

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт природных ресурсов  
Направление подготовки: Химическая технология  
Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Проект узла синтеза бутилацетата

УДК 66.095.11:661.728.85

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2А	Филиппова Марина Юрьевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мананкова Анна Анатольевна	Кандидат химических наук		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры	Раденков Тимофей Александрович			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Юсубов Мехман Сулейманович	доктор химических наук, профессор		

Томск – 2016 г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт природных ресурсов

Направление подготовки: химическая технология

Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_ (Дата)      Юсубов М.С.  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2А	Филипповой Марине Юрьевне

Тема работы:

**Проект узла синтеза бутилацетата**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

от 22.03.2016 № 2235/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><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><i>Объектом исследования является узел синтеза бутилацетата, производительность 10000 тонн в год, режим работы непрерывный, сырьем является бутанол, серная кислота, уксусная кислота. В результате получаем бутилацетат.</i></p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования;</i></p>	<p><i>Литературный обзор</i></p> <p><i>Описание технологической схемы</i></p> <p><i>Инженерные расчеты и их обсуждение</i></p> <p><i>Финансовый менеджмент</i></p> <p><i>Социальная ответственность</i></p>

<i>обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение).</i>	<i>Заключение</i>
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<i>Технологическая схема, основной аппарат</i>
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Проект узла синтеза бутилацетата	к.х.н., Мананкова А.А.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	к.э.н., Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	Раденков Т. А.

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	11.01.2016
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель	Мананкова А.А.	к.х.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2А	Филиппова Марина Юрьевна		

## Реферат

ВКР содержит 100 страниц, 4 рисунка, 36 таблиц, 29 литературных источников.

Ключевые слова: бутилацетат, этерификация, экономическое обоснование, применение бутилацетата, выбор и обоснование метода производства, технологическая схема, инженерные расчеты.

Объектом разработки является производство бутилацетата методом этерификации с катализатором в виде серной кислоты.

Цель данной работы – изучение всех физико – химических свойств процесса и их влияния на протекание реакции, а также конструирование основного аппарата синтеза бутилацетата.

В результате исследования был выполнен расчет материального и теплового балансов, также конструктивный и механический расчеты, на основании которых был выполнен чертеж основного аппарата.

Выпускная квалификационная работа выполнена на кафедре ТОВПМ студенткой группы 2Д2А Филипповой М.Ю., под руководством кандидата химических наук Мананковой А. А.

## Содержание

<b>Введение</b> .....	10
1 Техничко – экономическое обоснование производства бутилацетата .....	11
2 Теоретическое обоснование .....	14
2.1 Характеристика производимой продукции .....	14
2.2 Характеристика исходного сырья, материалов и полупродуктов .....	16
2.3 Физико – химические основы процесса .....	20
2.3.1 Применение бутилацетата .....	20
2.3.2 Термодинамика реакций .....	21
2.3.3 Механизм и кинетика процесса .....	22
3 Технологическая часть .....	25
3.1 Описание технологической схемы .....	25
3.2 Материальный и тепловой балансы .....	27
4 Расчет основного аппарата .....	45
4.1 Конструктивный расчет .....	47
5 Контроль производства .....	51
5.1 Аналитический контроль .....	51
5.2 Автоматический контроль .....	53
6 Социальная ответственность .....	62
6.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды .....	62
6.1.1 Микроклимат .....	62
6.1.2 Освещение на рабочем месте .....	63
6.1.3 Вредные вещества .....	63
6.1.4 Шум и вибрации в производственных помещениях .....	65
6.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды .....	68
6.2.1 Электробезопасность .....	68
6.2.2 Пожарная и взрывная безопасность .....	70

6.3 Охрана окружающей среды .....	72
6.4 Защита в чрезвычайных ситуациях .....	74
6.4.1 Пожар .....	74
6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	76
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	77
7.1 Сегментирование .....	78
7.2 SWOT-анализ .....	79
7.3 Планирование научно-исследовательских работ .....	81
7.3.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	81
7.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	83
7.3.3 Бюджет научно – технического исследования (НТИ) .....	88
7.3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	88
7.3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	89
7.3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	91
7.3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	91
7.3.3.5 Накладные расходы .....	92
7.3.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	93
7.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	94
<b>Заключение .....</b>	<b>97</b>
<b>Список использованных источников .....</b>	<b>98</b>
Графический материал	
Спецификация	
Схема технологическая	

## **Введение**

Наиболее простым способом получения сложных эфиров является жидкофазная этерификация спиртов кислотами в присутствии катализаторов. Реакция этерификации протекает быстро и практически без побочных реакций. В известных условиях приводит практически к максимальному выходу.

