянной скоростью при заданной температуре. [37]

При определении растяжимости битума применяются: дуктилометр (рисунок 8), который представляет собой ящик длиной 1 м. Внутри имеются салазки в количестве 3 штук, которые приводятся в движение от мотора. Скорость салазок должна быть 5 см/мин; формы латунные для битума — «восьмерки» (рисунок 9);



Рисунок 8 - Дуктилометр

Если битум содержит влагу, то его обезвоживают путем нагрева до температуры, которая на 80-100°C выше предполагаемой температуры размягчения. Но данная температура должна находиться в пределах от 120 до 180°C. Далее битум пропускают через сито и осуществляют удаление всех образовавшихся пузырьков битума путем равномерного перемешивания.

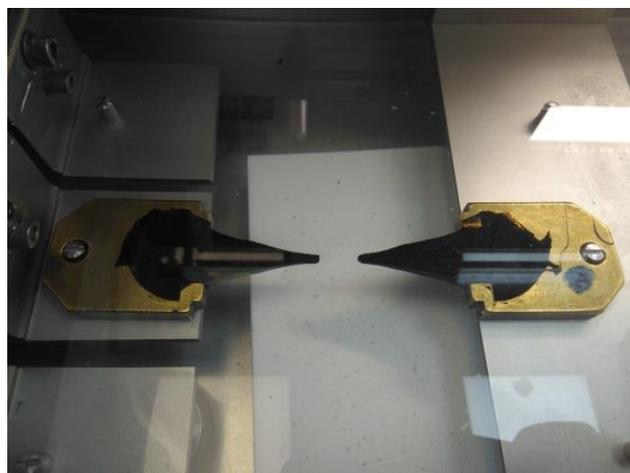
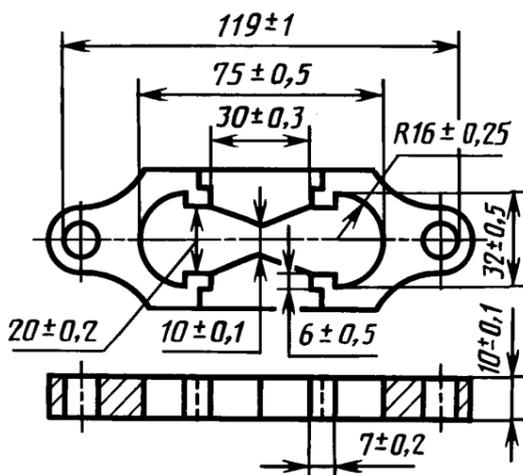


Рисунок 9 – Восьмерки

Полированную металлическую или стеклянную пластинку и внутренние боковые стенки вкладышей «восьмерки» покрывают смесью талька с глицерином (1:3) или смесью декстрина с глицерином (1:2). Допускается боковые стенки вкладышей покрывать папиросной бумагой. Затем собирают форму на пластинке.

Подготовленный битум расплавляют и наливают в три формы тонкой струей от одного конца формы до другого, пока она не наполнится выше краев. Залитый в форму битум оставляют охлаждаться на воздухе в течение 30—40 мин при комнатной температуре, но не ниже 18 °С, а затем гладко срезают излишек битума горячим острым ножом от середины к краям так, чтобы битум заполнял формы вровень с их краями.

Формы с битумом, не снимая с пластинки, помещают в водяную ванну, объем воды в которой должен быть не менее 10 дм³ (можно в ванну дуктилометра). Высота слоя воды над битумом должна быть не менее 25 мм; в ванне поддерживают температуру испытания, добавляя горячую или холодную воду или лед.

По истечении 1 ч формы с битумом вынимают из воды, снимают с пластинки и закрепляют в дуктилометре, для чего кольца зажимов формы надевают на штифты, находящиеся на салазках и на стойке дуктилометра. После этого отнимают боковые части форм. Если образцы выдерживались не в дуктилометре, а в другой ванне, то прежде чем переносить их в дуктилометр, его также наполняют водой, имеющей температуру испытания, в таком количестве, чтобы вода покрывала штифты не менее чем на 25 мм. Скорость растяжения должна составлять 5 см/мин.

Если при проведении испытания нить битума касается дна дуктилометра или наоборот всплывает на поверхность, то нужно отрегулировать плотность воды. Чтобы увеличить плотность, добавляют поваренную соль, а для уменьшения – этиловый спирт.

2.7 Результаты испытаний и их анализ

Полученные результаты испытаний представлены в таблицах 5.

Таблица 5 - Результаты экспериментов с добавлением 5% марки полипропилена.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Проблемы эффективного ресурсопотребления и ресурсосбережения в нефтяных компаниях всегда являются достаточно актуальными. Технологические процессы в отрасли подготовки и переработки нефти, а также нефтехимии сопровождаются потреблением топливно-энергетических ресурсов. Таким образом, формирование и реализация стратегии ресурсосбережения на всех уровнях управления является один из важнейших вопросов стратегического менеджмента, поскольку ресурсоемкость является второстепенными показателями продукции, в то время как ключевым показателем является ее качество.

В настоящее время перспективность научного исследования определяется коммерческой ценностью разработки, что является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

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

3.1 Предпроектный анализ

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевым рынком результатов исследования процесса модификации битума полимерами являются нефтеперерабатывающие предприятия. Проведем сегментирование рынка по приведенным ниже признакам и составим карту сегментирования:

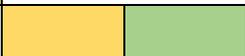
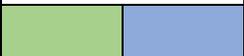
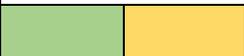
		Глубина переработки нефти, %			
		60-70	70-80	80-90	Выше 90
Размер компании	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				

Рисунок 22 – Карта сегментирования рынка переработки нефти

Фирма А Фирма Б Фирма В



На рисунке 22 показано, какие ниши на рынке услуг по модификации битумов полимерами не заняты конкурентами или где уровень конкуренции низок. Как правило, выбирают сегменты со сходными характеристиками, которые будут формировать целевой рынок.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

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

В данном научном исследовании осуществляется разработка модификации битума полимерами, необходимой для улучшения физико-химических показателей битума и асфальтобетонной смеси в целом. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, пример которой приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Простота технологии производства	0,16	4	3	3	0,64	0,48	0,48
Применение побочного продукта полипропиленового производства	0,20	4	2	3	0,80	0,20	0,60
Повышение производительности переработки нефти	0,11	3	3	4	0,33	0,33	0,44
Надежность покрытий	0,15	3	4	4	0,45	0,60	0,60
Экономические критерии оценки эффективности							
Цена	0,13	4	2	2	0,52	0,26	0,26
Предполагаемый срок эксплуатации	0,25	4	3	3	1,00	0,75	0,75
Итого	1	22	17	19	3,74	2,62	3,13

Критерии оценки подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации. Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Основываясь на проведенном анализе конкурентов, можно сказать, что проект превосходит конкурентные исследования, что связано с ценой разрабатываемого проекта, и простотой его эксплуатации.

3.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны),

Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта (таблица 8). SWOT - анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Анализ проводится в 3 этапа.

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

Таблица 8 – Матрица SWOT – анализа

<p>Сильные стороны С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии; С2. Экологичность технологии; С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями; С4. Адекватность разработки.</p>	<p>Слабые стороны Сл1. Большой срок внедрения на производство; Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой; Сл3. Подходит только для определенного типа сырья; Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.</p>
<p>Возможности В1. Повсеместное внедрение разработки на НПЗ; В2. Возможность экономии материальных ресурсов за счет использования более дешевого полимера; В3. Перспективы увеличения срока службы асфальтобетонных покрытий; В4. Улучшение качества переработки нефти.</p>	<p>Угрозы У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства; У2. Развитая конкуренция технологий производства; У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции; У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.</p>

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 9. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных 53 сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 9 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны					
		С1	С2	С3	С4
Возможности	В1	+	+	+	+
	В2	+	+	+	0
	В3	+	+	+	0
	В4	+	0	0	+
Слабые стороны					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Возможности	В1	0	-	-	-
	В2	0	+	+	-
	В3	+	+	+	-
	В4	+	+	-	+
Сильные стороны					
		С1	С2	С3	С4
Угрозы	У1	+	+	+	+
	У2	+	+	+	+
	У3	+	+	+	+
	У4	0	0	+	+
Слабые стороны					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Угрозы	У1	+	+	-	-
	У2	-	-	0	+
	У3	-	-	-	-
	У4	-	0	0	-

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 10)

Таблица 10 - SWOT-анализ проекта

	Сильные стороны	Слабые стороны
	<p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии;</p> <p>С2. Экологичность технологии;</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями;</p> <p>С4. Адекватность разработки.</p>	<p>Сл1. Большой срок внедрения на производство;</p> <p>Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой;</p> <p>Сл3. Подходит только для определенного типа сырья;</p> <p>Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.</p>

Продолжение таблицы 10

<p>Возможности В1. Повсеместное внедрение разработки на НПЗ; В2. Возможность экономии материальных ресурсов за счет использования более дешевого полимера; В3. Перспективы увеличения срока службы асфальтобетонных покрытий; В4. Улучшение качества переработки нефти.</p>	<p>В связи с увеличением производства полимеров, их вовлеченности в жизнь человека, у данной научной разработки есть шансы выйти на российский рынок. Есть необходимость заинтересовать инвесторов, чтобы данная разработка нашла практическое применение в нефте-и газоперерабатывающей отрасли.</p>	<p>Несмотря на достоинства разработки и на наличие возможностей ее реализации, она не развита на рынке из-за отсутствия промышленных установок на территории России. Инновационная инфраструктура ТПУ может оказать помощь в финансировании проекта.</p>
<p>Угрозы У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства; У2. Развитая конкуренция технологий производства; У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции; У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.</p>	<p>1.Продвижение программы с целью увеличения финансирования. 2.Дальнейшее развитие и усовершенствование данной разработки. 3.Создание конкурентных преимуществ.</p>	<p>Слабые работы стороны проекта - это развитие конкуренции. Высока вероятность использования и внедрения других способов модификации, использующихся за рубежом, так как они будут иметь более высокую производительность.</p>

По результатам SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны проекта, а также угрозы и возможности. Так же было выявлено то, как можно компенсировать слабые стороны проекта за счет его возможностей и нейтрализовать угрозы с помощью сильных сторон проекта. Результаты SWOT - анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

3.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На любой стадии жизненного цикла научной разработки полезно оценивать степень ее готовности к коммерциализации и уровень собственных

знаний для ее проведения. В таблице 11 отразим показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта.

