

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Моделирование процесса алкилирования изобутана бутиленами

УДК 665.652.001.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д7В	Котельников Александр Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Долганов Игорь Михайлович	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Спицына Любовь Юрьевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д7В	Котельников Александр Александрович

Тема работы:

Моделирование процесса алкилирования изобутана бутиленами	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	02.02.2021 / №33-23/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2021
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(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.).</i></p>	<p>Объект исследования – установка сернокислотного алкилирования изобутана бутиленами. Сырьем для установки являются изобутановая и бутан-бутиленовая фракция с ГФУ. Режим работы – непрерывный. Установка предназначена для получения высокооктанового продукта – алкилата.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1 Литературный обзор 2 Объект и методы исследования 3 Экспериментальная часть 3.1 Подготовка рабочей среды в программе Unisim Design 3.2 Проверка модели на адекватность 3.3 Влияние различных параметров на протекание процесса и изменение октанового числа продукта без учета пропана, изобутана и бутана</p>

	<p>3.3.1 Влияние температуры на процесс</p> <p>3.3.2 Влияние давления на протекание процесса</p> <p>3.3.3 Влияние изменения расхода олефинового сырья на алкилат</p> <p>3.3.4 Влияние соотношения изобутан:олефин на алкилат</p> <p>3.4 Влияние различных параметров на протекание процесса и изменение октанового числа продукта учитывая остатки изобутана, бутана и пропана</p> <p>3.4.1 Влияние температуры на процесс</p> <p>3.4.2 Влияние соотношения изобутан:олефин</p> <p>3.5 Выбор оптимальных параметров процесса сернокислотного алкилирования изобутана бутиленами</p> <p>4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p> <p>5 Социальная ответственность</p> <p>Заключение</p> <p>Список литературы</p> <p>Приложение</p>
--	---

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	Результаты исследования (графики, таблицы)
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП ТПУ, к.э.н., Спицына Любовь Юрьевна
Социальная ответственность	Старший преподаватель Гуляев Милий Всеволодович

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

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Долганов Игорь Михайлович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д7В	Котельников Александр Александрович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д7В	Котельникову Александру Александровичу

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 “Химическая технология”

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Бюджет проекта – не более 200 000 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 100 000 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 4 баллов из 5</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетный фонд – 27,1 %</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Проведение предпроектного анализа. Выполнение SWOT-анализа.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Разработан календарный план проекта. Определён бюджет НИИ.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Спроектирована конкурентоспособная разработка, отвечающая требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Спицына Любовь Юрьевна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д7В	Котельников Александр Александрович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2Д7В	Котельников Александр Александрович

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 “Химическая технология”

Тема ВКР:

Моделирование процесса алкилирования изобутана бутиленами	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является модель процесса алкилирования изобутана бутиленами Область применения: работа направлена на разработку математической модели процесса алкилирования изобутана бутиленами с применением программных пакетов. Используется в нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. Производство в помещении.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. Рабочее место – аудитория 224 корпус 16Б. - Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ - СанПиН 2.2.4.548-97 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. - ГН 2.2.5.3532-18. ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны. - СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений
2. Производственная безопасность:	Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов: – Неудовлетворительный микроклимат; – Повышенный уровень шума; – Недостаточная освещенность рабочей зоны; – Поражение электрическим током

	<ul style="list-style-type: none"> – Повышенный уровень напряжённости электростатического и электромагнитных полей – Утечка вредных веществ
3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу, гидросферу и литосферу. – решение по обеспечению экологической безопасности.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; <ul style="list-style-type: none"> – Выбор наиболее типичной ЧС; – Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. – Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д7В	Котельников Александр Александрович		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1), CDIO(п. 1.1, 4.1, 4.3, 4.8)
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-7,11,17,18, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2), CDIO (п. 1.1, 3.2, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-1,5,8,9, ОК-2,3), Критерий 5 АИОР (пп.1.2), CDIO (1.2, 2.1, 4.5)
P4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды	Требования ФГОС (ПК-11,26,27,28), Критерий 5 АИОР (п.1.3) CDIO (п.1.3, 4.4, 4.7)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий	Требования ФГОС (ПК-4,21,22,23,24,25, ОК-4,6), Критерий 5 АИОР (п.1.4), CDIO (п. 2.2)
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,10,12,13,14,15, 16; ОК-6,13,15), Критерий 5 АИОР (п.1.5) CDIO (п. 4.1, 4.7, 4.8, 3.1, 4.6)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5,9,10,11), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5), CDIO (п. 2.5)
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,7,8,12), Критерий 5 АИОР (2.6), CDIO (п. 2.4)
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-14), Критерий 5 АИОР (п.2.2), CDIO (п. 3.2, 3.3)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве , ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4), Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3) CDIO (п. 4.7, 4.8, 3.1)

РЕФЕРАТ

Дипломная работа содержит 101 страницу, 33 таблицы, 18 рисунков, 33 источников литературы, 1 приложение.

Выпускная квалификационная работа “Моделирование процесса алкилирования изобутана бутиленами”.

Ключевые слова: алкилат, алкилирование изобутана бутиленами, моделирование, влияние на октановое число, октановое число алкилата.

Объектом исследования является установка сернокислотного алкилирования изобутана бутиленами.

Цель работы – разработка модели сернокислотного алкилирования изобутана бутиленами в рабочей среде программы Unisim Design.

В данной работе была построена модель существующей установки сернокислотного алкилирования изобутана бутиленами, с помощью которой было изучено влияние различных параметров на целевой продукт процесса - высокооктановый компонент бензина, алкилат.

Содержание

Введение.....	12
1 Литературный обзор.....	14
1.1 Роль алкилирования изобутана олефинами в производстве современных бензинов	14
1.2 Недостатки жидкофазного сернокислотного алкилирования.....	16
1.3 Особенности сернокислотного алкилирования.....	18
1.4 Основные лицензиары жидкофазного кислотного алкилирования изобутана олефинами	19
1.5 Перспективы развития алкилирования изобутана олефинами.....	21
1.5.1 Развитие технологий твердокислотного алкилирования	22
1.5.2 Основные компании и разработчики процессов твердокислотного алкилирования изобутана олефинами	23
1.5.3 Развитие отечественного твердокислотного алкилирования. Исследования Грозненского государственного Нефтяного университета.....	23
1.5.4 Зарубежные исследования процесса твердокислотного алкилирования.....	25
1.6 Математическое моделирование процессов алкилирования	27
2 Объект и методы исследования	32
2.1 Химизм процесса алкилирования.....	32
2.2 Сырьё процесса алкилирования	34
2.3 Основные факторы, влияющие на процесс сернокислотного алкилирования	35
2.3.1 Разбавление сырья изобутановой фракцией	35
2.3.2 Объёмная скорость реакции	35
2.3.3 Температура в зоне реакции	36
2.3.4 Давление в реакционном контуре	37
2.3.5 Концентрация серной кислоты.....	37
2.3.6 Насыщенность смеси в реакторе.....	38
2.3.7 Примеси в сырье	39
2.4 Принципиальная схема процесса	40

3 Экспериментальная часть	42
3.1 Подготовка рабочей среды в программе Unisim Design	42
3.2 Проверка модели на адекватность	49
3.3 Влияние различных параметров на протекание процесса и изменение октанового числа продукта без учета пропана, изобутана и бутана	50
3.3.1 Влияние температуры на процесс	50
3.3.2 Влияние давления на протекание процесса	52
3.3.3 Влияние изменения расхода олефинового сырья на алкилат	53
3.3.4 Влияние соотношения изобутан:олефин на алкилат	54
3.4 Влияние различных параметров на протекание процесса и изменение октанового числа продукта учитывая остатки изобутана, бутана и пропана в продуктовом алкилате	57
3.4.1 Влияние температуры на процесс	59
3.4.2 Влияние соотношения изобутан:олефин	60
3.5 Выбор оптимальных параметров процесса сернокислотного алкилирования изобутана бутиленами	62
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	64
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	64
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	64
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	65
4.1.3 SWOT – анализ.....	66
4.2 Планирование работы.....	69
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	69
4.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ.....	69
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	70
4.2.4 Бюджет научно-технического исследования	72
4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования..	78
5 Социальная ответственность	81
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	81

5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.....	81
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	81
5.2 Производственная безопасность	82
5.2.1 Анализ и разработка мероприятий по снижению воздействий вредных и опасных факторов	83
5.2.2 Недостаточная освещённость рабочей зоны.....	84
5.2.3 Повышенный уровень шума на рабочем месте	85
5.2.4 Неудовлетворительный микроклимат	85
5.2.5 Повышенный уровень напряженности электростатического и электромагнитных полей	86
5.2.6 Электробезопасность.....	87
5.2.7 Утечка токсичных и вредных веществ	88
5.3 Экологическая безопасность.....	89
5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	89
5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	90
5.4 Безопасность в ЧС.....	92
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	92
5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	93
Заключение	95
Список литературы	96
Приложение А	99

ВВЕДЕНИЕ

Алкилирование - процесс, внедренный при переработке для достижения высокого октанового числа авиационного бензина, и в настоящее время он широко используется как процесс, улучшающий качество автомобильного бензина.

Продукт процесса алкилирования - алкилат, который является высокооктановым компонентом автомобильного бензина, содержит 0,7 – 0,9 массовой доли фракции углеводородов C_8 , а также углеводороды $C_5 - C_7$, C_9 и выше. Алкилат является идеальным компонентом бензина, поскольку он имеет высокое октановое число в соответствии с исследовательскими и моторными методами (ИОЧ и МОЧ, соответственно) и низкое давление пара, не содержит ни ароматических углеводородов, ни олефинов, не содержит серы, нетоксичен и медленно испаряется во время хранения и транспортировка [1–3].

В Соединенных Штатах высокооктановый алкилат получил название «жидкое золото» [2].

Экологические требования всё больше влияют на мировую тенденцию производства и развития методов улучшения моторного топлива. Так как алкилат имеет достаточно высокую экологическую чистоту, прогнозируется увеличение производства алкилата. Опыт производства алкилатов по всему миру даёт почву для прогнозирования ближайшего будущего, а именно что увеличение производства алкилата будет связано с росту мощностей установок сернокислотного алкилирования изобутана.

Эффективность работы любой установки сернокислотного алкилирования в значительной степени зависит от конструкции контактора - одного из самых сложных в проектировании и установке в нефтеперерабатывающей промышленности. Конструкция сложна тем, что необходимо создать и поддержать тонкодисперсную эмульсию серной

кислоты в определённых условиях протекания процесса, а также дополнительные затраты обуславливаются отводом тепла от реакции алкилирования.

1 Литературный обзор

1.1 Роль алкилирования изобутана олефинами в производстве современных бензинов

Основное сравнение алкилата с другими типами добавок представлено в таблице 1.

В разных странах мира приняты свои решения по производству автомобильных бензинов, это связано с тем, что абсолютно разные страны придерживаются своим стандартам и своим соотношениям перерабатывающих мощностей по производству различных компонентов бензиновой фракции [4].