В настоящее время, в химической промышленности бутилацетат получается различными способами. Прежде всего, это процесс ацетилирования обычного бутилового спирта с помощью хлористого ацетила или уксусного ангидрида. Промышленным способом получения этого вещества является перегонка смеси бутилового спирта, серной кислоты и уксусной кислоты. Также в промышленности применяется способ обработки бутилового спирта кетоном.

Бутилацетат широко применяется в качестве растворителя, и его популярность объяснима, прежде всего, достаточно низкой стоимостью и низкими показателями токсичности. Главным образом, бутилацетат используется в качестве растворителя нитратов целлюлозы, жиров, восков, а также для очистки оборудования.

Для человека и его здоровья это вещество не представляет особой опасности, а его токсичные свойства применяются, в основном, в процессе изготовления ядов для морения насекомых. Кроме того, бутилацетат применяется в качестве пищевой добавки, которая известна потребителям как E1504.

Бутилацетат не выделяет ядов и отравляющих веществ при горении и при других способах своей утилизации [1].

# 1 Техико – экономическое обоснование производства бутилацетата

Бутилацетат относится к классу сложных эфиров и является одним из известных растворителей, который получается этерификацией уксусной кислоты бутанолом. Сложный эфир применяется в производстве полимеров, а так же в синтезе органических веществ. Также бутилацетат применяется в промышленности – лакокрасочной (для покрытий и клеев), из-за своей низкой стоимости [2].

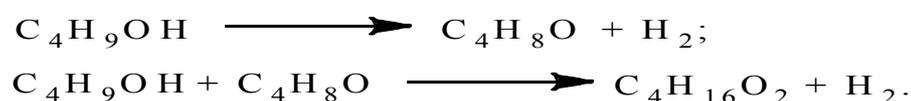
Так как бутилацетат имеет сладковатый фруктовый запах, нашли широкое применение в косметической промышленности (для создания парфюмерных композиций, в качестве ароматических добавок для приготовления эссенций и так далее) [3].

Бутилацетат применяют в фармацевтической химии, в медицине и в качестве растворителей для синтеза, экстракции или перекристаллизации веществ [4].

Наиболее перспективный метод получения бутилацетата остается жидкофазная этерификация с катализатором в виде серной кислоты. Процесс этерификации осуществляется непрерывным способом.

Также с основным промышленным методом получения бутилацетата, в настоящее время разработаны и другие методы получения эфира. Одним из таких методов является комбинированная технология получения бутилацетата на основе процессов парофазного каталитического окисления бутилового спирта в уксусную кислоту и парофазной каталитической этерификации уксусной кислоты бутиловым спиртом с применением катализаторов на основе цеолитов [5].

Другой способ получения бутилацетата дегидрирование бутанола по следующим реакциям:



Преимущество этого способа связано с использованием только бутанола. Также следует отметить, что в описанном методе производства бутилацетата имеется стадия гидрирования образующегося ацетальдегида в бутанол. Поэтому ацетальдегид по сути не будет являться побочным продуктом, который ведёт к безвозвратной потере сырья. Этот процесс может быть осуществлён на спиртовых производствах и так далее [6].

Бутилацетат выпускают в двух видах: марки А и марки Б. Отличие заключается в том, что марка А может быть использована не только в качестве растворителя лаков и красок при их применении, но и для синтеза различных химических продуктов. Марка Б используется исключительно в качестве растворителя.