Таблица 11 - Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации	4	4
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	3
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	3
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	4
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	3
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	3
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	4	4
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	3
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	4
15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	3
	ИТОГО БАЛЛОВ	55	50

При проведении анализа по таблице по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика)

определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где: $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Из таблицы 4 видно, что оценка готовности научного проекта к коммерциализации является выше среднего. Проект достаточно проработан и готов к коммерциализации при проработке его слабых сторон.

3.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Для коммерциализации результатов, проведенного исследования оптимальным методом является торговля патентными лицензиями, т.е. передача третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе.

3.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы.

3.2.1 Цели и результаты проекта

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут

взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта. Информацию по заинтересованным сторонам проекта представим в таблице 12.

Таблица 12 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Научное объединение (институт, университет)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Освоение принципиально новой области исследования. 2. Развитие взаимоотношений с представителями нефтеперерабатывающей отрасли с целью разработки совместного научного проекта. 3. Продвижение проекта на целевой рынок 4. Выпуск квалифицированного специалиста
Представители нефтеперерабатывающей отрасли (компании, заводы)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Применение научного проекта с целью оптимизации, энерго- и ресурсосбережения действующего производства. 2. Усовершенствование технологии создания асфальтобетонной смеси с целью увеличения продолжительности эксплуатации дорожных покрытий

В таблице 13 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения целей.

Таблица 13 – Цели и критерии достижения целей.

Цели проекта:	Модификация битума полимерами (в частности, атактический полипропиленом, который является побочным продуктом полипропиленового производства).
Ожидаемые результаты проекта:	Увеличение времени эксплуатации асфальтобетонных дорожных покрытий.
Критерии приемки результата проекта:	Получение адекватных параметров относительно действующего промышленного процесса.
Требования к результату проекта:	Требование:
	Физико-химические показатели модифицированных битумов должны соответствовать ГОСТ 22245-90.
	Возможность внедрения методики на крупные НПЗ.
	Рациональное применение побочного продукта полипропиленового производства.

Продолжение таблицы 13

	Рецептура асфальтобетонных смесей остается неизменной.
	Условия и процесс укладки дорожных покрытий остаются неизменными.
Требования к результату проекта:	Увеличение времени эксплуатации асфальтобетонных дорожных покрытий минимум на 5 лет.
	Использование асфальтобетонных смесей на основе модифицированных битумов на дорожных покрытиях различных климатических зонах РФ.

3.2.2 Организационная структура проекта

На данном этапе работы решены следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Информация представлена в табличной форме (таблица 14).

Таблица 14 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Бешагина Евгения Владимировна, НИ ТПУ, ИШПР, ОХИ, Доцент	Руководитель проекта	1. Контроль выполнения задачи, текущего статуса проекта; 2. Регулярный анализ хода проекта.	1000
2	Марченко Маргарита Евгеньевна, НИ ТПУ, ИШПР, ОХИ, Магистрант	Исполнитель по проекту	1. Выполнение работ по проекту; 2. Проведение расчетов и анализ результатов проекта; 3. Формирование отчетов по проделанной работе	1500
ИТОГО:				2500

3.2.3 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут

реализованных в рамках данного проекта. Информация представлена в табличной форме (таблица 15).

Таблица 15 – Ограничения и допущения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	1251969,4
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.09.2022-31.05.2023
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	15.09.2022
3.2.2. Дата завершения проекта	31.05.2023

3.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

3.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рисунок 23).



Рисунок 23 – Иерархическая структура работ

3.3.2 Контрольные события проекта

Контрольными событиями проекта являются ключевые моменты проекта, которым необходимо уделить особое внимание. В данном разделе определены эти самые контрольные события проекта, их даты и результаты. Информация представлена в таблице 16.

Таблица 16 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат
1	Определение темы и конкретное цели проекта	15.09.2022	Выполнено
2	Поставка необходимых материалов	20.11.2022	Выполнено
3	Окончание проведения экспериментальной части	20.03.2023	Выполнено
4	Анализ полученных результатов	15.04.2023	Выполнено

3.3.3 План проекта

В рамках планирования научного проекта построены календарный график проекта (таблица 17).

Таблица 17– Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Утверждение темы магистерской диссертации	7	08.09.2022	15.09.2022	Бешагина Е.В.
Согласование плана работ	7	15.09.2022	22.09.2022	Бешагина Е.В. Марченко М.Е.
Литературный обзор	60	22.09.2022	22.11.2022	Марченко М.Е.
Экспериментальная часть	121	22.11.2022	23.03.2023	Марченко М.Е.
Анализ полученных результатов	20	23.03.2023	12.04.2023	Бешагина Е.В. Марченко М.Е.
Оформление отчета	30	12.04.2023	12.05.2023	Бешагина Е.В. Марченко М.Е.
Разработка презентации и раздаточного материала	19	12.05.2023	31.05.2023	Марченко М.Е.
ИТОГО	264			

На основании таблицы 10 составляем календарный план-график, который наглядно показывает продолжительность работы исполнителей. План-график представлен в таблице А1 (приложение А).

3.3.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям:

- сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты;
- специальное оборудование;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов). В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме (таблица 18).

Таблица 18 - Расчет бюджета затрат на приобретение сырья и материалов для научных работ

№ п/п	Наименование материала	Единица измерения	Необходимое количество	Цена за единицу измерения, руб	Общая стоимость, руб
1	Толуол	литр	36	270	9720
2	Этиловый спирт	литр	40	60	2400
3	Полипропилен марки 1	кг	1	25	25
4	Полипропилен марки 2	кг	1	36	36
5	Полипропилен марки 3	кг	1	27	27
6	Полипропилен марки 4	кг	1	30	30

Продолжение таблицы 18

№ п/п	Наименование материала	Единица измерения	Необходимое количество	Цена за единицу измерения, руб	Общая стоимость, руб
7	Полипропилен марки 5	кг	1	41	41
Всего за материалы					12 279
Транспортно-заготовительные расходы (3–5%)					614
Итого					12 893

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ. В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме работы (таблица 19).

Таблица 19 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Компьютер	1	60 000,0	60 000,0
2	Программное обеспечение MicrosoftOffice	1	5 990,0	5 990,0
3	Аппарат для определения температуры размягчения по кольцу и шару	1	4 000 000,0	4 000 000,0
4	Аппарат для определения растяжимости	1	2 500 000,0	2 565 000,0
5	Аппарат для определения пенетрации	1	3 100 000,0	3 100 000,0
6	Аппарат для определения температуры хрупкости	1	2 190 000,0	2 190 000,0
7	Термостат	2	325 000,0	650 000,0
Итого, руб.:				12 570 990,0

Основная заработная плата. В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

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

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

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

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

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

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

Расчет заработной платы научно – производственного и прочего персонала проекта проводили с учетом работы 2-х человек – научного руководителя и исполнителя. Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 20.

Таблица 20 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	44	48
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	28
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	275

Месячный должностной оклад работника:

$$З_м = З_б \cdot (k_{пр} + k_д) \cdot k_р,$$

где $З_б$ – базовый оклад, руб.;

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

$k_д$ – коэффициент доплат и надбавок;

$k_р$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

При расчете заработной платы научно-производственного и прочего персонала проекта учитывались месячные должностные оклады работников, которые рассчитывались по формуле:

$$З_м = З_б \cdot K_р,$$

где $З_б$ – базовый оклад, руб.;

$K_р$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_б$, руб.	$k_{пр}$	$k_д$	$k_р$	$З_м$, руб.	$З_{дн}$, руб.	$T_р$, раб. дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель	39200	1	0,02	1,3	51979,2	2153,72	45	96917,4
Инженер	26200	–	–	1,3	34060	1387,17	176	244141,92
Итого								341059,32

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала. В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$З_{доп} = З_{осн} \cdot k_{доп},$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 22 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 22 – Заработная плата исполнителей НИИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	96917,4	244141,92
Дополнительная зарплата	9691,74	24414,19
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	106609,14	268556,1
Итого	375165,25	

Отчисления на социальные нужды. Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды:

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

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчисления на уплату во внебюджетные фонды.

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. Отчисления на социальные нужды составляют:

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (539135,1 + 40040,4) = 173752,65 \text{ рублей}$$

Накладные расходы. В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70–90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы составляют 80–100% от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно

участвующих в выполнение темы. Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot (539135,1 + 40040,4) = 463340,4$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов принят 0,8.

Таким образом, затраты проекта составляет 13596141,30, которые приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Затраты научно-исследовательской работы

№ п/п	Вид исследования	Затраты по статье
1	Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	12 893,00
2	Специальное оборудование для научных работ	12 570 990,00
3	Основная заработная плата	341059,32
4	Дополнительная заработная плата	34105,93
5	Отчисления на социальные нужды	173752,65
6	Научные и производственные командировки	0
7	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями	0
8	Прочие прямые расходы	0
9	Накладные расходы	463340,40
ИТОГО		13596141,30

3.3.5 Организационная структура проекта

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура проекта представлена на рисунке 24.



Рисунок 24 – Проектная структура проекта

3.3.6 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 24).

Таблица 23 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
	Статус проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (понедельник)
	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководителю	Ежемесячно (конец месяца)
	Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководителю	Не позже сроков графиков и к. точек
	О выполнении контрольной точки	Исполнитель	Руководителю	Не позже дня контрольного события по плану управления

3.3.7 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информация по возможным рискам сведена в таблицу 24.

Таблица 24 – Реестр рисков.

№ п/п	Риск	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Неточность метода испытания	2	5	Низкий	Внешний и внутренние анализы	Низкая точность метода анализа
2	Погрешность расчетов	3	5	Средний	Пересчет, проверка	Невнимательность
3	Отсутствие интереса к результатам исследования	2	5	Низкий	Привлечение предприятий, публикация результатов	Отсутствие результатов исследования

3.4 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска.

Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т. е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{ont}}{(1+i)^t} - I_0$$

где ЧДП_{ont} – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t= 0, 1, 2 \dots n$)

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если $NPV > 0$, то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 25.

При расчете рентабельность проекта составляла 50 %. Норма амортизации - 10 %.

Таблица 25 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	1877954,1	1877954,1	1877954,1	1877954,1
2	Итого приток, руб.	0	1877954,1	1877954,1	1877954,1	1877954,1
3	Инвестиционные издержки, руб.	- 1251969,4	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб.	0	438189,3	438189,3	438189,3	438189,3
5	Налогооблагаемая прибыль, руб.	0	1439764,8	1439764,8	1439764,8	1439764,8
6	Налоги 20 %, руб.	0	287953	287953	287953	287953
7	Чистая прибыль, руб.	0	1151811,8	1151811,8	1151811,8	1151811,8
8	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.	- 1251969,4	1277008,7	1277008,7	1277008,7	1277008,7
9	Коэффициент дисконтирования при $i=20\%$ (КД)	1	0,833	0,694	0,578	0,482
10	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.	- 1251969,4	1063748,3	886244	738111	615518
11	$\sum ЧДД$	3303621,3 руб.				
12	Итого NPV, руб.	2051651,9 руб.				

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где: i – ставка дисконтирования, 20 %;

t – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 2051651,9 рублей, что позволяет судить об его эффективности.

Индекс доходности (PI) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить

инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0 > 1$$

где: ЧДД - чистый денежный поток, руб.;

I_0 – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{3303621,3}{1251969,4} = 2,64$$

Так как $PI > 1$, то проект является эффективным.

Внутренняя ставка доходности (IRR). Значение ставки, при которой обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или =0. По разности между IRR и ставкой дисконтирования i можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования i , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена на рисунке 24 и в таблице А2 (приложение А).

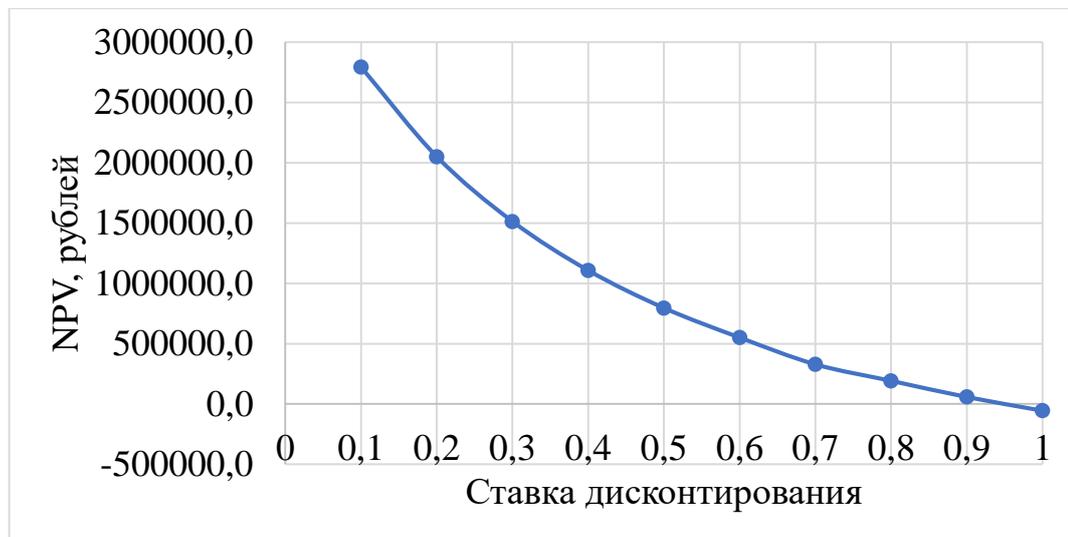


Рисунок 24 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,95.

$IRR > i$, проект эффективен.

Запас экономической прочности проекта: $95\% - 20\% = 75\%$

Дисконтированный срок окупаемости. Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 26).

Таблица 26 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ($i = 0,20$), руб.	-1251969,4	1063748,3	886244	738111	615518
2	То же нарастающим итогом, руб.	-1251969,4	-188221,1	698022,9	1436133,9	2051651,9
3	Дисконтированный срок окупаемости	$DPP_{диск} = 1 + (188221,1 / 886244) = 1,2$ года				

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (таблица 27).

Таблица 27 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Проведение дорогостоящих и опасных опытных пробегов на действующих установках	Проведение испытаний в лабораторных условиях
Ненормированный расход полимера	Подбор оптимального расхода полимера

3.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

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

Интегральный 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 определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

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

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

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

При расчетах получаем:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}p} = \frac{1251969,4}{11300979,4} = 0,11$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}A1} = \frac{11300979,4}{11300979,4} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.А2}} = \frac{2300979,4}{11300979,4} = 0,2$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

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

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (таблице 28).

$$I_m^p = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,25 = 4,7$$

$$I_1^A = 5 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 = 3,9$$

$$I_2^A = 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,25 = 4,$$

Таблица 28 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО / Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Высокая степень чувствительности изменению технологических параметров	0,25	5	5	4
2. Удобство интерфейса программы	0,20	5	3	3
3. Простота эксплуатации	0,15	4	4	4
4. Защита данных	0,15	4	3	4
5. Набор функциональных операций	0,25	5	4	5
Итого	1	23	19	20

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

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p} = \frac{4,7}{0,11} = 42,73$$

$$I_{финр}^{a.1} = \frac{I_m^a}{I_\phi^a} = \frac{3,9}{1} = 3,9$$

$$I_{финр}^{a.2} = \frac{I_m^a}{I_\phi^a} = \frac{4,1}{0,2} = 20,5$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a}$$

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

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

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

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 29.

Таблица 29 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,11	1	0,2
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	3,9	4,1
3	Интегральный показатель эффективности	42,73	3,9	20,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	2,08	0,09	0,5

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что разработанный вариант проведения проекта является

наиболее эффективным при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента определена чистая текущая стоимость, (NPV), равная 2051651,9 руб.; индекс доходности $PI=2,64$, внутренняя ставка доходности $IRR=95\%$, срок окупаемости $PP_{дск}=1,2$ года.

Таким образом мы имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и коротким сроком окупаемости.

4 Социальная ответственность

Нефтехимическая промышленность представляет собой потенциальную опасность для человека, задействованного на данном производстве. Работникам этой сферы приходится соприкасаться с теми или иными токсичными, отравляющими, пожаро- и взрывоопасными веществами, которые могут негативно воздействовать как на здоровье самого человека, так и на его биологическое потомство.

Объектом исследования являются модифицированные битумы. Сырьем является битум, производимый на участке первичной переработки нефти и получения битума нефтегазодобывающего управления «Талаканнефть» публичного акционерного общества «Сургутнефтегаз» (далее УППНиПБ НГДУ «ТН» ПАО «СНГ»). Экспериментальная часть выполнялась в производственно-исследовательской лаборатории (далее ПИЛ) данного предприятия. Рабочая зона представляет собой комнату анализа темных нефтепродуктов. Помещение оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией, системами отопления, кондиционирования воздуха и вытяжными шкафами в количестве 6 штук, в которых располагалось все необходимое испытательное и вспомогательное оборудование. Освещение рабочего места комбинированное – сочетание естественного света и искусственного.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

По результатам проведения специальной оценки условий труда устанавливаются классы (подклассы) условий труда. Сотрудники ПИЛ УППНиПБ относятся к 2 классу условий труда в соответствии со статьей 14 Федерального закона РФ «О специальной оценке условий труда» [38].

ПИЛ УППНиПБ расположено на Талканском нефтегазоконденсатном месторождении Республики Саха (Якутия). Согласно постановлению

правительства РФ от 16 ноября 2021 года №1946 [39] данная местность является районом крайнего севера согласно. Районный коэффициент составляет 1,70. Согласно ТК РФ [40] и ФЗ РФ «О специальной оценки условий труда» сотрудникам лаборатории положено:

1. Согласно статьям 315, 316 и 317 ТК РФ лицам, работающим в районах Крайнего Севера, выплачивается заработная плата с учетом районных коэффициентов и процентных надбавок за стаж работы в данной местности.

2. Согласно статьям 323, 213 ТК РФ и внутренних нормативных документов ПАО «СНГ» работники проходят предварительный (при поступлении) и периодические медицинские осмотры для определения пригодности этих работников для выполнения поручаемой работы и предупреждения профессиональных заболеваний.

3. Согласно статье 321 ТК РФ кроме установленных законодательством ежегодных основных оплачиваемых отпусков и дополнительных оплачиваемых отпусков, лицам, работающим в районах Крайнего Севера, представляются дополнительные оплачиваемые отпуска продолжительностью 24 календарных дня.

4. Обеспечение работников средствами индивидуальной и коллективной защиты, согласно статье 221 ТК РФ и внутренних нормативных документов ПАО «СНГ».

Межотраслевые правила наряду со статьей 212 ТК РФ «Обязанности работодателя по обеспечению безопасности условий и охраны труда» устанавливают для работодателя ряд обязанностей по созданию безопасных условий труда работников. Сотрудники ПИЛ УППНиПБ допускаются к работе только в спецодежде и средствах индивидуальной защиты. На рабочем месте должны быть запасы сырья и материалов, не превышающие сменную потребность. Необходимо знать специфические свойства применяемых веществ и соблюдать установленные правила работы с ними. Все эксплуатируемые электроустановки должны соответствовать требованиям «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей», и

других нормативных документов. Эксплуатация электрооборудования не допускается без заземления. Помещения производственно-исследовательской лаборатории обеспечиваются первичными средствами пожаротушения согласно действующим нормам. Весь персонал обязан уметь пользоваться средствами пожаротушения и оказывать первую помощь при несчастном случае. Не допускается загромождения рабочих мест, проходов, выходов из помещений и здания, доступа к противопожарному оборудованию.