Всего алкилат, как компонент бензина, на мировом уровне занимает порядка 8 %, лидером же является США, в котором доля алкилата в бензине составляет 13 %, в России – меньше 1 %. [5]

В бензине России же в основном присутствуют такие компоненты как бензины каталитического риформинга. Алкилаты, изомеризаты и бензины каталитического крекинга практически никак не востребованы, кислородсодержащие присадки используются крайне редко. (табл.2)

Таблица 1 – Состав и свойства компонентов бензина и их воздействия на общие параметры бензина

Состав /свойство	Риформат	Катализат	Этанол	МТБЭ	Изомеризат	Алкилат
Ароматика	Хор.	Хор.	Нет	Нет	Нет	Нет
Бензол	Хор.	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Сернистые соединения	Нет	Хор.	Нет	Нет	Нет	Нет
Олефины	Нет	Хор.	Нет	Нет	Нет	Нет

Давление газа	Хор.	Хор.;Отр.	Отриц	Хор;Отр	Отр.	Хор.
Смешиваемость	Хор.	Хор.	Отриц	Хор.	Хор.	Хор.

В таблице “Хор.” обозначает положительное воздействие, “Отр./Отриц.” означает негативный эффект.

Таблица 2 – Автомобильный бензин, сравнение состава

Параметр	Россия	США	Европа
Общее значение по производству бензина, тыс. тонн в год	24 000	330 000	130 000
Состав, об доля			
БФ	0,057	0,07	0,05
Риформат	0,541	0,34	0,482
Фракции кат. крекинга	0,2	0,355	0,27
Изомеризат	0,015	0,05	0,05
Алкилат	0,03	0,112	0,05
Оксигенаты	0,002	0,036	0,02
Гидрокрекинг прямой перегонки, фракции	0,133	0,031	0,073
Общая доля всех тепловых процессов	0,049	0,006	0,005
Ароматические УВ, общее содержание	0,42	0,31	0,39

По данным таблицы можно сказать, что в России наибольшая доля бензинов – это бензины каталитического риформинга, а именно 0,541 об. доля. Далее следуют бензины каталитического крекинга с объёмной долей 0,2. Меньше всего присутствуют изомеризаты, аклилаты и оксигенаты. [5]

По таблице также можно сделать вывод о том, что для повышения экологических характеристик бензинов в Российской Федерации необходимо повысить мощности таких процессов как алкилирование, изомеризация и каткрекинга, так как выполнив это действие есть шанс снизить содержание и

вредное воздействие ароматических углеводородов и сохранить достаточно высокое октановое число. [6]

Подведём промежуточный итог, переработка и анализ всей нефтеперерабатывающей отрасли Российской Федерации необходимо, так как растёт необходимость в увеличении показателей экологической эффективности предприятия. Для того, чтобы избежать крупных потерь необходимо задуматься над реализацией новых высокотехнологичных процессов каталитического риформинга, а также усовершенствование процессов и увеличение мощностей изомеризации бензиновых фракций и алкилирования.

В связи с большим спросом на территории России процесса каталитического крекинга, являющимся в свою очередь главным источником УВ газов, используемых как сырьё в процессах алкилирования изобутана олефинами, процессы сернокислотного алкилирования обладает достаточно высокими перспективами к усовершенствованию. Это объясняет значительное увеличение различных новых технологий данного процесса [7].

1.2 Недостатки жидкофазного сернокислотного алкилирования

На сегодняшний день самой дорогой и менее целесообразной технологией алкилирования в России является технология с использованием жидких кислот в качестве катализаторов, таких как серная или плавиковая кислота. В следствии чего неэффективно проводить увеличение мощностей данных производств. [8]

Высокая стоимость – одна из самых важных причин неэффективности, а именно цифра в 680 миллионов долларов в год уходит на закупку катализатора алкилирования изобутана олефинами. Всего же в мире тратится порядка 2 млрд. долларов, а именно на катализатор алкилирования тратится около 34 %, что является достаточно высоким показателем, по объёму

продаж уступает лишь катализаторам каткрекинга, которые занимают 43 % от мирового рынка катализаторов. [6, 8, 9]

Такая высокая стоимость обусловлена высоким употреблением катализатора [8]. По статистике мировые расходы на приобретение катализаторов для достаточно крупных процессов, таких как риформинг и гидроочистка вместе взятые всё равно ниже, чем затраты на катализатор алкилирования. [9].

Но если сравнивать не по расходам и использованию катализаторов, процесс алкилирования сильно уступает основным процессам переработкам в 10 раз.

Высокий уровень употребления катализатора в процессах алкилирования является одним из самых главных, но не единственным минусом современных технологий алкилирования на основе жидких кислот [8].

Оптимальная работа установки сернокислотного алкилирования предполагает ежедневную значительную работу по транспортировке больших количеств свежей и отработанной серной кислоты.

Вторым более затратным и опасным недостатком технологии жидкофазного алкилирования является необходимая утилизация отработанной кислоты, которая для установки с производительностью более 5000 баррелей в сутки составляет кололо 50 тонн в сутки что является достаточно высоким показателем. [5]

Ежегодная стоимость регенерации отработанной серной кислоты от установок алкилирования во всем мире составляет около 500 миллионов долларов [5, 7].

Процессы жидкофазного кислотного алкилирования требуют выделения и последующей нейтрализации алкилата, присутствующего в

реакционной смеси. Это связано с тем, что остаточную кислоту следует удалять из продуктов алкилирования с помощью влажной очистки, промывки и щелочной нейтрализации, что приводит к образованию большого количества промышленных стоков.

Также для хранения кислоты необходимо строить специальные цистерны-хранилища и аппараты для промывки продуктов от остатков кислоты [10].

1.3 Особенности сернокислотного алкилирования

На действующих предприятиях установки сернокислотного алкилирования, оборудованных реакторами внутреннего охлаждения и принудительной закачкой в реакционную среду олефинсодержащего сырья, обычно контролируют объемное соотношение кислоты и углеводородов в зоне протекания реакции в пределах от 1 к 1 до 2 к 1, а объемную скорость подачи олефинов стараются держать в пределах $0,39 - 0,40 \text{ ч}^{-1}$, общее время реакции составляет 20 – 30 мин. Молярное соотношение изобутен: олефин в углеводородной смеси, подаваемой на алкилирование, обычно составляет $(4 - 10) : 1$; обычно используется шестикратное или семикратное разведение.

Температурные пределы промышленного алкилирования серной кислоты составляют от 0 до $10 \text{ }^\circ\text{C}$. Более низкие температуры процесса приводят к увеличению вязкости катализатора, тогда как высокие температуры приводят к интенсификации выхода нежелательных побочных продуктов.

В промышленности нашей страны в качестве сырья для процесса кислотного алкилирования используют ББФ и ПБФ. Соответственно, продуктами процесса являются бутилен- и пропилен-бутилен алкилбензины, которые соответствуют наивысшей категории оценки качества бензина (Госстандарты РФ).

Моторное октановое число полученных алкилбензинов составляет порядка 90 –96, содержание серы же в бутиленалкилате высшей категории качества до 0,015 мас. %.

1.4 Основные лицензиары жидкофазного кислотного алкилирования изобутана олефинами

На сегодняшний день основными компаниями-лицензиарами по распространению процессов сернокислотного алкилирования являются ExxonMobil (процесс автоматического охлаждения) и STRATCO (Stratford Engineering Corporation) (процесс охлаждения в потоке). Лицензиарами процессов алкилирования с использованием плавиковой являются две крупные на мировом рынке компании: Philips Petroleum и UOP.

По лицензии Philips Petroleum построено и эксплуатируется 84 установки, в то время как более 95 промышленных установок работают с производительностью от 600 до 21000 баррелей в день по алкилату по лицензии UOP.

В таблице 3 представлены города, в которых присутствуют установки сернокислотного алкилирования и их производственные мощности.

Таблица 3 – Установки исследуемого процесса в Российской Федерации

Город	Мощность, тонн в год
Самара	50 000
Уфа	110 000
Ярославль	100 000
Омск	300 000
Рязань	400 000

Помимо представленных установок в таблице, также существует одна с 2013 году в городе Уфа по технологии компании STRATCO и один завод с использованием вместо серной кислоты плавиковой кислоты в Кстово, расположенный на предприятии ЛУКОЙЛ Нижегороднефтеоргсинтез.

Введенная в эксплуатацию в 2000 году установка алкилирования на предприятии «Славнефть-ЯНОС» в Ярославле построена по новой технологии сернокислотного алкилирования с использованием струйного реактора.

Установка сернокислотного алкилирования, находящаяся на территории Омского НПЗ, выведенная на постоянный режим работы в ноябре 2001 года, после некоторых изменений и улучшений технологий, способна перерабатывать более 900 тонн сырья в сутки [11].

В мае 2013 года в Уфе запущен в промышленную эксплуатацию комплекс установок алкилирования серной кислоты и регенерации отработанной серной кислоты в филиале Башнефти - компании «Башнефть-Новаял» с производством 450000 тонн алкилата с высоким октановым числом равным 96 по исследовательскому методу. Алкилат, производимый на Уфимской установке алкилирования по технологии STRATCO-DuPont (США), является компонентом для производства высокооктановых бензинов, соответствующих рекомендуемым нормативам Евро-5.

В странах бывшего Советского Союза и России традиционно сложилось так, что в основном используют технологию алкилирования с использованием катализатора серную кислоту. Данный метод имеет ряд трудностей и недостатков по сравнению с другими технологиями и катализаторами. [8]

Но вместе с развитием нефтеперерабатывающей промышленности и развитием новых технологий, Россия начинает модернизировать предприятия для достижения более высокого качества продукта, как упоминалось ранее в

Кстове на НПЗ ввели новую установку фтористоводородного алкилирования, которая способна производить алкилат, удовлетворяющий условия Евро-5. [4]

Лицензиаром технологии для установки в Кстове и разработчиком проекта выступила американская компания UOP. Эта установка способна производить более 367,19 тыс. тонн алкилата в год, высокооктанового экологически чистого компонента бензина из бутан-бутиленовой фракции установки каталитического крекинга и бутан-изобутановой фракции, производимой на ЛЧ-35/11-600. установка абсорбционного газофракционирования [4].

1.5 Перспективы развития алкилирования изобутана олефинами

К 2020 году предполагалось, что более 80 % производимого в России бензина будет соответствовать стандарту Евро 5. Поэтому для соответствия современным требованиям к качеству моторных топлив (Евро 4 и Евро 5) российским НПЗ необходимо увеличить производственную мощность установок алкилирования. Из 57 новых заводов, которые российские компании планируют построить для повышения положительных характеристик моторных топлив, строительство заводов алкилирования ожидается на следующих НПЗ: Куйбышев (Роснефть); Волгоград, Кстово, Пермь и Ухта (Лукойл); Москва, Омск и Ярославль (Газпромнефть); Ново-Уфимский НПЗ (Башнефть); Кириши (Сургутнефтегаз); и Орск (Русснефть).