Основными российскими производителями бутилового эфира уксусной кислоты являются: ОАО «Еврохим» (крупнейший производитель минеральных удобрений) - в производстве бутилацетата являются первыми на рынке, производят 2 тыс. тонн в месяц; ОАО «Ашинский химический завод» - производят этилацетат и бутилацетат, производство которых в 2014 году сократилось на 50 % по сравнению с 2013 годом и составило по 5 тыс. тонн в год, а в 2015 году происходит рост порядка 25 % в выпуске как этилацетата, так и бутилацетата; ОАО «Карбохим» - в 2014 году произошло сокращение производства как бутилацетата, так и этилацетата на 10 %, при этом выпустили примерно 15 тыс. тонн каждого продукта, а в 2015 году уровень производства пока что тот же, что и в прошлом году; ОАО «Сибреактив» - в 2015 году произвели 200 тонн продукта, что на 5 % больше, чем в 2014 году; ЗАО «Мосреактив» - производство бутилацетата в 2015 году – 500 тонн в год; ООО ДХЗ - специализируются только на бутилацетате, производство которого в 2015 году выросло на 5-10 % по сравнению с 2014 годом. В целом на всех предприятиях по производству бутилацетата составляет 10000 тонн в год.

Рынок бутилацетата стабилен и нет необходимости заменять его на другие растворители, так как этот эфир не является токсичным и используется без вреда для человека [7].

## 2 Теоретическое обоснование

### 2.1 Характеристика производимой продукции

Согласно ГОСТу 8981 – 78 «Эфиры этиловый и нормальный бутиловый уксусной кислоты технические»:

- эмпирическая формула бутилацетата  $C_6H_{12}O_2$ ;

- структурная формула бутилацетата  $H_3C - \overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - O - C_4H_9$ ;

- молекулярная масса бутилацетата 116,16 г/моль;

- температура плавления  $-76,8\text{ }^{\circ}C$ ;

- температура кипения  $126,3\text{ }^{\circ}C$ ;

- плотность  $0,8813\text{ г/см}^3$ .

Бутилацетат должен быть изготовлен с требованиями стандарта по утвержденному регламенту. В зависимости получения и назначения бутилацетат бывает двух марок и сортов, которые указаны в таблице 1 [7].

Таблица 1 – Марки и технические требования бутилацетата

Продукт (марка)	Код ОКП	Области его применения
Бутилацетат	24 3541 0100	
А	24 3541 0130	В синтезе хим. продуктов и в качестве растворителя в разных отраслях промышленности
Б	24 3541 0140	В качестве растворителя в разных отраслях промышленности

По физико – химическим показателям сложный эфир обязан соответствовать требованиям и нормам, которые указаны в таблице 2 [7].

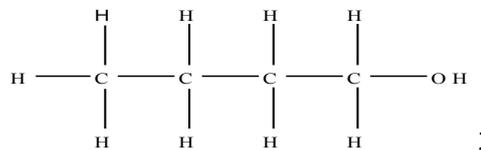
Таблица 2 – Требования и нормы к бутилацетату

Наименование показателя	Норма	
	Бутилацетат	
	Марка А	Марка Б
1. Внешний вид	Прозрачная жидкость без механических примесей	Прозрачная жидкость без механических примесей
2. Цветность, единицы Хазена, не более	10	10
3. Плотность (20 °С), г/см <sup>3</sup>	0,880 - 0,882	0,873 – 0,873
4. Массовая доля основного вещества, %	0,005	0,008
5. Массовая доля нелетучего остатка, %, не более	Не менее 99,0	91±1
6. Массовая доля кислот в пересчете на уксусную кислоту, %, не более	0,002	0,006
7. Температурные пределы перегонки при давлении 101,3 кПа (760 мм.рт.ст.): 95% (по объему) продукта должно отгоняться в пределах температур, °С	122 – 127	118 – 128
8. Молярная доля воды, %, не более	0,08	0,2
9. Массовая доля альдегидов в пересчете на уксусный альдегид, %, не более	-	-
10. Относительная летучесть (по этиловому эфиру)	8 - 13	8 - 13

## 2.2 Характеристика исходного сырья, материалов и полупродуктов

Согласно ГОСТу 6006 – 78 «Бутанол-1»:

- эмпирическая формула бутанола  $C_4H_9OH$ ;



- структурная формула бутанола
- молекулярная масса 74,12 г/моль.