4.2 Производственная безопасность

Производственная безопасность представляет собой систему организационных мероприятий и технических средств, уменьшающих вероятность воздействия на персонал опасных производственных факторов, вредных воздействий технологических процессов, энергии, средств, предметов, условий и режимов труда до приемлемого уровня. Необходимо выявить вредные и опасные производственные факторы, которые могут возникать при разработке и эксплуатации математической модели сернокислотного алкилирования изобутана бутиленом. Выбор факторов производится с использованием ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [41]. Выявленные факторы перечислены в таблице 30.

Таблица 30 – Возможные опасные и вредные факторы

Наименование фактора	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 1.2.3685–21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"

Продолжение таблицы 30

Наименование фактора	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Повышенный уровень шума		+	+	ГОСТ 12.4.011–89 (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение
Электрический ток	+	+	+	ГОСТ 12.1.038–82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность.
Повышенная концентрация веществ в воздухе рабочей зоны		+	+	ГН 2.2.5.3532–18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
Высокая температура материальных объектов производственной среды		+	+	ГОСТ 12.2.003–91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

4.2.1 Отклонение показателей микроклимата

К метеорологическим факторам, влияющим на человека, относятся температура, влажность, скорость движения воздуха. Данные факторы при длительном воздействии оказывают влияние на психологическое и физическое состояние человека.

В производственных помещениях, в которых велась работа, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ Па в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочем месте для помещений данных категорий приведены в таблице 31.

Таблица 31 – Допустимые характеристики микроклимата [42]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Па (175-232)	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75	0,1
Теплый	Па (175-232)	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75	0,1

С целью защиты сотрудника от воздействия данного вредного фактора предусмотрены системы вентиляции и обогрева помещения. Также установлены нормы проветривания рабочего места.

4.2.2 Повышенный уровень шума

Повышенный уровень шума связан с работой испытательного и вспомогательного оборудования, общее количество которых составляет 8 шт. В соответствии [43] уровень шума на рабочем месте лаборанта не должны превышать значений 50 дБ.

Человек, работающий в условиях длительного шумового воздействия, испытывает раздражительность, головную боль, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость. Все это может привести не только к неправильному выполнению лабораторных испытаний, но и негативным воздействиям на здоровье сотрудника.

Наиболее эффективным средством снижения шума является замена шумных технологических операций. Однако этот путь борьбы с шумом не всегда возможен, поэтому большое значение имеет снижение шума в источнике. Путем совершенствования конструкции или схемы той части оборудования, которая производит шум, использования в конструкции материалов с пониженными акустическими свойствами, оборудования на источнике шума дополнительного звукоизолирующего устройства или

ограждения, расположенного по возможности ближе к источнику.

Если невозможно уменьшить шум, действующий на работников, до допустимых уровней, то необходимо использовать средства индивидуальной защиты - противошумные вкладыши из ультратонкого волокна “Беруши” одноразового использования, а также противошумные вкладыши многократного использования (эбонитовые, резиновые, из пенопласта) в форме конуса, грибка, лепестка.

4.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Данный вредный фактор возникает при неправильном комбинировании света в рабочем помещении. Недостаточная освещенность рабочей зоны оказывает негативное воздействие на зрительную систему.

Согласно [44] в химических лабораториях организовано естественное освещение через светопроемы, обеспечивающее коэффициенты естественной освещенности (КЕО) не ниже 1.5%. Искусственное освещение представлено комбинированной системой. Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

4.2.3.1 Расчет искусственного освещения

Испытания проводились в комнате анализа темных нефтепродуктов ПИЛ УППНиПБ. Помещение имеет длину 10 м, ширину 9 м, высоту 3 м. Высота рабочей поверхности 0,8 м. Требуется создать освещение не менее 500 лк.

Коэффициент отражения стен $R_c=50\%$ с окнами без штор, коэффициент отражения $R_{\text{п}}=70\%$. Коэффициент запаса для помещения с малым выделением

пыли $k=1,5$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп берется $E=1,1$ [45].

Для расчетов выбираем светильники типа ОД, $\lambda=1,4$.

Свес светильников принимаем $h_c=0,1$ м, исходя из этого определяем расчетную высоту:

$$h = H - h_c - h_{\text{рп}} = 4 - 0,1 - 0,8 = 3,1 \text{ м}$$

Расстояние L между светильниками будет равно:

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 3,1 = 4,34 \text{ м}$$

Расстояние от крайнего ряда светильников до стены:

$$L_2 = \frac{L}{3} = \frac{4,34}{3} = 1,45 \text{ м}$$

Количество рядов светильников, с люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{(B - \frac{2}{3} \cdot L_2)}{L_2} + 1 = \frac{(9 - \frac{2}{3} \cdot 1,45)}{1,45} + 1 = 6,54 \approx 7$$

Количество светильников с люминесцентными лампами:

$$n_{\text{св}} = \frac{(A - \frac{2}{3} \cdot L_2)}{l_{\text{св}} + 0,5} = \frac{(10 - \frac{2}{3} \cdot 1,45)}{1,23 + 0,5} = 5$$

Светильники размещаем в 7 рядов. В каждом ряду установим по 5 светильников типа ОД мощностью 40 Вт. Длина каждого светильника составляет 1,23 м, разрыв между светильниками в ряду 50 см. В каждом светильнике установлено по 2 лампы. Общее количество ламп в помещении составляет $N = 70$ штук.

Индекс освещения будет равен:

$$i = S / (H \cdot (A + B)) = (10 \cdot 9) / (4 \cdot (10 + 9)) = 1,2$$

Коэффициент использования светового потока исходя из табличных данных будет равен:

$$\eta = 0,47$$

Определим световой поток ламп:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N_l \cdot \eta} = \frac{(500 \cdot 90 \cdot 1,5 \cdot 1,1)}{70 \cdot 0,5} = 2121 \text{ лм}$$

По полученному значению выбираем стандартную лампу - ЛД 40 Вт со световым потоком 2300 лм. Делаем проверку выполнения условия:

$$- 10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\%$$

Получаем:

$$- 10\% \leq 7,8\% \leq +20\%$$

Мощность осветительной установки:

$$P = 40 \cdot 70 = 2800 \text{ Вт}$$

В ходе работы провели расчет искусственного освещения для комнаты анализа нефти ПИЛ УППНиПБ. Определили потребный световой поток $\Phi=2121$ лм и подобрали тип осветительных устройств – люминесцентные лампы ЛД 40 Вт для сети с напряжением 220 В, количество – 70 ламп.

4.2.4 Электрический ток

Поражение электрическим током возможно при повреждении изоляции применяемых персоналом электрическим прибором или устройств, если человек одновременно касается включенного в сеть поврежденного участка электрической проводки, например, питающего прибор шнура и потенциально опасных частей устройств или стоит на токопроводящем полу и касается металлической части прибора с поврежденной изоляцией и включенным в сеть.

Безопасность обслуживающего персонала и посторонних лиц должна обеспечиваться выполнением следующих мероприятий: соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей или путем закрытия; ограждения токоведущих частей; применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям; применение предупреждающей сигнализации,

надписей и плакатов, применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений; 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 [46].

4.2.5 Повышенная концентрация веществ в воздухе рабочей зоны

Концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны обусловлена работой с такими материалами как:

- Битумы (продукт переработки нефти);
- Органические растворители (толуол, нефрас, ацетон, этиловый или изопропиловый спирт);

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК), используемых при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования, вентиляции, для контроля за качеством производственной среды и профилактики неблагоприятного воздействия на здоровье работающих.

ПДК в воздухе рабочей зоны подлежит систематическому контролю для предупреждения возможности превышения предельно допустимых концентраций - максимально разовых (ПДК_{м.р.}) и среднесменных (ПДК_{с.р.}). Для веществ, используемых в данной работе, предельно допустимые концентрации приведены в таблице 32.

Таблица 32 – Предельно допустимые концентрации рабочих веществ

Наименование	ПДК _{м.р.} , мг/м ³	ПДК _{с.р.} , мг/м ³
Ацетон	800	200
Толуол	150	50
Нефрас	300	100
Этиловый спирт	2000	1000
Изопропиловый спирт	10	5
Битум	900	300

Для предотвращения профессиональных заболеваний и отравлений в лаборатории сотрудники обеспечиваются средствами коллективной и индивидуальной защиты:

- Респираторы;
- Фильтрующие маски или полумаски со сменными фильтрами;
- Противогазы;
- Приточная и вытяжная вентиляция в каждом помещении лаборатории.

Помимо всего вышеперечисленного, с сотрудниками на постоянной основе проводятся тренинги и обучения по правильному осмотру и применению СИЗ; теоретические и практические навыки отработки при выявлении несчастных случаев отравления вредными веществами.

4.2.6 Высокая температура материальных объектов производственной среды

Процесс производства битума происходит при температурах более 100 °С. Помимо этого все технологическое оборудование (теплообменники, ректификационные и окислительные колонны, технологические печи и т.д.) имеют температуры рабочих сред около 200-300 °С. Вследствие чего при отборе проб не исключена возможность ожога о данные материальные объекты.

В лабораторных условиях сотрудники так же сталкиваются с высокими температурами: при проведении испытаний анализируемый объект (битум) необходимо доводить до жидкого состояния (около 80 °С). При добавлении полипропилена и при полной гомогенизации смеси, температура исследуемого объекта может достигать до 200 °С.

Все перечисленные факторы указывают на возможность получения ожогов сотрудниками предприятия. Для предотвращения возможности получения термических ожогов различной степени сотрудниками

предприятия возможны следующие меры:

- Изоляция всех технологических аппаратов, работающих при высоких температурах;
- Специальные ограждения, знаки, таблицы, плакаты и сигнальные обозначения о рабочих температурах в различных рабочих зонах предприятия;
- Теоретические и практические отработки с персоналом об оказании первой медицинской помощи пострадавшим, если все-таки наступил несчастный случай.

4.3 Экологическая безопасность

Участок первичной переработки нефти и получения битума имеет следующие выбросы вредных веществ в атмосферу:

- выбросы от технологических печей, выбросы на свечу от реакторов дымовых газов (соединения C, N, S);
- выбросы от неплотностей оборудования, от маслосклада, от воздушника дренажной емкости, от емкостей, выбросы от вентиляции, выбросы с компрессоров и т. д. (углеводородные газы).