Планируется строительство абсолютно новых установок с использованием передовых технологий. Улучшение технологии исследуемого процесса в настоящее время является актуальной проблемой; многие исследования проводятся в этой области как отечественными, так и зарубежными компаниями [9].

1.5.1 Развитие технологий твердокислотного алкилирования

Прогресс в процессе алкилирования связывают, прежде всего, с переводом процесса на твердые катализаторы (твердокислотный катализатор (ТКК)) вместо известных жидких катализаторов и снижением употребления катализатора с 80 – 100 кг до 1 кг на тонну алкилата [7, 8].

Технология алкилирования с применением катализаторов на твердых носителях имеет существенные преимущества перед жидкими катализаторами, которые заключаются в большей надежности технологии, конкурентоспособности и экологической безопасности процесса. Качество и выход алкилата в твердой кислотной технологии выше, чем в жидкофазном процессе, а капитальные и эксплуатационные затраты сопоставимы со стоимостью используемых технологий. Риски значительно снижаются по сравнению с процессами с использованием серной кислоты и фтористоводородного алкилирования. Количество образующихся отходов незначительно, а растворимые в кислоте побочные продукты процесса отсутствуют [7, 8].

Цеолиты обладают достаточной активностью для проведения процесса алкилирования изобутана олефинами с получением высококачественного алкилата и демонстрируют высокую селективность, стабильность и способность к регенерации (что необходимо для успешного управления процессом) [9, 10].

Также при использовании цеолитов различных форм и размеров, а также различных по составу, есть возможность менять температуру и давление в достаточно широком диапазоне. [9]

Введение катионов редкоземельных элементов и металлов платиновой группы в состав кристаллической решетки катализаторов позволяет значительно снизить температуру и давление реакции [12].

1.5.2 Основные компании и разработчики процессов твердокислотного алкилирования изобутана олефинами

Следующие компании внесли огромный вклад в разработке гетерогенных кислотных катализаторов, которые возможно использовать вместо традиционных: иностранные компании - Mobil Oil Corporation, Sun Oil Company, Universal Oil Products Company, CLG (США), AkzoNobel (Голландия), Haldor Topsoe A / S (Дания), INL (США), UOP (США), EXELUS (США) и Lurgi (Германия); ведущие отечественные научно-исследовательские институты, в том числе Российской академии наук (РАН): Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН; Институт органической химии им. Зелинского РАН; Грозненский государственный нефтяной технический университет; Институт переработки углеводородов СО РАН; и другие [13].

В странах бывшего Советского Союза реакции алкилирования изобутана олефинами на твердых катализаторах начали изучать в 1970-х годах [13]. Первые исследования реакции алкилирования изобутана олефинами были выполнены группой ученых во главе с Х.М. Миначевым на цеолитах НУ, модифицированных катионами Ca^{2+} и Ln^{3+} .

1.5.3 Развитие отечественного твердокислотного алкилирования. Исследования Грозненского государственного Нефтяного университета

Результаты первых исследований, проведенных в Грозненском университете, посвященных процессу алкилирования изобутана бутенами на катализаторе, содержащем поликатионную форму цеолита U, появились в

середине 1970-х годов. Грозненский университет [13] предложил три способа проведения процесса алкилирования на твердых катализаторах (ASC-процессы):

- процесс с использованием слоя катализатора (ASC-SCL), суспендированного в сырье в реакторной установке;
- процесс алкилирования изобутана олефинами с использованием шарикового катализатора (ASC-BC) в реакторном блоке движущегося слоя;
- процесс алкилирования изобутана бутенами в неподвижном слое цеолитного катализатора.

Большинство исследований направлены на изучение процесса алкилирования изоалканов олефинами в присутствии модифицированного катализатора, содержащего цеолиты типа фожазита (структурный тип FAU). [13].

Помимо катализаторов на основе фожазита, в настоящее время в отечественных научно-исследовательских институтах в качестве катализаторов для поиска экологически чистых технологий алкилирования изопарафинов олефинами используются цеолиты с высоким содержанием силикатных модулей типа X, Y и широкопористые цеолиты ZSM. В качестве промоторов использовали катионы кальция, церия, лантаноидов и металлов VIII группы.

Большое количество исследований было проведено с использованием твердых кислотных катализаторов, а именно наноструктурированных цеолитов, таких как фожазит, морденит, бета, ZSM-5, MSM-22, MSM-36, MSM-49, ZSM-20, суперкислоты, осажденные минеральными кислотами и перфторированная сульфатированная смола, но они не привели к созданию крупномасштабного процесса алкилирования.

В результате анализа представленных исследований было установлено следующее: при использовании цеолита типа пентасил (ZSM-6 и ZSM-11)

реакция протекала при достаточно высоких температурах, около 200 °С, по сравнению с процессом алкилирования на катализаторах типа Y, β, маззита и других. В следствии повышения температуры интенсифицировались побочные реакции, такие как полимеризация и коксование, что является отрицательным эффектом на образование целевого продукта [13].

Кроме того, в ходе совместной работы Грозненского университета и Института Зелинского были разработаны катализаторы алкилирования изобутана бутиленами на основе цеолита Y. Показано, что введение катионов Ca²⁺ и NH⁴⁺ значительно улучшает показатели алкилирования цеолита Y. Наилучшие результаты были достигнуты при введении катионов Ca²⁺, Ni²⁺ и Re³⁺ в цеолит Y.

1.5.4 Зарубежные исследования процесса твердокислотного алкилирования

Исследования процесса твердого кислотного алкилирования изобутана олефинами, проводимые зарубежными фирмами, направлены на разработку твердых кислотных катализаторов с различными добавками для повышения их активности, селективности и стабильности; улучшить технологическую схему; разработать современную улучшенную конструкцию реактора; и определить влияние факторов на процесс, влияние состава сырья и алкилирующих агентов и т. д.

1) Процесс AlkyClean, разработанный компаниями CLG (США) и AkzoNobel (Голландия), осуществляется в неподвижном слое твердокислотного катализатора - цеолита с добавками платины и оксида алюминия, не содержащего ионов галогена [7, 8, 9].

Температура процесса поддерживается в пределах 50 – 90 °С; соотношение изобутен: олефины варьируется от 8 : 1 до 10 : 1 [7, 9]. Легкие олефины C₃ – C₅ используются в качестве алкилирующих агентов. Целевым продуктом процесса является высокооктановый бессернистый алкилат бензина. Этот процесс не загрязняет окружающую среду и безопасен для здоровья персонала [14].

2) В процессе Eurofuel Process компании Lurgi (Германия) высокооктановые компоненты бензина получают путем алкилирования изобутана легкими олефинами (пропиленом, бутиленом и амиленами) в потоке циркулирующей суспензии твердо-кислотного катализатора на основе цеолитов [8]. Реактор представляет собой тарельчатую ректификационную колонну, в которой тарелки играют роль ступеней реакции. Катализатор, дезактивированный в процессе алкилирования, периодически регенерируют при повышенных температурах в присутствии водорода, что также исключает накопление ненасыщенных углеводородов на поверхности катализатора. Технология предлагаемого процесса более безопасна по сравнению с алкилированием серной и плавиковой кислот, не загрязняет окружающую среду и не вызывает коррозии.

3) INL – компания, которая смогла разработать совершенно новый вариант процесса алкилирования, который основан на алкилировании твёрдых кислот SCA – SCFR. Реакция протекает в специальном реакторе-контакторе с неподвижным слоем катализатора, представляющий собой цеолит USY, реактор, в свою очередь, связан с регенератором катализатора, который действует по механизму десорбции отложений тяжёлых УВ при использовании сверхкритического флюида в качестве десорбента. [8] Катализатор процесса был разработан в сотрудничестве с Marathon Ashland Petroleum. Продолжительность цикла алкилирования 3 часа. Поток олефинов содержит 28 % пропилена, 68 % бутилена и 4 % пентилена.

Среднее значение параметра продолжительности активного функционирования твердого кислотного катализатора в процессе SCA-SCFR превышена в 20 раз по сравнению с этим показателем в ранее известных процессах.

1.6 Математическое моделирование процессов алкилирования

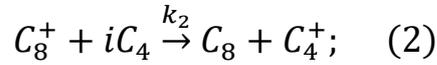
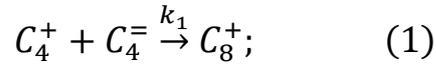
Математическая модель любого процесса нужна для подбора оптимальных параметров, чтобы получить как можно высокий выход целевого продукта и высокую избирательность процесса, что в свою очередь отразится на экономической составляющую проекта.

Для того, чтобы грамотно создать и записать математическую модель, нужно знать определённые зависимости термодинамических и кинетических параметров от тех параметров, которые возможно регулировать, например давление и температура, Зная эти закономерности, можно оптимизировать модель, исключая факторы, не влияющие на процесс.

В качестве примера разберём математическое моделирование процесса алкилирования на твёрдом катализаторе.

На сегодняшний день реакция алкилирования рассматривается по механизму карбениевых ионов. [15] Помимо основных реакций алкилирования (уравнения (1) - (2)) существуют также большинство побочных реакций, которые снижают качество алкилата и приводят к дезактивации катализаторов любого типа. Побочные реакции приводят к образованию и накоплению более тяжёлых карбкатионов, которые часто являются помехой для диффузии частиц в гранулах катализатора. Для того, чтобы приблизить предложенную математическую модель к реальной модели необходимо учесть степень покрытия участка, а также учесть

стерический эффект, который может повлиять на активность твёрдых кислотных катализаторов.



Симпсон, для упрощения расчётов, подобрал уравнения, которые связывают скорость потребления бутена (уравнение (3)) и скорость дезактивации активных центров катализатора (уравнение (4)) [16].

$$R = \frac{-k_1 C_B \alpha}{1 + K(C_B/C_1)}; \quad (3)$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} = \frac{-k_3 K(C_B/C_1) C_B}{1 + K(C_B/C_1)} * [S]_0; \quad (4)$$

Используя данные уравнения возможно получить модель реакции алкилирования и процесса отравления активных центров катализатора. Схематические рисунки реактора для данного процесса и диффузия частиц в грануле катализатора представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

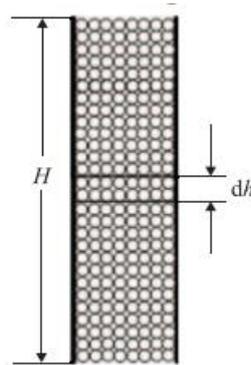


Рисунок 1 – Схематическая диаграмма реактора с неподвижным слоем катализатора

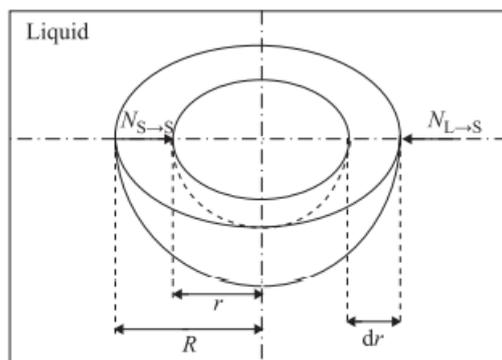


Рисунок 2 – Схематическое описание диффузии в грануле катализатора

Для моделирования процесса в реакторе с неподвижным слоем необходимо сделать следующие допущения:

- 1) Объёмный поток в слое – поршневой поток;
- 2) Равномерное распределение гранул в катализаторе;
- 3) Не учитывается влияние внешней диффузии;
- 4) Сама реакция алкилирования проходит в катализаторе.