Бутанол-1 должен быть изготовлен с требованиями стандарта по утвержденному регламенту. По физико-химическим показателям бутанол-1 обязан соответствовать требованиям и нормам, которые указаны в таблице 3 [8].

Таблица 3 – Технические требования бутанол-1

Наименование	Норма показателя	
	Чистый (для анализа) ОКП 26 3211 0141 07	Чистый ОКП 26 3211 0141 08
1. Массовая доля бутанола-1, %, не менее	99,7	99,5
2. Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup>	0,809 – 0,810	0,809 – 0,810
3. Показатель преломления	1,3990 – 1,4000	1,3990 – 1,4000
4. Массовая доля кислот в пересчете на уксусную кислоту, %, не более	0,005	0,005
5. Массовая доля нелетучего остатка, %, не более	0,0005	0,001
6. Массовая доля альдегидов в пересчете на ацетальдегид, %, не более	0,01	0,05
7. Массовая доля воды, %, не более	0,05	0,1

Согласно ГОСТу 4204 – 77 «Кислота серная»:

- формула серной кислоты  $H_2SO_4$ ;
- молекулярная масса 98,08 г/моль;
- плотность около 1,83 г/см<sup>3</sup>.

Серная кислота должна быть изготовлена с требованиями стандарта по утвержденному регламенту.

По физико-химическим показателям кислота обязана соответствовать нормам и требованиям, которые указаны в таблице 4 [9].

Таблица 4 – Технические требования кислоты серной

Наименование показателя	Норма		
	Химически чистый ОКП 26 1212 0023 02	Чистый для анализа ОКП 26 1212 0022 03	Чистый ОКП 26 1212 0021 04
1. Внешний вид	-	-	-
2. Массовая доля серной кислоты, %, не менее	93,6 – 95,6	93,6 – 95,6	93,6 – 95,6
3. Массовая доля остатка после прокаливания, %, не более	0,0006 (0,001)	0,001 (0,002)	0,005
4. Массовая доля хлоридов, %, не более	0,00002	0,00005	0,00010
5. Массовая доля нитратов, %, не более	0,00002 (0,00005)	0,00005	0,00050
6. Массовая доля аммонийных солей, %, не более	0,0001	0,0002	0,0005
7. Массовая доля тяжелых металлов, %, не более	0,0001	0,0002	0,0005
8. Массовая доля железа, %, не более	0,00002 (0,00005)	0,00005 (0,00010)	0,00030
9. Массовая доля мышьяка, %, не более	0,000001	0,000003	0,000010
10. Массовая доля селена, %, не более	0,0001	0,0001	0,0005

11. Массовая доля веществ, восстанавливающих $\text{KMnO}_4$ , % (в пересчете на $\text{SO}_2$ ), не более	0,0002 (0,0003)	0,0003 (0,0004)	0,0004
--	-----------------	-----------------	--------

Согласно ГОСТу 61 – 75 «Кислота уксусная»:

- формула уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ;
- молекулярная масса 60,05 г/моль.

Уксусная кислота должна быть изготовлен с требованиями стандарта по утвержденному регламенту.

По физико-химическим показателям уксусная кислота должна соответствовать требованиям и нормам, приведенным в таблице 5 [10].

Таблица 5 – Технические требования кислоты уксусной

Наименование	Норма показателя		
	Химически чистая ледяная	Химически чистая	Чистая для анализа
	ОКП 26 4311 048308	ОКП 26 3411 047310	ОКП 26 3411 047200
1. Внешний вид	Прозрачная бесцветная жидкость	Прозрачная бесцветная жидкость	Прозрачная бесцветная жидкость
2. Массовая доля уксусной кислоты, %, не менее	99,8	99,5	99,5
3. Температура кристаллизации, °C	16,3 – 16,7	Не нормируется	Не нормируется
4. Массовая доля нелетучего остатка, %, не более	0,001	0,001	0,002
5. Массовая доля хлоридов, %, не более	0,0001	0,0001	0,0002
6. Массовая доля сульфатов, %, не более	0,0001	0,0001	0,0002
7. Массовая доля железа, %, не более	0,00002	0,00002	0,00001