Производственная деятельность нефтеперерабатывающих заводов приводит к ухудшению санитарно-гигиенического и экологического состояния близлежащих к ним территорий. В результате функционирования предприятий в атмосферный воздух поступает большое количество специфических поллютантов.

Например, содержащиеся в выбросах оксиды азота, суммарное количество которых для НПЗ мощностью 10 млн тонн составляет около 10 тыс. тонн в год, способствуют усилению действия канцерогенных веществ.

В связи с тем, что нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность является достаточно водоемкой, образуются большие объемы сточных вод. В составе стоков содержатся нефтепродукты, масла, ароматические углеводороды, карбамид, аммонийный азот, сульфаты,

поверхностно-активные вещества и т.д. Недостаточная степень очистки сточных вод способствует загрязнению почвенных и водных ресурсов [47]. Попадая в окружающую среду, токсиканты претерпевают ряд сложных трансформаций, вовлекаются в круговорот.

В соответствии с Законом Российской Федерации о государственном предприятии природоохранные мероприятия должны полностью компенсировать отрицательное воздействие деятельности предприятия на экологическую обстановку [48].

Для защиты окружающей среды предусмотрены следующие мероприятия:

- технологический процесс проводится в герметичном оборудовании, поэтому неорганизованные выбросы за счёт неплотностей технологического оборудования сведены к минимуму;

- освобождение оборудования от газообразных продуктов при сбросе давления осуществляется в закрытую факельную систему через факельный сепаратор;

- для перекачки нефтепродуктов и токсичных продуктов применяются насосы с двойным торцевым уплотнением;

- дымовые газы печей удаляются через дымовую трубу, высота которой обеспечивает необходимую степень рассеивания в атмосфере в соответствии с санитарными нормами;

- для контроля нормального режима работы печи предусмотрена установка автоматических анализаторов, осуществляющих непрерывный контроль содержания кислорода в дымовых газах печи;

- сточные воды через трапы, воронки и дождеприемные колодцы по самотечному трубопроводу поступают в самотечную закрытую сеть промливневой канализации предприятия и далее совместно со сточными водами отводятся на заводские очистные сооружения;

- бытовые сточные воды отводятся по закрытой самотечной сети канализации.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – это совокупность таких обстоятельств, сопровождающихся разрушениями зданий, сооружений, материальных ценностей, поражению и гибелью людей [49]. К чрезвычайным ситуациям относятся: производственные аварии, стихийные бедствия, социальные конфликты. Наиболее распространённые чрезвычайные ситуации, которые возникают на нефтехимическом производстве - это пожары и взрывы.

Оперативная часть плана ликвидации потенциальных аварий предусматривает способы оповещения аварии (сигнализация), включение аварийной вытяжной вентиляции, пути выхода людей из опасных зон. К сигнализации безопасности относятся световые, звуковые и цветовые сигналы, знаковая сигнализация, а также различные указатели. План ликвидации аварий все сотрудники, а также работники спасательной станции и пожарной части.

В целях обеспечения надежности и безопасности работы предусматривается ряд мероприятий, обеспечивающих безопасное ведение технологического процесса:

- герметичность арматуры оборудования и трубопроводов;
- автоматический контроль технологического процесса со щита в операторной;
- закрытая система сбросов на факел и дренирования подтоварной воды, что позволяет предотвратить загазованность участка, тем самым уменьшить вероятность пожара и взрыва;
- система аварийного освобождения аппаратов и трубопроводов, а также освобождение их от продуктов перед ремонтом;
- оснащение процесса средствами противоаварийной защиты, предупреждающими об отклонениях от норм технологического режима, исключаями возможность выбросов продуктов через предохранительные клапаны;

- система продувки инертным газом и паром аппаратов и трубопроводов перед ремонтом и пуском в работу;
- к оборудованию, размещенному на открытой площадке, обеспечены подъезды пожарной техники, между парками выполнены противопожарные разрывы;
- наружное пожаротушение обеспечивается от системы пожарного водоснабжения;
- выполнена защита зданий, сооружений, аппаратов, оборудования и трубопроводов от вторичных проявлений молний и статического электричества;
- предотвращение взрывов в помещениях с нормальной средой, вследствие проникновения горючих газов и паров, обеспечивается приточными и вытяжными вентиляционными системами;
- резервуарные парки укомплектованы первичными средствами пожаротушения.

Выводы по разделу

В данном разделе проведён анализ условий труда в производственно-исследовательской лаборатории участка первичной переработки нефти и получения битума нефтегазодобывающего управления «Талаканнефть» публичного акционерного общества «Сургутнефтегаз» с позиций приоритета сохранения жизни и здоровья работника. Изучены и выявлены вредные и опасные факторы, механические и термические опасности, которые могут возникнуть в производственном процессе. Разработаны меры по уменьшению вредного воздействия на здоровье людей. Полученные результаты также учитывают меры по предотвращению наиболее возможных ЧС – пожара, взрыва. Разработка комплекса мер, направленных на модернизацию производства в целях улучшения условий труда позволит в значительной мере сведет к минимуму угрозы возникновения ЧС.

Заключение

Одним из основных показателей уровня жизни, отдельного региона или страны в целом, является качество дорог. По состоянию дорожного покрытия можно судить о том, насколько развит тот или населенный пункт. Это является основополагающим фактором для обеспечения жизнедеятельности всех сфер жизни человека.

В ходе данного исследования удалось достигнуть улучшения свойств дорожного битума. На основании полученных данных можно сделать выводы:

- Добавление полипропилена улучшает свойства исходного битума: увеличение ТКШ, уменьшение ГПИ, понижение температуры хрупкости. Уменьшение показателя дуктильности неоднозначно: с одной стороны, это негативное влияние, т.к. «склеивание» частиц гравия, щебня, песка за счет битума в асфальтобетоне уменьшится. С другой стороны, на основании проведенных экспериментов точно нельзя сказать, как поведет себя полипропилен с данными минеральными породами;
- Температура размягчения увеличивается, температура хрупкости уменьшается (кроме случая с Н120GP и Н030GP при дозировке 2,5%). Область температур, в которых желательна эксплуатация дорожного покрытия, лежит в интервале между температурами размягчения и температурой хрупкости. Изменяя данные показатели, мы увеличиваем область использования дорожного покрытия на основе битума;
- Получившиеся битумы условно подходят под марки БНД 40/60 и БНД 60/90;

Необходимо продолжать исследование в данном направлении по расширению диапазона дозировки полипропилена, а также по проведению испытаний с АБС на основе модифицированных битумов.

Список литературы

1. Гун, Р.Б. Нефтяные битумы / Р.Б. Гун. – М.: Химия, 1973. – 430 с.
2. Грудников, И.Б. Производство нефтяных битумов / И.Б. Грудников – М.: Химия, 1983. – 192 с.
3. Евдокимова, Н.Г. Подготовка сырья битумного производства с использованием вакуумного остатка установки висбрекинга / Н.Г. Евдокимова, 136
4. Адушев М. Н. Современные проблемы нефтеперерабатывающей промышленности России //Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. – 2015. – №. 1 (24).
5. ГОСТ 22245-90 Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия.
6. Унгер Ф.Г., Андреева Л.Н. Фундаментальные аспекты химии нефти. Природа смол и асфальтенов. Новосибирск: Наука, 1995. С. 192.
7. Львов, И.О. Получение и свойства модифицированных битумов / И.О. Львов // Всероссийский журнал научных публикаций. – 2011. – № 2. – С. 6–8.
8. Воробьев А.Е., Воробьев К.А., Тчаро Х. Современное производство битума. Технологии и оборудование. - 2018. - 450 с.
9. Е.В. Грызина, Э.А. Ялиева, А.А. Гуреев. // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. –2011. – № 5. – С. 323–335.
10. Зайцева, С.А. Производство нефтяного битума за рубежом / С.А. Зайцева, М.Ш. Ямаева // Нефтепереработка и нефтехимия: НТИС. – 1987. – № 6. – С.40–44.
11. Гуреев, А.А. Состояние и перспективы развития производства дорожных вяжущих материалов в России / А. А. Гуреев, А. А. Коновалов, В. В. Самсонов. // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2008. – № 1. – С. 12–16.

12. Патент РФ №2247763 Способ улучшения качественных показателей дорожного битума Бюл №7, 2005 / Ильинец А.М., Нечаев В.Т.
13. Патент РФ № 2181733. Битумно-полимерное вяжущее. Бюл. № 12, 2002 / Нехорошев В. П., Попов Е.А., Нехорошева А.В.
14. Порадек, С.В. Пути совершенствования технологии применения битума на асфальтобетонных заводах / С.В. Порадек. // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2008. – № 40. – С. 1–3.
15. Абдуллин, А.И. Обзор современных установок по производству модифицированных полимерами битумных вяжущих / А.И. Абдуллин, Е.А. Емельянычева, Т.К. Усманов, В.Ю. Марков. // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16, № 2. – С. 117–121.
16. Соломенцев, А.Б. Классификация и номенклатура модифицирующих добавок для битумов [Текст] / А.Б. Соломенцев // Наука и техника в дорожной отрасли.–2008.–№ 1.–с. 14-1
17. Molenaar, J.M.M. An investigation into the specification of rheological properties of polymer modified bitumen / J. M. M. Molenaar, E. T. Hagos, M.F.C. Van Der Ven. // Proceedings 3rd Eurasphalt – Eurobitume Congress. – Papers Technical Sessions 5–8. – 2004. – P. 2080–2091.
18. Chen, J.-S.; Liao, M.-C.; Shiah, M.-S. Asphalt modified by styrene-butadiene-styrene triblock copolymer: Morphology and model. J. Mater. Civ. Eng. 2002, 14, 224–229
19. Polacco, G.; Stastna, J.; Biondi, D.; Zanzotto, L. Relation between polymer architecture and nonlinear viscoelastic behavior of modified asphalts. Curr. Opin. Colloid Interface Sci. 2006, 11, 230–245.
20. Munera, J.; Ossa, E. Polymer modified bitumen: Optimization and selection. Mater. Des. 2014, 62, 91–97.
21. Polacco, G.; Berlincioni, S.; Biondi, D.; Stastna, J.; Zanzotto, L. Asphalt modification with different polyethylene-based polymers. Eur. Polym. J. 2005, 41, 2831–2844.