По данным допущениям можно сказать, что слой реактора разделён на N ячеек равного объёма для того, чтобы было легче считать, также каждая ячейка хорошо перемешана. Уравнение (5) показывает материальный баланс объёмного потока в реакторе с неподвижным слоем.

$$\frac{U \partial C_{A,i}}{\partial h} + \frac{3 \varepsilon_S}{r_0} * D_{eff} \left(\frac{\partial C_B}{\partial r} \right)_{r=r_0} + \frac{\partial C_{A,i}}{\partial t} \varepsilon_i = 0; \quad (5)$$

где C_B , $C_{A,i}$ – концентрация бутена внутри гранулы и объёмная концентрация бутена соответственно; U – скорость объёмного потока; ε_i и ε_S – пустая доля слоя и гранул в реакторе; D_{eff} – эффективный коэффициент диффузии бутена внутри зерна катализатора.

Радиус гранул при этом разделяется на M равных интервалов. Материальный баланс бутена в сферической форме зерна катализатора данного процесса можно записать следующим образом:

$$\varepsilon_p * \frac{\partial C_{B,m}}{\partial t} = R + \frac{\partial D_{eff}}{\partial r} \frac{\partial C_{B,m}}{\partial r} r^2 * \frac{1}{r^2}; \quad (6)$$

где ε_p – пористость гранулы; $C_{B,m}$ – концентрация бутена в отдельно взятой оболочке гранулы. Рассматривается, что локальный коэффициент диффузии есть функция локальной активности гранулы катализатор и записывается следующим образом [17]:

$$D_{eff} = (\varepsilon_p D_{B0}/\tau) * \left[1 - \left(1 - \left(\frac{D_p}{\varepsilon_p D_{B0}/\tau} \right) (1 - \alpha) \right) \right]; \quad (7)$$

где τ – извилистость гранулы катализатора; α – точечная активность; D_{B0} – коэффициент диффузии бутена в чистых порах; D_p – диффузия в отравленных порах. Уравнение (7) может быть преобразовано в уравнение (8):

$$D_{eff} = (\varepsilon_p D_{B0}/\tau) * \left[1 - \left(1 - \left(\frac{D_p}{\varepsilon_p D_{B0}/\tau} \right) (1 - \alpha)^n \right) \right]; \quad (8)$$

где n – показатель отражающий влияние точечной активности на эффективный коэффициент диффузии.

Таким образом уравнение (4) показывает степень покрытия участка реакционной среды, а уравнение (8) учитывает стерический эффект.

Во время моделирования процесса массопереноса в реакторе, граничные и начальные условия могут быть записаны следующим образом:

$$\frac{\partial C_B}{\partial r} = 0 \text{ при } r = 0, t \geq 0; \quad (9)$$

$$C_B = C_A \text{ при } r = r_0, t > 0; \quad (10)$$

$$C_B = 0 \text{ при } t = 0, 0 \leq r \leq r_0; \quad (11)$$

$$\alpha = 1 \text{ при } t = 0, 0 \leq r \leq r_0; \quad (12)$$

Для решения материального баланса модели параметры k_1 , K , k_3 , n и D_p являются регулируемыми. Значения данных параметров вычисляют путём подбора расчётных результатов модели к экспериментальным с использованием функции наименьших квадратов по уравнению (13).

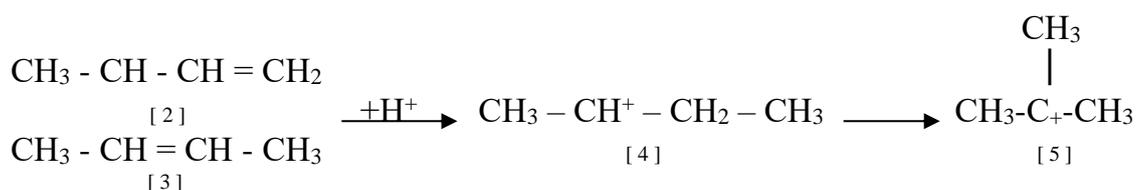
$$J = \int_0^i [C_{exp}(t) - C_{cal}(t)]^2 dt \rightarrow min; \quad (13)$$

где C_{exp} и C_{cal} – экспериментальные и расчётные значения концентрации соответственно.

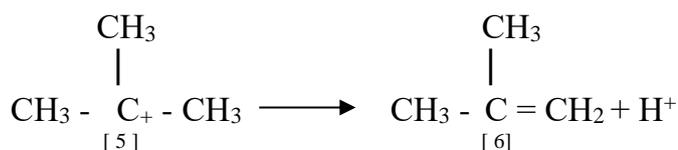
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Химизм процесса алкилирования

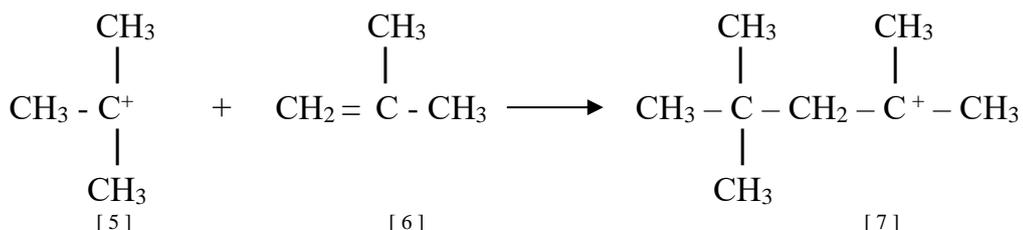
Реакция алкилирования изобутана [1], бутиленом-1 [2] и бутиленом-2 [3] заключается в том, что в присутствии серной кислоты бутилены [2], [3] через промежуточный вторичный бутилкарбокатион [4] изомеризуется в трет-бутилкарбокатион [5]:



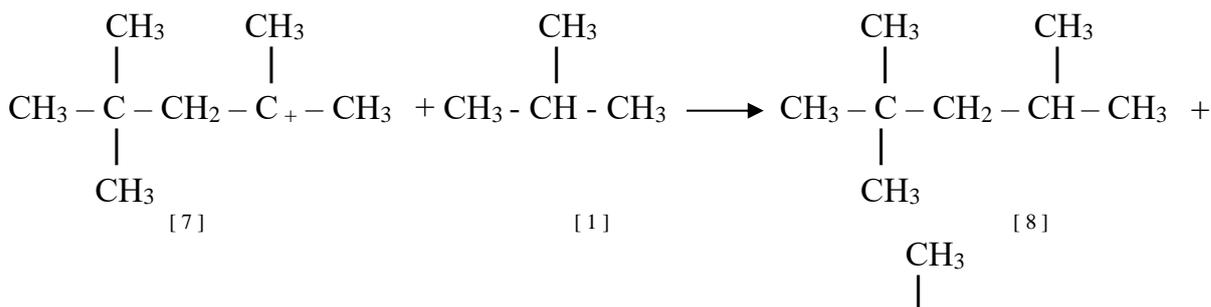
Образующийся трет-бутилкарбокатион [5] в присутствии катализатора теряет протон, образуя соответствующий изобутен [6]:



Изобутен [6] взаимодействует с новым трет-бутилкарбокатион [5] с образованием изооктил-иона [7]:



Изооктил-ион [7] реагирует с молекулой изобутана [1], образуя 2,2,4-триметилпентан (изооктан) [8] и трет-бутилкарбокатион [5], который продолжает химическую реакцию взаимодействуя с изобутиеном [6]:





Помимо основной реакции алкилирования протекают побочные реакции, продукты которых снижают качество получаемого алкилата:

А) Алкилирование пропиленов и кетонов.

Пропилены и кетоны, вступая в реакцию с изобутаном, образуют продукты с низким октановым числом. Повышается расход изобутановой фракции.

Б) Полимеризация.

При недостаточном количестве циркулирующего изобутана в реакционной зоне происходит взаимодействие олефинов между собой, в результате которого образуются тяжёлые углеводороды, снижающие качество алкилата.

Для подавления реакции полимеризации процесс сернокислотного алкилирования проводят при разбавлении олефинового сырья потоком непрерывно циркулирующего в системе изобутана. Избыток изобутана предотвращает также побочную реакцию деалкилирования.

В) Примеси, находящиеся в сырье, также вступают в реакцию с образованием растворимых в кислоте масел. При этом происходит загрязнение серной кислоты, вследствие чего увеличивается потребление серной кислоты.

Вредными примесями для реакции алкилирования являются бутадиены, кислородные соединения (метанол, спирты, эфиры, МТБЭ), меркаптаны (серные соединения), вода.

Присутствие в серной кислоте сульфатов железа (II и III валентного) создают более благоприятные условия для протекания вторичных реакций.

2.2 Сырьё процесса алкилирования

Сырьём для установки сернокислотного алкилирования служит бутан-бутиленовая фракция, которая содержит порядка 50 % олефинов, а именно самих бутиленов, которые были получены на газофракционирующих установках.

В представленной работе были использованы следующие составы, входящих в установку, веществ. Состав потоков представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Состав сырьевых потоков

Поток	Компонент	Массовая доля
Бутан-бутиленовая фракция	Сумма C ₂	0
	Пропан	0,3
	Пропилен	0,03
	Изобутан	43,41
	Бутан	8,43
	Бутилен	15,75
	Изо-бутилен	5,76
	Транс-бутилен	16,07
	Цис-бутилен	9,92
	Бутадиен-1,3	0,3
	Изопентан	0,03
Циркулирующий изобутан	Пропан	3,08
	Изобутан	84,73
	Бутан	11,01
	Изопентан	0,31
Изобутан - Хладагент	Пропан	8,4
	Изобутан	79,04
	Бутан	11,01
	Изопентан	1,55

2.3 Основные факторы, влияющие на процесс сернокислотного алкилирования

- Разбавление сырья изобутановой фракцией;
- Объёмная скорость реакции;
- Температура в зоне реакции;
- Концентрация серной кислоты;
- Насыщенность смеси в реакторе;
- Примеси в сырье.