22. Behnood, A.; Gharehveran, M. Morphology, rheology, and physical properties of polymer-modified asphalt binders. *Eur. Polym. J.* 2019, 112, 766–791.
23. Zhu, J.; Birgisson, B.; Kringos, N. Polymer modification of bitumen: Advances and challenges. *Eur. Polym. J.* 2014, 54, 18–38.
24. Lesueur, D. The colloidal structure of bitumen: Consequences on the rheology and on the mechanisms of bitumen modification. *Adv. Colloid Interface Sci.* 2009, 145, 42–82.
25. Baqersad, M.; Ali, H. Rheological and chemical characteristics of asphalt binders recycled using different recycling agents. *Constr. Build. Mater.* 2019, 228.
26. Худякова Т.С. Особенности структуры и свойств битумов, модифицированных полимерами /Т.С.Худякова, А.Ф.Масюк, В.Н.Калинин // Дорожная техника и технологии– 2003. – № 4. – С. 174 – 181.
27. Минхаирова А.И. Модификация дорожных битумов смесевыми термоэластопластами/ А.И.Минхаирова, Л.Ю.Закирова, И.С.Вольфсон, Д.А.Аюпов, А.В.Мурафа, В.Г.Хозин, Ю.Н.Хакимуллин// Вестник Казан. технол. ун-та.- 2012.- Т.15. - №17.- С.120-122.
28. Галдина, В.Д. Модифицированные битумы: учебное пособие / В.Д. Галдина. – Омск: СибАДИ, 2009. – 228 с.
29. Киселев В.П. Использование продуктов совместной переработки каменных и бурых углей, нефтяных остатков и синтетических полимеров для получения высококачественных дорожных вяжущих / В.П. Киселев и др. // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2008. –№ 9. – С. 17-22.
30. Юсупов, А.И. Дорожный битумный композиционный материал с улучшенными характеристиками / А. И. Юсупов, А. И. Абдуллин, Е.А. Емельянычева. // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15, № 12. – С. 205–207.
31. Золотарев, В.А. Битумы модифицированные полимерами и асфальтобетоны [Текст] / В.А. Золотарев // Дорожная техника. –№1. –2009. – С. 16 – 23

32. Золотарев В.А. О показателях качества битумов, модифицированных полимерами. Киев, 2006. вып. 5. С. 200–221.
33. Руденская И.М. Теоретические основы совершенствования свойств нефтяных битумов для дорожного строительства: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / И.М. Руденская. – М., 1966. – 34 с
34. ГОСТ 11506-73 Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару.
35. ГОСТ 11507-78 Битумы нефтяные. Метод определения температуры хрупкости по Фраасу.
36. ГОСТ 11501-78 Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания.
37. ГОСТ 11505-75 Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости.
38. Федеральный закон от 28.12.2013 N426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» с изменениями 2020 [Электронный ресурс] / http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_1983/ (дата обращения 23.05.2023);
39. Постановление от 16.11.2021 N 1946 «Об утверждении перечня районов крайнего севера и местностей, приравненных к районам крайнего севера» [Электронный ресурс] / https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_400590 (дата обращения 23.05.2023)
40. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ [Электронный ресурс] / http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (дата обращения 23.05.2023);
41. ГОСТ 12.0.003–2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»;
42. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания";
43. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и

общественных зданий: санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96: утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31 октября 1996 г. № 40. Москва;

44. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.; введ. 08.05.2017.;

45. Методическое указание «Расчет искусственного освещения» [Электронный ресурс]/ <http://delta-grup.ru/bibliot/97/43.htm>. (дата обращения: 23.05.2023);

46. ГОСТ 12.1.019–2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;

47. ГОСТ 17.1.3.12-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие правила охраны вод от загрязнения при бурении и добыче нефти и газа на суше;

48. Федеральный закон О государственных и муниципальных унитарных 97 предприятиях (с изменениями на 23 ноября 2020 года);

49. ГОСТ Р 22.1.01-95 Государственный стандарт Российской Федерации Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Таблица А1 – Календарный план-график

№ п/п	Вид работ	Исполнители	Т, дни	Продолжительность выполнения работ										
				2022				2023						
				сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май		
1	Утверждение темы магистерской диссертации	Бешагина Е.В.	7											
2	Согласование плана работ	Бешагина Е.В. Марченко М.Е.	7											
3	Литературный обзор	Марченко М.Е.	60											
4	Экспериментальная часть	Марченко М.Е.	121											
5	Анализ полученных результатов	Бешагина Е.В. Марченко М.Е.	20											
6	Оформление отчета	Бешагина Е.В. Марченко М.Е.	30											
7	Разработка презентации и раздаточного материала	Марченко М.Е.	19											
ИТОГО		Бешагина Е.В.	64											
		Марченко М.Е.	257											

Бешагина Е.В.	Марченко М.Е.	Бешагина Е.В., Марченко М.Е.

Таблица А2 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-1251969,4	1277009	1277008,7	1277008,7	1277008,7	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,35	
	0,4	1	0,714	0,51	0,364	0,26	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,39	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,5	0,25	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, руб.						
	0,1	-1251969,4	1160801	1054809,2	959033,5	872196,9	2794871,2
	0,2	-1251969,4	1063748	886244,0	738111,0	615518,2	2051652,1
	0,3	-1251969,4	982020	755989,2	581039,0	446953,0	1514031,4
	0,4	-1251969,4	911784	651274,4	464831,2	332022,3	1107942,7
	0,5	-1251969,4	851765	566991,9	376717,6	252847,7	796352,6
	0,6	-1251969,4	798130	498033,4	311590,1	195382,3	551166,9
	0,7	-1251969,4	750881	427797,9	259232,8	143025,0	328967,4
	0,8	-1251969,4	710017	394595,7	218368,5	121315,8	192327,4
	0,9	-1251969,4	671707	353731,4	186443,3	98329,7	58241,5
	1	-1251969,4	638504	319252,2	159626,1	79174,5	-55412,2

Приложение Б

Modification of the properties of road bitumen by polymers

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ12	Марченко Маргарита Евгеньевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Бешагина Евгения Владимировна	к.х.н.		

Консультант-лингвист

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Уткина Анна Николаевна	к.филол.н.		

Introduction

The problems of improving the quality of petroleum products remain the most urgent in the oil refining industry, along with the in-depth refining of oil. The need for high-quality bitumen is especially increasing due to the continuous growth of the automobile fleet in the country, increased traffic intensity and carrying capacity of vehicles, and, as a result, a significant increase in dynamic loads on the road surface.

One of the main indicators determining the quality of asphalt concrete during operation is the physico-chemical properties of bitumen. Despite the fact that the quality of road bitumen, although it corresponds to the properties of bitumen of various brands according to GOST 22245-90 "Road oil bitumen is viscous. Technical conditions", but far from perfect. Under the influence of external factors (air temperature, water, dynamic loads, etc.), irreversible processes occur in bitumen, leading to changes in its structure and properties and, as a consequence, asphalt concrete and pavement as a whole.

To achieve this goal, it is necessary to solve the following tasks:

- to investigate existing bitumen grades, their physico-chemical properties and applications;
- find out what ways there are to improve the properties of road bitumen.

Choose the most suitable option;

- conduct the experimental part;
- analyze the results obtained;
- improve the properties of road bitumen.

1 Classification of bitumen

Bitumen is a complex mixture of high-molecular hydrocarbons of oil and their heterogeneous derivatives containing oxygen, sulfur, nitrogen and metals (vanadium, iron, nickel, sodium, etc.). [1]

The classification of bitumen is possible from the point of view of the origin of the raw materials used for its production, as well as by physical properties and purpose of use. Understanding the type of bitumen, its advantages and behavior in certain conditions, allows you to choose the best option for carrying out work with this raw material.

Classification by origin [2]:

1. Natural bitumen. In their pure form, they are rare and are part of combustible fossils. Structurally, they can be both viscous liquids and solids. The formation of natural bitumen occurs when the preservation of oil derivatives is violated as a result of polymerization - natural oxidative processes. Despite the fact that natural bitumen is not a ready-made commercial product, it has high resistance to chemical and atmospheric influences

2. Artificial (technical) bitumen. A product of industrial oil refining. At the moment, artificial bitumen has become widespread, occupying over 90% of the total volume of bitumen used.

Classification by type of feedstock [2]:

1. Peat bitumen is obtained from peat due to organic solvents. The composition is dominated by peat components: wax, paraffin and resin. The field of application is the foundry industry, in particular the casting of high-precision models and plastic products, as well as the production of protective and polishing compositions in the pulp and paper industry.

2. Coal bitumen is extracted from fossil coal. The composition is a mixture of saponified substances, free acids, their hydrocarbons and anhydrides, and after processing - wax and resin. The field of application is paint and varnish products, production of adhesive materials, as well as the road construction industry.

3. Petroleum bitumen is divided into several types depending on the method of production [3]:

- Residual - atmospheric-vacuum distillation of heavy oil residues is performed;
- Oxidized - obtained by oxidation of refined petroleum products;
- Compounded - oxidized and residual bitumen, as well as other oil refining products are mixed;
- Cracking - residues after decomposition (cracking) of oil and petroleum oils at high temperature in order to obtain a large yield of gasoline. The resulting cracking residues are additionally oxidized, resulting in the formation of oxidized cracking bitumen;
- Extractive - cleaning of lubricating oils is carried out by selective dissolution, separation of paraffins and precipitation of asphaltenes.

The main area of distribution is the construction industry and the production of materials: insulation, paint, etc.

Classification by purpose [4]:

1. Road bitumen - used for the production of materials intended for use in the repair of road surfaces, construction of interchanges, laying airfield coatings, etc. Materials can be asphalt concrete mixtures, bitumen mastics, bitumen emulsions and other products.

2. Roofing bitumen - common as protective coatings. They are divided into cover - roofing material, pergamine, etc., and impregnating - mixtures for the treatment of coatings and structures.

3. Insulating bitumen - are part of waterproofing materials - bitumen mastics, waterproofing, metalloizol, etc.

4. General construction bitumen - the scope of distribution is extensive, can be used for various types of repair and construction work, as well as for the purpose of waterproofing foundations.

5. Special purpose bitumen - the field of application is the production of paint, tire and electrical products.

According to GOST 22245-90 "Viscous petroleum bitumen", depending on the depth of penetration of the needle at 25 ° C, viscous road bitumen is made of the following brands: BND 200/300, BND 130/200, BND 90/130, BND 60/90, BND 40/60, BN 200/300, BN 130/200, BN 90/130, BN 60/90. Depending on the average monthly temperature of the coldest time of the year, the use of bitumen grades BND and BN is divided into road-climatic zones (Table 1, Figure 1).

Table 1 - Application of bitumen for road-climatic zones. [5]

Road and climate zone	Average monthly temperatures of the coldest time of the year, °C	Bitumen grade
I	Not higher than -20	BND 90/130, BND 130/200, BND 200/300
II, III	From -10 to -20	BND 60/90, BND 90/130, BND 130/200, BND 200/300
II, III, IV	From -5 to -10	BND 40/60, BND 60/90, BND 90/130,
IV, V	Not lower than +5	BND 130/200, BND 90/130, BND 130/200,

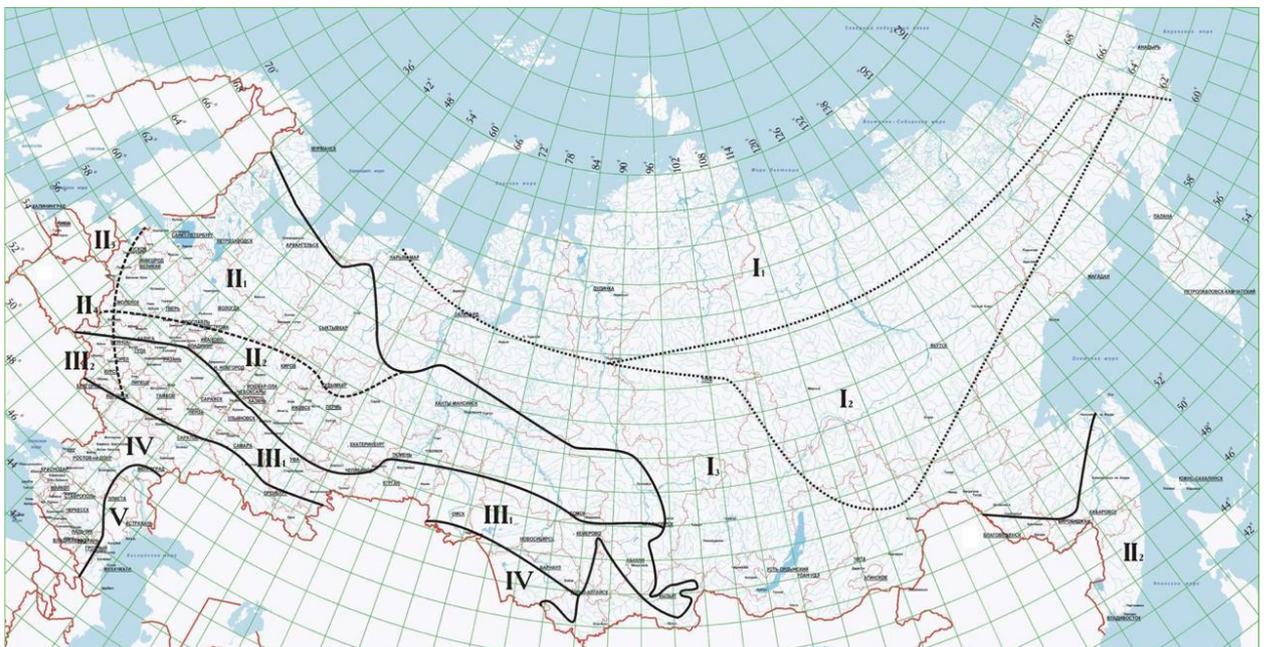


Figure 1 - Road and climate zones of the Russian Federation

The main purpose of road bitumen is binding, gluing particles of mineral materials, giving them hydrophobic properties, filling the space between their particles. Therefore, the strength and durability of asphalt road surfaces depend on

the quality of bitumen.

According to the requirements imposed on them , road bitumen currently must:

- maintain strength at elevated temperatures, i.e. be heat resistant;
- maintain elasticity at subzero temperatures, i.e. be frost-resistant;
- resist compression, impact, rupture under the influence of moving vehicles, i.e. be durable;
- ensure good adhesion to dry and wet surfaces of mineral materials;
- maintain for a long time the original viscosity and strength under the influence of natural factors.

1.2 Properties of bitumen

The properties of bitumen as a dispersed system are determined by the ratio of its constituent parts: oils, resins and asphaltenes. Bitumen in its structure is a colloidal system in which asphaltenes are dispersed, and the dispersion medium is resins and oils. Bitumen asphaltenes dispersed in the form of particles of size 18...20 microns, are nuclei, each of which is surrounded by a shell with decreasing density – from heavy resins to oils. The approximate fractional composition of bitumen used in construction is presented in Table 2.

Table 2 – Fractional composition of bitumen. [6]

Composition, %	Bitumen classification		
	Construction	Roofing	Road
Oils	30-70	40-60	50-70
Resins	20-50	20-55	20-40
Asphaltenes	15-35	2-25	10-20

An increase in the content of asphaltenes and resins entails an increase in the hardness, softening temperature and fragility of bitumen. On the contrary, oils that partially dissolve resins make bitumen soft and fusible. Reducing the molecular

weight of oils and resins also increases the plasticity of bitumen. The paraffin contained in oil bitumen worsens their properties, increases brittleness at low temperatures. Therefore, they strive to ensure that the content of paraffin in bitumen does not exceed 5%.

Group hydrocarbons, which are part of bitumen in various ratios and form a complex dispersed system, determine their structure and properties.

The physical properties of bitumen include [7]:

- Density. Depending on the group composition, it ranges from 0.8 to 1.3 g / cm³. It is one of the most important characteristics of bitumen, as it allows us to judge its origin.

- The temperature density coefficient characterizes the change in density when the temperature changes by 1 °C. For all bitumen, it is almost the same and is assumed to be equal to 0.0006 g/ (cm³ ·deg).

- Thermal conductivity is characteristic of amorphous substances and is 0.5...0.6 W / (m· ° C).

- The coefficient of volumetric thermal expansion at 25 ° C is in the range from 5·10⁻⁴ to 8·10⁻⁴ ° C⁻¹, and more viscous bitumen has a greater coefficient of expansion. The coefficient of volumetric expansion with an increase in temperature by 1 ° C in the range of 60...300 ° C for road bitumen is in the range of 0.000033...0.000042.

- Resistance to heating is characterized by a loss of mass when the bitumen sample is heated at 160 ° C for 5 hours (no more than 1%) and a flash point of 230 ...240 ° C (depending on the brand).

- The specific heat capacity is almost the same for different bitumen. It increases with increasing temperature: the change in the heat capacity of bitumen of various consistencies by 1 ° C is 0.00032 ...0.00078 cal / (g· deg).

- The coefficient of thermal conductivity for all bitumen is almost the same and decreases slightly with increasing temperature. So, at 0 ° C it is equal to 1.51 ...1.69, at 20 ° C – 1.45 ... 1.57, at 40 ° C – 1.4 ...1.5 W / (m· deg).

- The flash point of bitumen is determined in an open crucible according

to GOST 4333-2021 and is usually more than 200 °C. According to this indicator, it is possible to judge the presence of low-boiling fractions in raw materials and finished bitumen.

- Water resistance is characterized by the content of water-soluble compounds (in bitumen no more than 0.2...0.3% by weight).

- The coefficient of thermal conductivity, which characterizes the speed of the temperature equalization process, is directly proportional to the thermal conductivity and inversely proportional to the volumetric specific heat capacity and density of the material. It is $1.0 \cdot 10^{-7} \dots 1.5 \cdot 10^{-7}$ m² /s and differs little for bitumen from different raw materials.

Of the chemical properties, the most important is the chemical resistance of bitumen. Bitumen materials resist the action of alkalis (with a concentration of up to 45%), phosphoric acid (up to 85%), as well as sulfuric acid (with a concentration of up to 50%), hydrochloric acid (up to 25%) and acetic acid (up to 10%). [8]

Bitumen is soluble in most organic solvents, except low molecular weight alcohols. Solvents in relation to asphalt-resinous substances can be divided into three groups. The first group includes solvents with high solubility (83...90%) and practically zero selectivity to asphaltenes (aromatic solvents, carbon tetrachloride and carbon disulfide). The second group, like the first, is characterized by a high solvent capacity, but differs from it by pronounced selectivity (chloroform and trichloroethylene). The third large group of solvents is characterized by a moderate solvent capacity (27...40%) and pronounced negative selectivity. These include aliphatic hydrocarbons C5 – C8, lower aliphatic alcohols C1 – C5 and acetone.

The physico-chemical properties include [9]:

- Surface tension of bitumen at a temperature of 20...25 °C is 25...35 erg/cm². The wetting ability of the binder and its adhesion to stone materials (powdered fillers, small and large aggregates) depend on the content of surface-active polar components in the organic binder. Bitumen forms strong chemisorption bonds with limestone and dolomite filler with a large number of adsorption centers in the form of Ca²⁺ and Mg²⁺ cations.

- Aging is a process of slow change in the composition and properties of bitumen, accompanied by an increase in brittleness and a decrease in hydrophobicity. The aging process is accelerated by sunlight and air oxygen due to an increase in the number of solid brittle components due to a decrease in the content of resinous substances and oils.

- The rheological properties of bitumen depend on the group composition and structure. Liquid bitumen having a sol-type structure behaves like liquids whose flow obeys Newton's law. Solid bitumen having a gel-type structure belongs to viscoelastic materials, since when a load is applied to them, elastic (reversible) and plastic (irreversible) components of deformation simultaneously occur.