2.3.1 Разбавление сырья изобутановой фракцией

Несмотря на то, что при реакции алкилирования на один моль олефинов потребляется один моль изобутана, в реакционной зоне необходимо поддерживать большой избыток изобутана по сравнению с олефинами. Избытком изобутана подавляются побочные реакции полимеризации и деалкилирования. Кратность изобутана - олефины обычно составляет от 7:1 до 12:1. Повышение кратности изобутана - олефины более 12:1 уже малоэффективно, так как при этом возрастают эксплуатационные расходы на циркуляцию и охлаждение изобутана.

Пропан и нормальный бутан не участвуют в реакции, но их присутствие снижает концентрацию изобутана в реакционной смеси, поэтому нельзя допускать их накапливания в циркулирующей изобутановой фракции.

2.3.2 Объёмная скорость реакции

Этот параметр определяется как отношение объёмного расхода олефинов, поступающих в реактор, к объёму кислоты в реакторе.

Он характеризует концентрацию олефинов в кислой фазе реактора и длительность пребывания углеводородной фазы в контакторе.

На практике этот параметр является важным для определения размеров установки, т.к. он позволяет оптимизировать выбор числа реакторов в зависимости от спецификации алкилатной продукции и качества этого алкилата. С точки зрения эксплуатации установки он не имеет большого значения.

2.3.3 Температура в зоне реакции

Температура реакции должна быть от 4 °С до 13 °С.

Реакция алкилирования протекает с положительным тепловым эффектом. Для поддержания технологического режима выделяющееся тепло реакции из реакционной зоны необходимо отводить, так как повышение температуры реакции способствует полимеризации олефинов и окислению (сульфированию) углеводородов в большей мере, чем алкилированию. В результате увеличивается расход серной кислоты на реакцию, снижается выход алкилата и ухудшается его качество по антидетонационной характеристике.

Если температура реакции опускается ниже 4 °С, то отстаивание кислоты и углеводородов происходит хуже, приводя к тому, что углеводороды на выходе из реактора увлекают за собой кислоту. При температуре ниже 2 °С серная кислота застывает, что вызывает увеличение расхода энергии на ее перемешивание и препятствует образованию эмульсии необходимого качества.

2.3.4 Давление в реакционном контуре

При сернокислотном алкилировании, которое обычно протекает при низких температурах, изменение давления не оказывает существенного влияния на реакцию. Давление этого процесса выбирают по технологическим соображениям немного больше, чем давление насыщенных паров перерабатываемых углеводородов при температуре в реакторе, чтобы обеспечить поддержание их в жидкой фазе.

2.3.5 Концентрация серной кислоты

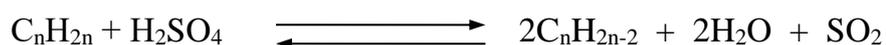
Для алкилирования фракций углеводородов C4 обычно используют серную кислоту, содержащую (90 ÷ 98) % моногидрата. При увеличении концентрации серной кислоты повышается октановое число алкилата (антидетонационные характеристики).

Использование серной кислоты с концентрацией выше 100 % приводит к усилению побочных реакций сульфирования. Серная кислота с концентрацией менее 86 % интенсифицирует побочные реакции полимеризации олефинов.

В процессе работы концентрация серной кислоты понижается по двум причинам:

А) вследствие накопления в ней высокомолекулярных органических соединений (кислых и нейтральных сложных эфиров серной кислоты, высокомолекулярных углеводородов);

Б) в результате разбавления кислоты водой, которая попадает в реактор с сырьем, а также образуется в результате некоторых побочных реакций:



В отработанной серной кислоте возможно присутствие диалкилсульфатов. Часть последних может распадаться с выделением кислорода:

$R_1-O-SO_2-O-R_2 \rightleftharpoons R_1-R_2 + SO_2 + O_2$. Кислород, отнимая водород от углеводородов, также образует воду.

Разбавление серной кислоты водой резко снижает ее каталитическую активность, поэтому важно соблюдение оптимального режима контактора, способствующего образованию воды в минимальном количестве. Кроме того, емкости для накопления ББФ и изобутановой фракции необходимо тщательно дренировать от воды.

2.3.6 Насыщенность смеси в реакторе

Для того чтобы реакция алкилирования протекала нормально, нужно гомогенизировать эмульсию серной кислоты и углеводородов. Однородная эмульсия в реакторе углеводородной фазы и кислоты в связи с их небольшой взаимной растворимостью образуется с помощью перемешивающих устройств.

Серная кислота является непрерывной фазой эмульсии. Так как изобутан слабо растворим в серной кислоте, он распылен в кислоте в виде очень маленьких капелек.

Объемное соотношение катализатор (серная кислота): углеводороды принимается равным 1:1.

Увеличение относительного объема кислоты не вредит процессу, но увеличивается вязкость смеси и, соответственно, расход энергии на перемешивание.

Уменьшение доли кислоты приводит к образованию ее эмульсии с углеводородами, которая ухудшает качество алкилбензина и увеличивает расход серной кислоты.

Насыщенность углеводородной смеси в контакторах определяется разницей между давлением сырья в реакторе и нагнетанием лопастей смесителя. Перепад давлений находится в пределах $(0,5 \div 0,8)$ кгс/см² ($0,05 \div 0,078$ МПа).

2.3.7 Примеси в сырье

ББФ, используемая в качестве сырья для процесса алкилирования, содержит некоторое количество примесей, являющихся или инертными разбавителями реагирующих углеводородов, или загрязнителями катализатора (серной кислоты). Примеси взаимодействуют с серной кислотой, что ухудшает ее каталитические свойства.

К примесям в сырье относятся нормальные парафиновые углеводороды с низкой реакционной способностью (пропан, н-бутан, н-пентан), которые разбавляют углеводородную фазу и, следовательно, снижают концентрацию в ней изобутана и бутиленов. Для удаления преобладающего инертного разбавителя (пропана) на установке предусмотрена ректификационная колонна (пропановая) в которой частично отделяется пропан от изобутана, циркулирующего в системе.

Присутствие н-пентана нежелательно в сырье, т.к. он влияет на качество получаемого алкилбензина.

При наличии в сырье меркаптанов и сероводорода увеличивается расход серной кислоты. Один килограмм сернистых соединений разбавляет 65 кг 98 % кислоты до 90 % концентрации.

Аналогично один килограмм воды разбавляет 11 кг 98 % кислоты до 90 % концентрации.

Бутадиен, присутствующий в олефиновом сырье, может подвергаться алкилированию изобутаном или, вследствие высокой скорости его абсорбции, кислотой. Бутадиен поглощается кислотой, полимеризуется и разбавляет ее. Этилен, присутствующий в олефиновом сырье, образует, стабильные сложные этиловые эфиры с серной кислотой и действует как разбавитель кислоты.

2.4 Принципиальная схема процесса

На рисунке 3 показана принципиальная схема установки сернокислотного алкилирования.



Рисунок 3 – Принципиальная схема установки сернокислотного алкилирования

Блок подготовки сырья необходим для очистки УВ потоков от нежелательных примесей. Очищают с помощью щелочной и водной промывки и дальнейшей осушки.

Основной частью установки алкилирования является реакторный блок, в котором проходит химическая реакция и образуется целевой продукт установки – алкилат.

Циркулирующий хладагент возможно получить на блоке охлаждения путем компремирования его на компрессоре и подачи в реакционную среду.

Для того, чтобы отделить нежелательный пропан от циркулирующего хладагента используют блок депропанации. Данный процесс основан на теплофизических свойствах углеводородов.

Кислые и нейтральные сложные эфиры (продукты побочных реакций), которые вызывают коррозию и загрязнение секций фракционирования, удаляются на блоке промывки. Основан данный процесс на взаимодействии серной кислоты и раствора щёлочи с эфирами.

Циркулирующий изобутан получают на блоке деизобутанизации. Также как и блок депропанации основан на теплофизических свойствах углеводородов.

Блок дебутанизации предназначен для получения индивидуальных фракций бутана и товарного алкилата.

Для поддержания экологической среды используется блок рекперации и нейтрализации кислых выбросов. Этот процесс основан на различии физических свойств УВ с кислотой, а также на взаимодействии кислых и щелочных стоков соответственно со щелочью и кислотой.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью данного раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок и технологий, отвечающих предъявляемым требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения [18 - 23].

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Темой исследования является моделирование процесса сернокислотного алкилирования изобутана бутиленами, а предметом исследования является сама модель процесса. Именно модель будет рассматриваться как потенциальная разработка для анализа финансовой части.

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

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками .

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол, национальность, образование, любимые занятия, стиль жизни, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода.

Критерием сегментирования может служить вид оказываемых услуг с применением математической модели процесса производства компонентов автомобильного бензина.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка услуг

Производство	Вид услуги		
	Моделирование процесса	Рекомендации по реконструкции	Проектирование процесса
Нефтехимическое	Омский НПЗ		Омский НПЗ
Фармацевтическое		Березовский ФЗ	
Пищевое			КемТИПП

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. На рисунке 4.1 представлена карта сегментирования рынка по потребности производства в плазмон-каталитических реакторах.

Таким образом, наиболее благоприятным сегментом и направлением для исследований является моделирование процессов, а также проектирование оборудования нефтехимических производств.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

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 реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

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

Поскольку разработок по созданию компьютерных моделирующих систем процесса сернокислотного алкилирования в литературе не обнаружено, был проведен анализ сравнения возможных программных обеспечений, позволяющих смоделировать процесс нефтепереработки.

Лидирующие позиции в настоящее время занимают продукты компаний – SimulationSciences (SimSci), AspenTechnologies и Hysprotech. Программные продукты Hysys и HysimPro и ProVision, AspenPlus и SpeedUP. Программные продукты ChemCAD, PROSIM DESIGN, КОМФОРТ, GIBBS предоставляют значительно меньше возможностей и позволяют рассчитывать ограниченный круг задач инженера – технолога.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, которая приведена в приложении А в таблице А1.

Как видно из оценочной карты, разрабатываемая моделирующая система является относительно конкурентоспособной на российском рынке. Преимуществом нашей разработки является чувствительность модели к составу перерабатываемого сырья, что позволяет ей адаптироваться к изменению условий процесса. Также цена на наш программный продукт ниже, чем на продукты конкурентов. Однако есть и определённые недостатки: во-первых, это ограниченная функциональность. Программные продукты конкурентов содержат гораздо большее число процессов.

4.1.3 SWOT – анализ

Для комплексной оценки научно-исследовательского проекта необходимо составить SWOT-анализ, результатом которого является описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа, который состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям

окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» – сильное соответствие сильных сторон возможностям, либо знаком «-» – слабое соответствие; «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивная матрица проекта представлена ниже

Таблица 4.2 – Интерактивная матрица проекта.

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	0	+	-	-
	B2	+	-	+	+
	B3	+	+	+	+
	B4	+	+	+	-
Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	-	+	+	+
	У2	-	-	-	-
	У3	+	-	+	+
	У4	0	-	+	-
Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	-	-	-
	B2	+	-	+	-
	B3	-	0	+	-
	B4	-	-	-	-
Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	0	+
	У2	+	+	+	+
	У3	-	0	-	0
	У4	+	0	+	+

В случае, когда две возможности сильно коррелируют с одними и теми же сильными сторонами, с большой вероятностью можно говорить об их единой природе. В этом случае, возможности описываются следующим образом: В3В2С3С2.

Следующим шагом является составление SWOT – матрицы, которая является итоговой (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	Сильные стороны проекта: С1: Чувствительность к изменению состава сырья С2: Наличие бюджетного финансирования С3: Возможность проведения необходимых исследований без участия промышленной установки С4: Достаточно высокая точность модели	Слабые стороны проекта: Сл1: Отсутствие учета в модели концентрации серной кислоты – катализатора процесса Сл2: Ограниченность экспериментальных данных с промышленной установки Сл3: Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с разработанной моделью Сл4: Устаревшая программа
<p>Возможности:</p> <p>В1: Внедрение на Российских НПЗ процесса алкилирования, тем самым повышение глубины переработки нефти в стране</p> <p>В2: Внедрение системы в образовательную сферу в качестве компьютерного тренажера для обучения студентов</p> <p>В3: Возможность отработки по программе действий персонала в случае экстренных ситуациях</p> <p>В4: Внедрение данной разработки на предприятии для оптимизации уже существующих процессов</p>	<p>1. Создание удобного интерфейса программы на основе модели (В1С2)</p> <p>2. Проведение экспериментов в лабораториях ТПУ для проверки модели на адекватность (В2С4С3С1)</p> <p>3. Повышение эффективности использования сырья на предприятии (В3С4С3С2С1)</p> <p>4. Разработка математической модели процесса сернокислотного алкилирования с целью перехода к более совершенным технологиям, конструкциям оборудования и новым катализаторам (В4С3С2)</p>	<p>1. Приобретение необходимого оборудования опытного образца (-)</p> <p>2. Разработка модели, учитывающей концентрацию серной кислоты (В2Сл3)</p> <p>3. Моделирование всей технологической схемы процесса, с целью прогнозирования промышленных данных (В3Сл3)</p> <p>4. Постепенный переход к новым технологиям, другим катализаторам (В4Сл4Сл1)</p>
Угрозы:	1. Введение в модель	1. Продвижение новой

У1: Высокая конкуренция с другими технологиями алкилирования, которые основаны на других катализаторах.	чувствительности к составу сырья и создание базы катализаторов (У1С4С3С2)	технологии с целью появления спроса (У1Сл4Сл2Сл1)
У2: Отсутствие спроса; не заинтересованность предприятий по внедрению инновационного проекта	2. Сокращение временных затрат на создание модели (-)	2. Приобретение необходимых экспериментальных данных по составу сырья и продукта с промышленной установки (У2Сл4Сл3Сл2Сл1)
У3: Ограниченный рынок основного сырья	3. Развитие конкурентной среды (У3С4С3С1)	3. Приобретение необходимого оборудования опытного образца (-)
У4: Внедрение других разработанных программ на предприятиях России	4. Продвижение новой технологии с целью появления спроса на усовершенствованную модель (У4С3)	4. Разработка научного исследования (У4Сл4Сл3)

На основе SWOT – анализа были показаны проблемы, стоящие перед разработанной программой.

Для проекта по моделированию процесса серноокислотного алкилирования характерен баланс сильных и слабых сторон, а также возможностей и угроз, т. е. разработанная модель находится в достаточно стабильных условиях.

4.2 Планирование работы

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований сформирована рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, в качестве инженера проекта; научный руководитель выпускной квалификационной работы. Составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведено распределение исполнителей по видам работ (Таблица А4 приложения А).

4.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож i}$ используется формула:

$$t_{ож i} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5};$$

где $t_{ож i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.; $t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.; $t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ож i}}{Ч_i};$$

где T_{pi} – продолжительность выполнения одной работы, раб. дн.; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

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

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}};$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях; T_{pi} – продолжительность выполнения i -ой работы в рабочих днях; $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

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

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

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

Коэффициент календарности равен:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - (52 + 14)} = 1,22;$$

Результаты расчетов приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Временные показатели проведения научного исследования

№ работы	Трудоемкость работы			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность в календарных днях, T_{ki}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{\text{ож}}$, чел-дни			
1	1	1	1	Рук., инж.	1	1
2	14	16	15	Инженер	15	18
3	5	7	6	Инженер	6	7
4	18	21	12	Рук., инж.	6	7
5	10	14	12	Инженер	12	15
6	12	14	13	Инженер	13	16
7	7	10	8	Рук., инж.	4	5
8	7	10	8	Рук., инж.	4	5
9	22	25	23	Рук., инж.	12	15
Итого	96	118	106		73	89

На основе таблицы 4.3 составляем календарный план-график, который наглядно показывает продолжительность работы исполнителей. План график представлен в таблице А5 приложения А.

4.2.4 Бюджет научно-технического исследования

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

4.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{\text{расх } i};$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (принимаются в пределах 15 – 25 % от стоимости материалов).

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, отражены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Материальные затраты НТИ

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z _м), руб.
Ручка	Шт.	2	60	120

Карандаш	Шт.	1	40	40
Чернила для принтера	мл	200	1,5	300
Тетрадь	Шт.	1	100	100
Бумага	Листы	150	2	300
ИТОГО				1032

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

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, КИП, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

При приобретении оборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15 % от его цены. Однако, в данной работе используются программные обеспечения, которые не нужно привозить и устанавливать.

Для выполнения научно-исследовательского проекта требуется приобрести персональные компьютеры для трех человек, ПО MicrosoftOffice 365 для создания документов и лицензионного программного пакета Unisim Design для компьютерной реализации модели. Также требуется получить экспериментальные данные с завода, запросив их на нефтеперерабатывающем заводе или проведя испытания самостоятельно на кафедре.

Все расчеты по приобретению спецоборудования отображены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименования оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	ПО Microsoft office 365	1	8	8
2	Лицензия Unisim Design	1	60	60
3	Ноутбук	1	30	30
4	Принтер	1	5	5
ИТОГО				123,6

4.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данной подглаве рассматривается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, которые участвуют в научной работе.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. Также включается премия, которая выплачивается ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп};$$

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

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_p;$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата; T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

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

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. (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
-выходные	44	48
-праздничные дни	18	18
Потери рабочего времени		
-отпуск	48	28
-невыходы по болезни	1	5
Действительный годовой фонд рабочего времени	254	266

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}};$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент (0,3);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (0,2 – 0,5);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент (1,3);

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Базовая ставка	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Научный руководитель	35 000	1,3	77 350	3 167	27	85 509
Студент	0	1,3	0	0	73	0
ИТОГО						85 509

4.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн};$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (0,12 – 0,15).

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн} = 0,135 * 85 509 = 11 544 \text{ рублей};$$

Тогда заработанная плата будет равна: $85 509 + 11 544 = 97 053$ рублей.

4.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данном пункте отражаются обязательные отчисления по установленным законодательствам РФ нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяются исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} * (Z_{осн} + Z_{доп});$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.9

Таблица 4.9 – Внебюджетные отчисления

Исполнитель	Заработанная плата, $Z_{\text{доп+осн}}$	Коэффициент отчислений на 2021 год	$Z_{\text{внеб}}$, руб.
Руководитель	97 053	0,271	26 301
ИТОГО			26 301

4.2.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, электроэнергия, оплата услуг связи, почтовые расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей 1} \div 5) * k_{\text{нр}};$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (16 %).

$$Z_{\text{накл}} = (1032 + 68000 + 85509 + 11544 + 26301) * 0,16 = 30\,782 \text{ рублей.}$$

4.2.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект представлен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты	1 032	Пункт 4.2.4.1
2. Затраты на специальное оборудование	68 000	Пункт 4.2.4.2
3. Затраты по основной заработной плате	85 509	Пункт 4.2.4.3

исполнителей		
4. Затраты на дополнительную заработанную плату исполнителей	11 544	Пункт 4.2.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	26 301	Пункт 4.2.4.5
6. Затраты на научные и производственные командировки	-	-
7. Контрагентские расходы	-	-
8. Накладные расходы	30 782	Пункт 4.2.4.6
9. Бюджет затрат НИИ	192 386	-

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

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).

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

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i;$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

Для сравнения можно взять два разных исполнения. Отличаться они будут лишь программным обеспечением. В данном случае предполагается что при исполнении 1 – программа Unisim Design, а исполнение 2 – использование программы, которая предполагает использование Delphi 7.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения представлена в таблице 4.11

Таблица 4.11 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии\Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исполнение 1	Исполнение 2
1. Пригодность к исправлению ошибок	0,10	5	3
2. Стоимость разработки	0,20	4	2
3. Способствует росту производительности труда	0,30	5	4
4. Удобство в эксплуатации	0,25	4	3
5. Специфичность для конкретного производства	0,15	4	3
ИТОГО	1		

$$I_{p-исп1} = 0,1 * 5 + 0,2 * 4 + 0,3 * 5 + 0,25 * 4 + 0,15 * 4 = 4,4;$$

$$I_{p-исп2} = 0,1 * 3 + 0,2 * 2 + 0,3 * 4 + 0,25 * 3 + 0,15 * 3 = 3,1;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{испi} = \frac{I_{p-испi}}{I_{финр}}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп2}}};$$

Таблица 4.12 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп. 1	Исп. 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,96
2	Интегральный показатель р/эфф разработки	4,4	3,1
3	Интегральный показатель эффективности	4,4	3,23
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,42	

В ходе выполнения данного раздела были определены финансовый показатель разработки, показатель ресурсоэффективности, интегральный показатель эффективности и, на основании сравнительной эффективности вариантов исполнения, оптимальным был выбран вариант исполнения 1.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Объектом исследования данной работы – установка алкилирования изобутана бутиленами. Сырьём для данного процесса является бутан-бутиленовая фракция, которая содержит порядка 50 % бутиленов, а также изобутановая фракция.

Дипломная работа выполнялась в аудитории 224 на втором этаже 16Б корпуса. Данная аудитория вмещает в себя 11 ЭВМ. Эксперимент осуществлялся на персональном компьютере (ПК) с помощью определённых программных обеспечений на кафедре химической технологии переработки нефти и газа. Рабочая зона представляет собой аудиторию, которая в свою очередь оборудована системами отопления, кондиционирования воздуха. Освещение в данной аудитории комбинированное, то есть сочетает в себе естественный свет из окна и искусственный.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Работник аудитории ТПУ по ТК РФ и другим федеральным законам имеет право на рабочее место, которое должно соответствовать государственным нормативным требованиям охраны труда и условиям, предусмотренным коллективным договором.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место в аудитории 224, 16Б корпуса Томского Политехнического Университета должно соответствовать ГОСТ 12.2.032-78 [24]. Правильная

организация рабочего места за компьютером прямо сказывается на производительности труда. Помещение должно быть просторным, хорошо проветриваемым и в меру светлым. Яркий солнечный свет порождает блики на мониторе, поэтому нужно предусмотреть жалюзи. По гигиеническим нормам СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [25] помещение в целом и рабочее место должны быть освещены равномерно и достаточно для выполнения работ за ПК.