Bitumen is a thermoplastic material and its mechanical properties vary widely during the transition from a liquid state at high temperatures to a solid state at low temperatures. Under the influence of loads in bitumen, reversible (elastic) and irreversible (plastic) deformations occur simultaneously. Therefore, bitumen should be considered as bodies of varying degrees of plasticity. The physical and mechanical properties include:

- Hardness is determined by the penetration depth of the penetrometer needle into bitumen (in tenths of a millimeter). This indicator characterizes the depth of penetration of a standard-shaped body into semi-liquid and semi-solid products under a certain regime, which determines the ability of this body to penetrate into the product, and the product to resist this penetration.

- The softening temperature is determined using the "ring and ball" device placed in a vessel with water; it corresponds to the temperature of the heated water at which the metal ball under the action of its own mass passes through the ring filled with the tested bitumen.

- The brittleness temperature is the temperature at which the material collapses under the action of a short-term applied load. The brittleness temperature characterizes the behavior of bitumen in the coating: the lower it is, the higher the quality of bitumen.

- The extensibility is characterized by the absolute elongation (cm) of the

bitumen sample ("eight") at different temperatures and is determined on the device – a ductilometer. This indicator also indirectly characterizes the adhesion of bitumen and is related to the nature of its components.

– Adhesion (adhesion) is explained by the formation of a double electric field on the interface of the bitumen film and the stone material. The adhesion of bitumen depends on the polarity of the components (asphaltenes and maltenes) and is characterized by the electrical conductivity of solutions of these substances in non-polar solvents. The electrical conductivity increases with an increase in the molecular weight of asphaltenes and maltenes that make up bitumen, the adhesive properties improve, the coefficient of water- 12 stability increases and the coefficient of heat resistance of bitumen decreases.

–

1.3 The technological regime and its impact on the process indicators

Due to the complex structure of high-molecular hydrocarbons, in the production of bitumen, the chemistry of the oxidation process is represented by a change in the ratio of the main groups of oil residues: oils, resins and asphaltenes.

In the process of oxidation of oil residues, as a result of parallel-sequential reactions, including addition, cracking and compaction, as well as due to the distillation of the resulting light fractions, the ratio of oils, resins and asphaltenes changes, and the consistency of the product changes. The main part of oxygen goes to the formation of water, 10-20% to the formation of carbon dioxide, and a small part to the formation of oxygen-containing compounds. [10]

The oxidation reactions of residual petroleum raw materials are mainly carried out by a chain mechanism and are accompanied by an exothermic effect, with the release of 9200 ± 920 kJ of heat per 1 kg of oxygen reacting.

The main factors affecting the oxidation process and the quality of oxidized bitumen are the nature of the raw material, the oxidation temperature and air consumption. [11]

The nature of raw materials. Depending on the nature of the raw material,

the quality of oxidized bitumen changes and, above all, the dependence "softening temperature - penetration". At the same softening temperature, the penetration and extensibility of bitumen obtained by oxidation of the residue from the same oil depend on the oil content in the residue. The penetration is less, and the extensibility is greater, the higher the depth of selection of oil fractions from fuel oil. The properties of bitumen are affected by the composition of raw materials. Thus, the increased content of solid paraffins (above 3% by weight) in the raw material reduces the extensibility of bitumen, and during the process leads to an increase in air consumption and the duration of oxidation.

Temperature. During the oxidation of residues, many reactions occur, the temperature coefficients of the constants of which are different. The temperature accelerates different processes differently, so bitumen is obtained with different composition and properties.

With an increase in temperature, the diffusion constants increase and the surface tension decreases, the size of gas bubbles increases due to a decrease in the viscosity of the liquid phase, side reactions that do not contribute to an increase in the softening temperature of oxidized bitumen prevail (dehydrogenation reactions occur mainly with the formation of high-molecular asphaltenes and more rigid structures). As a result, many bitumen obtained at high temperatures are characterized by low penetration. As the temperature of the process increases, its effect on the reaction rate gradually decreases.

With an increase in temperature, the proportion of oxygen in oxidized bitumen decreases. The proportion of oxygen involved in the formation of water also increases. The optimum temperature is 250 ° C. With an increase in temperature above this value, the softening temperature and the brittleness temperature bitumen increases, and the penetration, extensibility, heat resistance and plasticity interval of oxidized bitumen decreases. With an increase in temperature above 270 ° C, the degree of use of oxygen in the air decreases.

Air consumption. The consumption of compressed air, the degree of its dispersion and distribution over the cross-section of the oxidation column

significantly affect the intensity of the process and the properties of bitumen. An increase in air flow to a certain limit, all other things being equal, leads to a proportional increase in the oxidation rate; the latter is determined by the temperature of the process, the design of the oxidation column and the nature of the feedstock. Bitumen oxidized in a short period of time has a higher penetration than bitumen of the same softening temperature, oxidized with a small air consumption and with a longer duration of oxidation.

1.4 Ways to improve the properties of bitumen

One of the ways to improve is a method based on the phenomenon of resonance. According to this method, electromagnetic oscillations of the tar oxidation process are determined, these oscillations are introduced into the resonator to concentrate and amplify the molecules' own weak electromagnetic oscillations. The resonator is a closed torus-shaped chamber formed by thin-walled Mobius sheets connecting to each other along the inner perimeter of the chamber. These sheets are made of paramagnetic and/or diamagnetic material and the ratio of the lengths of which are in the proportions of the musical series. Further, these weak electromagnetic vibrations of the process are driven through the multidimensional closed surface of the chamber, they are returned to the tar oxidation zone to achieve a resonant effect, followed by repeated removal and return of these vibrations.

A feature of the resonator is its ability to amplify electromagnetic vibrations introduced into the chamber cavity by driving through the Mobius sheets. This becomes possible because, from a topological point of view, a Mobius sheet is an undirectable surface with zero Eulerian characteristic bounded by a single closed line. The manifestation of the real properties of such a device cannot currently be scientifically and theoretically explained, there are only experimental confirmations. [12]

But the most common techniques are modifications with polymers, fillers and surfactants. Recently, the use of polymer to improve the properties of bitumen

has become particularly widely used. Firstly, because synthetic polymer materials are produced by hundreds of thousands of tons per year, and they have become more affordable. Secondly, with such modification of bitumen, a number of valuable properties inherent in polymers are transferred: plasticity and elasticity in a wide temperature range, strength and heat resistance at high positive temperatures, resistance to aging and aggressive materials. [12-15]

According to the scope of application, polymers are placed in the order [16-19]:

- thermoplastics (SBS);
- thermoplastics (polypropylene, EVA, polyisobutylene);
- polymer latexes;
- * terpolymers (ethylene glycidylacrylate).

Thermoplastics (block copolymers of butadiene and styrene of the SBS type) are amorphous polymers of linear or branched structure granulated in the form of powder or crumbs. These include divinyl styrene thermoplastic elastomers DST-30-01, Kraton 1101, Solprene 411, etc. Polystyrene blocks of three–block SBS-type molecules located at the edges, associating with each other, form volumes of glassy polystyrene, with which the elastomer surrounding them, polybutadiene, is chemically bound.

The crosslinking of polymer chains by chemical bonds creates a spatial mesh structure .

Polymers of the SBS type combine the high strength inherent in plastics and the high elasticity characteristic of elastomers, have the ability to highly elastic deformations in the temperature range from +80 to 80 °C. [20-24]

Thermoplastics are polymeric materials capable of reversibly transitioning into a highly elastic or viscous state when heated. At normal temperature, thermoplastics are in a solid state. When the temperature rises, they pass into a highly elastic state and then into a viscous state, which ensures their formation by various methods. These transitions are reversible and can be repeated many times, which makes it possible, in particular, to process household and industrial waste from

thermoplastics into new products. The processing of thermoplastics into products is not accompanied by an irreversible chemical reaction. They are suitable for re-processing. Thermoplastics increase cohesion, heat resistance, elasticity, adhesive properties, reduce the brittleness of the binder at subzero temperatures. Most thermoplastics dissolve well in bitumen at a temperature of 150...170 °C.[25-27]

The fundamental mechanism for regulating the properties of bitumen by different polymers is the same. It consists in creating a developed polymer mesh in the bitumen to which it is added. The results of modification in each individual case depend on the compatibility of the polymer and bitumen, their quantitative ratio, and temperature modes of preparation. It is from this that three colloidal systems are formed in bitumen (Figure 2).[28-29]

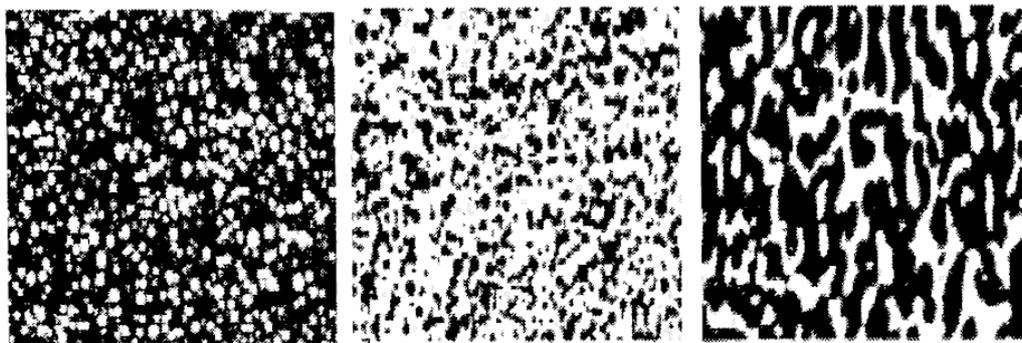


Figure 2 - Phase states of bitumen modified with polymers:
a - dispersion medium - bitumen, dispersed phase - polymer;
b - dispersion medium - polymer, dispersed phase - bitumen;
b is a transitional system.

With a low polymer content, its particles, several microns in size, playing the role of a dispersed phase, are placed in a dispersion medium, i.e. bitumen, without contacting each other. With a significant polymer content, its particles swollen in bituminous hydrocarbons form a fairly regular solid grid, which becomes a dispersion medium, and bitumen becomes a dispersed phase and is placed in the cells of the polymer grid. Thus, with an increase in the polymer content in bitumen, phase inversion and their interchange occur. Between these well-defined structures, there is another transitional structure with a mixed nature of the location and interaction of bitumen and polymer components. It is this ratio of bitumen:the

polymer allows you to see an increase in the physico-chemical parameters of modified bitumen compared to conventional bitumen without additives.[30-33]