По ГОСТ и СанПиН экран монитора ПК должен находиться от глаз человека на расстоянии, которое является оптимальным, 600 – 700 мм, но не ближе чем 500 мм с учётом размеров знаков и символов на экране.

Уровень глаз при вертикально расположенном экране монитора должен приходиться на центр или $2/3$ высоты экрана. Линия взора должна быть перпендикулярна центру экрана и оптимальное её отклонение от перпендикуляра, проходящего через центр экрана в вертикальной плоскости, не должно превышать 5 градусов, допустимое значение – 10 градусов. Рабочее место должно быть оборудовано подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20 градусов.

Рабочее место сотрудника аудитории 224, 16Б корпуса соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [24].

5.2 Производственная безопасность

Разрабатываемая математическая модель процесса сернокислотного алкилирования изобутана бутиленами подразумевает использование электронной вычислительной машины, а именно программных пакетов. С точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при разработке математической модели процесса сернокислотного алкилирования изобутана бутиленами, а также требования по организации рабочего места.

Выбор факторов производится с использованием ГОСТ 12.0.003-2015 “Опасные и вредные производственные факторы. Классификация” [26]. Выявленные факторы представлены в таблице 5.1:

Таблица 5.1 – Опасные факторы производства сернокислотного алкилирования

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работы			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата;	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
2.Повышенный уровень шума;	+	+	+	ГОСТ 12.4.011-89 (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
3.Электрический ток;	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 Электрическая безопасность. Защитное заземление, зануление.
4.Утечка вредных веществ;			+	ГОСТ 2184-2013. Кислота серная техническая. Технические условия; ГОСТ 4095-75. Изооктан технический. Технические условия.
5.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.

5.2.1 Анализ и разработка мероприятий по снижению воздействий вредных и опасных факторов

При разработке математической модели процесса сернокислотного алкилирования изобутана бутиленами в аудитории 224, 16Б корпуса ТПУ,

основным источником потенциально вредных и опасных производственных факторов (ОВПФ) является персональный компьютер и сама аудитория.

5.2.2 Недостаточная освещённость рабочей зоны

В аудитории 224, 16Б корпуса ТПУ имеется комбинированное освещение, которое предполагает комбинацию естественного освещения от окна с искусственным от ламп накаливания.

Недостаточная освещённость рабочей зоны на рабочем месте оператора развивает утомляемость, что увеличивает вероятность ошибочных действий. В таблице 5.2 представлены нормы освещённости рабочих мест.

Таблица 5.2 – Нормы освещённости рабочих мест [27]

Наименование помещений/вида деятельности	$E_{экс}$, лк	U_0 , не менее	R , не более	R_a , не более	K_n , не более
Производственные процессы с дистанционным управлением	50	0,4	-	20	-
Процессы с частичным применением ручного труда	150		28	40	
Постоянная ручная работа	300	0,6	22	80	20
Лаборатория	500		16		10

При недостатке на рабочем месте естественного света можно выполнить следующие мероприятия [27]:

- уменьшение времени пребывания работника в данном помещении;
- улучшение условий, создаваемых искусственным освещением;
- анализ степени загрязнения стекол в светопрёмах, их чистка и последующие контрольные измерения;
- косметический ремонт помещения с использованием светлых отделочных материалов.

5.2.3 Повышенный уровень шума на рабочем месте

При работе с ЭВМ в аудитории 224, 16Б корпуса ТПУ характер шума – широкополосный с непрерывным спектром более 1 октавы.

Таблица 5.3 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест

№ п/п	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (дБА)
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	Конструирование и проектирование,	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Уровень шума в аудитории 224, 16Б корпуса ТПУ не более 80 дБА и соответствует нормам. На самой же установке алкилирвоания шум является следствием работы компрессоров и насосов больших мощностей. Продолжительный повышенный уровень шума является причиной возникновения глухоты, а также головных болей, гормонального расстройства и психических заболеваний.

В качестве средств индивидуальной защиты от шума в зависимости от конструктивного исполнения используются [28]:

- противошумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи;
- противошумные вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход или прилегающие к нему;
- противошумные шлемы и каски, костюмы.

5.2.4 Неудовлетворительный микроклимат

Для создания и автоматического поддержания в аудитории 224, 16Б корпуса ТПУ независимо от наружных условий оптимальных значений

температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года используется отопление жилых помещений, в теплое время года применяется кондиционирование или проветривание воздуха.

Аудитория 224, 16Б корпуса ТПУ является помещением Iб категории. В таблице 5.4 представлены оптимальные величины показателей микроклимата для данной аудитории согласно СанПиН 2.2.4.548-96.

Таблица 5.4 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб	21-23	20-24	40-60	0,1
Теплый	Iб	22-24	21-25	40-60	0,1

В аудитории проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ЭВМ.

Согласно СанПиН микроклимат аудитории 224, 16Б корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

На предприятии, с целью защиты персонала от неблагоприятных метеорологических факторов, контрольно-измерительные приборы располагают не на оборудовании, а делают их выносными и располагают в одном месте, которое снабжено навесом, либо крышей, чтобы человек имел возможность работать вне помещения при плохой погоде.

5.2.5 Повышенный уровень напряженности электростатического и электромагнитных полей

Допустимые уровни электромагнитных полей (ЭМП) в аудитории 224, 16Б корпуса ТПУ, создаваемых ЭВМ, не должны превышать значений, установленных СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, которые представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ЭВМ

Наименование параметров	Диапазон	ДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Уровни ЭМП, ЭСП на рабочем месте в аудитории 224, 16Б корпуса ТПУ, перечисленные в таблице 5.5 соответствуют нормам [25].

5.2.6 Электробезопасность

Для предотвращения поражения электрическим током, где размещаются рабочее место с ЭВМ в аудитории 224, 16Б корпуса ТПУ, оборудование оснащено защитным заземлением, занулением. По опасности поражения электрическим током помещение 224, 16Б корпуса ТПУ относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18-20°, с влажностью 40-50%) [29].

Основными непосредственными причинами электротравматизма, являются:

- Непосредственное прикосновение к открытым токоведущим частям и проводам; Прикосновения к токоведущим частям, изоляция которых повреждена; Прикосновение к металлическим частям оборудования, случайно оказавшихся под напряжением; Касания к токоведущим частям при помощи

предметов с низким сопротивлением изоляции; Отсутствие или нарушение защитного заземления; Ошибочная подача напряжения; Воздействия электрического тока через дугу. Воздействие шарового напряжения.

Производственное оборудование должно быть выполнено так, чтобы исключить накопление зарядов статического электричества в количестве, представляющем опасность для работающего, и исключить возможность пожара и взрыва.

Основные способы и средства электрозащиты [28]: изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль; установка оградительных устройств; предупредительная сигнализация и блокировки; использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов; использование малых напряжений; электрическое разделение сетей; защитное заземление; выравнивание потенциалов; зануление; защитное отключение; средства индивидуальной электрозащиты.

5.2.7 Утечка токсичных и вредных веществ

Сырье процесса сернокислотного алкилирования изобутана бутиленом, получаемые полупродукты, а также готовая продукция являются вредными, взрывопожароопасными веществами, способными образовать в смеси с воздухом взрывопожароопасные и опасные для здоровья концентрации.

Процесс на каталитической установке протекает при невысоких температурах (до 13 °С). Ядовитые вещества проникают в организм человека через органы дыхания. Это представляет значительную опасность, поскольку слизистая оболочка носа и дыхательной поверхности легких обладает высокой всасывающей способностью. Продуктом данного процесса является алкилат, он относится к ядовитым (токсичным) веществам.

В состав выделяющихся на производстве газов, кроме паров ББФ и изобутановой фракции входят газы серной кислоты:

- серная кислота и олеум — очень едкие вещества. Они поражают кожу, слизистые оболочки, дыхательные пути (вызывают химические ожоги) При вдыхании паров этих веществ они вызывают затруднение дыхания, кашель, нередко — ларингит, трахеит, бронхит и т. д.

- бутан-бутиленовая и изобутановая фракции - нервный яд действует на центральную нервную систему. При остром отравлении повышается возбужденность, появляется тошнота, головокружение, при попадании на кожу вызывает обморожение.

Таблица 5.6 – ПДК токсичных веществ в воздухе рабочей зоны [30]

Наименование	ПДК рабочей зоны, мг/м ³	Класс опасности
Серная кислота	1	2
Едкий натр	0,5	2
ББФ	100	4
Изобутановая фракция	300	4
Алкилат	300	4

Для предотвращения попадания на кожу вредных химических веществ используют резиновые перчатки, лабораторные халаты, шапочки, обувь. Для защиты дыхательных путей от действия вредных химических веществ служат специальные ватно-марлевые повязки, респираторы, противогазы. Для защиты слизистой оболочки глаз можно использовать специальные очки.

5.3 Экологическая безопасность

5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Воздействие установки серноокислотного алкилирования на окружающую среду начинается с момента возведения, продолжается при и после вывода из эксплуатации. На территории расположения установки и за её пределами следует предусматривать возникновение таких негативных влияний, как:

- изъятие земельного участка под строительство и обустройство санитарных зон;
- изменение рельефа местности;
- уничтожение растительности из-за строительства;
- загрязнение атмосферы при необходимости взрывных работ;
- вред популяциям местных животных;
- тепловое загрязнение, влияющее на микроклимат территории;
- изменение условий пользования землей и природными ресурсами на определенной территории;
- химическое воздействие установки – выбросы в водные бассейны, атмосферу и на поверхности почв.

5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Основными загрязнителями атмосферы на производстве разрабатываемой модели являются пары серной кислоты и щелочи.

Повышения экологической безопасности можно достигнуть путем снижения выбросов во время эксплуатации за счет использования улучшенных фильтрационных и очистительных сооружений.

Общие профилактические мероприятия, направленные на сокращение и уменьшение воздействия на окружающую среду: устройство и озеленение площадки; поддержание в полной технической исправности и герметичности резервуаров и емкостей, технологического оборудования и трубопроводов; контроль сварных стыков физическими методами; гидравлическое испытание трубопроводов, резервуаров и оборудования на прочность и герметичность; контролируемый и планируемый слив воды после гидроиспытаний; высокие требования к качеству металла труб; необходимый запас надежности по толщине стенки труб.

Общие технологические мероприятия, направленные на сокращение и уменьшение воздействия на окружающую среду: покрытие оборудования и трубопроводов антикоррозионной изоляцией; защита оборудования от атмосферной коррозии; система постоянного контроля регламентированных значений технологических параметров, автоматическое регулирование и система ПАЗ при отклонении от заданных параметров для предупреждения аварийных ситуаций.

5.3.2.1 Основные мероприятия по охране атмосферного воздуха

С целью снижения неорганизованных выбросов вредных веществ в атмосферу через неплотности аппаратов, арматуры, фланцевых соединений, уплотнений предусмотрены следующие мероприятия:

- применение герметичных аппаратов и трубопроводов под давлением;
- применение технологического оборудования и запорно-регулирующей арматуры в соответствии с рабочими параметрами процесса и коррозионной активностью среды;
- предусмотрена система предохранительных клапанов для защиты аппаратов и трубопроводов от превышения давления;
- сбор утечек от насосов технологического оборудования предусмотрен в емкости закрытой дренажной системы опасных стоков.

5.3.2.2 Основные мероприятия по защите поверхностных вод

Для защиты поверхностных вод предусмотрены следующие мероприятия: открытая дренажная система поверхностных стоков; открытая дренажная система опасных стоков; закрытая дренажная система.

5.3.2.3 Основные мероприятия по охране почв

Для защиты почв при эксплуатации месторождения предусмотрены следующие мероприятия: сдача отходов производства и потребления осуществляется в специализированную организацию; устройство ограждений вокруг технологических резервуаров.

5.4 Безопасность в ЧС

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 [31] ЧС – это обстановка на определённой территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Технологические процессы на установке алкилирования относятся к взрывопожароопасному производству, вследствие ведения технологического процесса при наличии взрывоопасных или горючих веществ. Помимо этого, производство считается опасным в связи с:

- применением в производстве раствора щелочи 10 ÷ 15 %;
- применением электроэнергии высокого напряжения для эксплуатации насосного оборудования;
- возможностью нарушения герметичности аппаратов и трубопроводов из-за коррозии;
- возможностью продуктов аккумулировать заряды статического электричества при транспортировании.

В аварийных ситуациях технологический персонал установки алкилирования должен соблюдать План о локализации и ликвидации аварийных ситуаций. При возникновении ЧС, мероприятия представляют собой проведение спасательных работ и неотложных аварийно-восстановительных работ в очаге поражения. Действия персонала определяются в соответствии с СНиП 21-01-97 [32].

В соответствии с требованием норм по пожаротушению на установке должны быть предусмотрены первичные и стационарные средства пожаротушения, а также пожарная сигнализация.

5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара в помещении 224, 16Б корпуса ТПУ. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Основные причины возникновения пожара:

1. Неисправное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях. Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неполадки, а также проводить плановый осмотр электрооборудования.

2. Электрические приборы с дефектами. Профилактика пожара включает в себя своевременный и качественный ремонт электроприборов.

3. Обогрев помещения с помощью оборудования с открытыми нагревательными элементами.

4. Короткое замыкание. Необходимо скрыть электропроводку для уменьшения вероятности короткого замыкания.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров.

Согласно ФЗ-123, НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» [33] для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении должны быть установлены световые указатели вместе с громкоговорителями, которые предупреждают о возможном пожаре или задымлении в здании.

Аудитория 224, 16Б корпуса ТПУ оснащена первичными средствами пожаротушения: огнетушителями ОУ-3 1шт., ОП-3, 1шт. (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е).

Таблица 5.7 – Типы используемых огнетушителей при пожаре в электроустановках

Напряжение, кВ	Тип огнетушителя (марка)
До 1,0	Порошковый (серии ОП)
До 10,0	Углекислотный (серии ОУ)

Согласно НПБ 105-03 [33] помещение, предназначенное для проектирования и использования результатов проекта, относится к типу П-2а.

Таблица 5.8 – Категории помещений по пожарной опасности

Категории помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
П-2а	Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр.

В корпусе 16Б ТПУ имеется пожарная автоматика, сигнализация. В случае возникновения загорания пожарная сигнализация предупреждает об этом сотрудников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы была построена модель установки сернокислотного алкилирования изобутана бутиленами, с помощью которой было изучено влияние различных параметров на продукт данного процесса – алкилат.

По полученным зависимостям были получены основные закономерности процесса. В данной работе были изучено влияние на алкилат следующих параметров: температура, давление, соотношение изобутан:олефин и расход олефинового сырья.

По итогу анализа полученных зависимостей были представлены оптимальные параметры работы установки. Температуру необходимо выбирать достаточно низкой, а именно < 0 °С. Давление следует выбирать по технологическим возможностям оборудования, но если использовать низкое давление, есть вероятность, что изобутан будет переходить в газообразное состояние. Соотношение изобутан:олефин необходимо выбирать достаточно высокое, так как это один из главных параметров процесса, в данной работе оптимальным соотношением было выбрано 10. Расход олефинового сырья также следует выбирать исходя из соотношения изобутан:олефин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахметова С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа: учебное пособие для вузов. Уфа: Гилем, 2002. - 672 с.
2. Данилов А.М. Присадки и добавки для улучшения экологических характеристик нефтяных топлив. Москва: Химия, 232 с.
3. Солодова Н.Л., Хасанов И.Р. Анализ работы установки HF-алкилирования предприятия “Лукойл – Нижегороднефтеоргсинтез”. *Gerald of Technological University*. Т. 18. №. 7. Стр. 119-123.
4. Информационно-аналитический центр RUPEC, Высокооктановые компоненты 2014 - 2020, 2014 г.
5. Н.Л. Солодова, А.И. Абдуллин, Е.А. Емельянычева. Алкилирование изопарафинов олефинами. *Вестник Казанского технологического университета*, 2013. – №18. 253-258 с.
6. О.Б. Брагинский, *Нефтегазовый комплекс мира*. Москва: Нефть и Газ, 2006.
7. Р.А. Мейерс, *Основные процессы нефтепереработки: Справочник*. Санкт-Петербург: Профессия, 2011.
8. В.Г. Козин, Н.Л. Солодова, Н.Ю. Башкирцева, А.И. Абдуллин. *Современные технологии производства компонентов моторных топлив: учебное пособие*. Казань: Казанский Технологический Университет, 2009.
9. Solodova, N.L. and Khasanov, I.R., Promising processes for the alkylation of isoparaffins with olefins, *Vestn. Tekhnol. Univ.*, 2015, vol. 18, no. 9, pp. 117–121.
10. Shiriyazdanov, R.R., Alkylation of isobutane with an industrial butane–butylene fraction over a solid acid catalyst, *Neftepererab. Neftekhim. (Moscow, Russ. Fed.)*, 2009, no. 5, pp. 14–16.
11. Омский Нефтеперерабатывающий завод. Официальный портал. [Электронный доступ]: <https://onpz.gazprom-neft.ru/press-center/news/7542/> (дата обращения: 27.05.2021)

12. Venuto P.B. Harmilton L.A., Landis P.S. // Journal of Catalysis, 1966, v.5, №3, p.384-493.
13. Shiriyazdanov, R.R., Superacid zeolite catalytic systems for the alkylation of isobutane with olefins, Polzunovsk. Vestn., 2010, no. 3, pp. 121–127.
14. Roeseler C.M., Black S.M., Shields D.J., Gosling C.D. Improved Solid Catalyst Alkylation Technology for Clean Fuels // The Alkylene Process. NPRA Annual Meeting. San Antonio, USA, 2002.
15. Corma A, Martinez A. Chemistry, catalysts, and processes for isoparaffin–olefin alkylation: Actual situation and future trends [J]. Catalysis Reviews—Science and Engineering, 1993, 35(4): 483-570
16. Simpson M, Wei J, Sundaresan S. Kinetic analysis of isobutane/butene alkylation over ultrastable HY zeolite [J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 1996, 35(11): 3861-3873
17. Sahebdehfar S, Kazemeini M, Khorasheh F, Badakhshan A. Deactivation behavior of the catalyst in solid acid catalyzed alkylation: effect of pore mouth plugging [J]. Chemical Engineering Science, 2002, 57(17): 3611- 3620
18. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, реурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
19. Сегментация рынка: Методические указания / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; Сост. В.П. Третьяков, Е.П. Колеснёва, П.Б. Любецкий. Горки, 2005. 40 с.
20. Кузьмина Е.А., Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений “Методы менеджмента качества” №1 2003 г.
21. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. – М.: Энергия, 1980. – 175 с.

22. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.
23. Кузьмина Е.А., Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурсия в историю. “Методы менеджмента качества” №7 2002 г.
24. ГОСТ 12.2.032-78 система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
25. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
26. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
27. ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений. – М.: Стандартинформ, 2016. – 20с.
28. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 8с.
29. ПУЭ. Правила устройства электроустановок. Седьмое издание, 2002.
30. ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. 2018. – 170с.
31. ГОСТ Р 22.0.02-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий.
32. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений.
33. НПБ 105-03, Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, 2003.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности	0,15	4	3	2	0,6	0,45	0,3
2. Удобство в эксплуатации	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
3. Энергоэкономичность	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
4. Надежность	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
5. Безопасность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
6. Простота эксплуатации	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,11	4	3	3	0,44	0,33	0,33
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	1	3	2	0,05	0,15	0,1
3. Цена	0,08	5	4	3	0,4	0,32	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
5. Финансирование научной разработки	0,08	3	4	5	0,24	0,32	0,4
6. Срок выхода на рынок	0,05	2	4	4	0,1	0,2	0,2
7. Наличие сертификации разработки	0,05	1	4	3	0,05	0,2	0,15
ИТОГО	1				3,88	3,89	3,64

Б_ф – продукт проведенной исследовательской работы;

Б_{к1} – CHEMCAD III;

Б_{к2} – PROSIM.

Таблица А4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Выбор исследования	Инженер
	3	Литературный обзор	Инженер
	4	Планирование работы	Руководитель, инженер
Экспериментальная часть	5	Теор. Обоснование и выбор программы для реализации модели	Инженер
	6	Построение модели и проведение анализа	Инженер
	7	Сопоставление результатов с теор. исследованиями	Руководитель, инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка целесообразности	Руководитель, инженер
	9	Оценка целесообразности	Руководитель, инженер
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	10	Оценка эффективности	Инженер
	11	Сбор информации по охране труда	Инженер
	12	Экономическая часть работы	Инженер
	13	Составление пояснительной записки	Руководитель, инженер
Оформление отчёта по ВКР	14	Сдача работы на рецензию	Инженер
	15	Подготовка к защите дипломной работы	Инженер
	16	Защита дипломной работы	Инженер, руководитель

Таблица А5 – Календарный план-график проведения работы

№	Вид работы	Исполнитель	Тр. кал. дн	Продолжительность работ										
				Март			Апрель			Май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Введение	Рук., инж.	1											
2	Литературный обзор	Инженер	18											
3	Теоретический анализ	Инженер	7											
4	Постановка задачи исследования	Рук., инж.	7											
5	Анализ исходных данных	Инженер	15											
6	Корректировка имеющихся исходных данных	Инженер	16											
7	Построение модели в программе	Рук., инж.	5											
8	Проведение эксперимента	Рук., инж.	5											
9	Результаты и обсуждения	Рук., инж.	15											



- Инженер;



- Руководитель и инженер.