Продолжение таблицы – 5

8. Массовая доля мышьяка, %, не более	0,000015	0,00005	0,00005
9. Массовая доля тяжелых металлов, %, не более	0,00003	0,00005	0,0001
10. Массовая доля веществ, восстанавливающих двуххромовокислый калий в пересчете на кислород, %, не более	0,003	0,003	0,005
11. Массовая доля веществ, восстанавливающих марганцовокислый калий в пересчете на муравьинную кислоту, %, не более	0,003	0,005	0,005 (0,02)
12. Массовая доля уксусного ангидрида, %, не более	0,03	Не нормируется	Не нормируется
13. Массовая доля ацетальдегидов, %, не более	0,001	0,002	0,003
14. Проба на разбавление	Должна выдержать испытание по пункту 3.14	Должна выдержать испытание по пункту 3.14	Должна выдержать испытание по пункту 3.14

## **2.3 Физико – химические основы процесса**

### **2.3.1 Применение бутилацетата**

Бутилацетат используется для синтеза химических продуктов, также в качестве экстрагента в различных технологических процессах, в качестве растворителя при производстве и применении нитроцеллюлозных ЛКМ, печатных красок для нанесения на полимерные пленки, резинокаучуковых клеев и мастик. Такое разнообразное применение связано с его малой токсичностью.

Благодаря способности хорошо растворять лак бутилацетат вошёл в состав множества смывок лака для ногтей. Одним из его преимуществ перед другими веществами (например, ацетоном) является то, что он более безопасен для человека. Но, в то же время, цена на него в два раза выше, из-за чего некоторые отечественные производители предпочитают добавлять в смывку именно ацетон, который очень серьёзно вредит коже.

Бутилацетат бывает нескольких марок, которые обозначаются по способу и виду применения. Так, например, бутилацетат марки А нашел широкое применение в области синтеза продуктов химического типа и в качестве вещества – растворителя во многих отраслях промышленности. А в то время бутилацетат марки Б используют только для растворения различных веществ. Также его применяют как дубильное вещество в кожевенной отрасли промышленности.

Так же бутилацетат применяется в фотопроизводстве, как составной компонент тормозных жидкостей, как составной компонент эфирных фруктовых масел, как составной компонент бензина и т.д.

### 2.3.2 Термодинамика реакций

Смешение спиртов с карбоновыми кислотами (жидкая фаза), реакция идет без поглощения или выделения тепла ( $\Delta H = 0$ ). Это значит, что константы не зависят от температуры. Хорошо обратимы реакции спиртов с карбоновыми кислотами, что ведет к обратимости реакций. Равновесие описывается концентрационной константой равновесия:

$$K_c = \frac{[RCOOR][H_2O]}{[RCOOH][R'OH]}$$

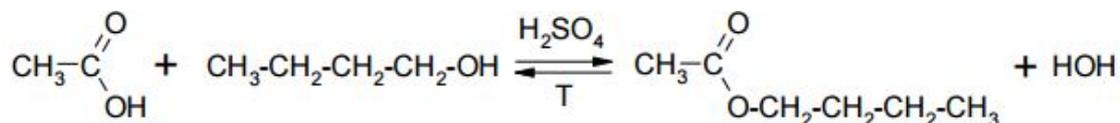
$K_c$  зависит от строения спирта и кислоты. Например, с прямой цепью для первичных спиртов константа будет равна от 4,0 до 4,5, степень конверсии от 66 до 68%. Увеличение углеродной цепи в молекуле спирта ведет к уменьшению константы.

Строение карбоновой кислоты, по сравнению строения спирта, менее влияет на равновесие этерификации, то есть имеет противоположное влияние. Означает, что с разветвлением и увеличением в молекуле карбоновой кислоты углеродной цепи константа равновесия будет возрастать. Особо медленно этерифицируются третичные спирты и фенолы (их скорость где-то в 100 раз меньше, чем у спиртов первичных, а вторичные спирты в 6 – 10 раз медленнее первичных).

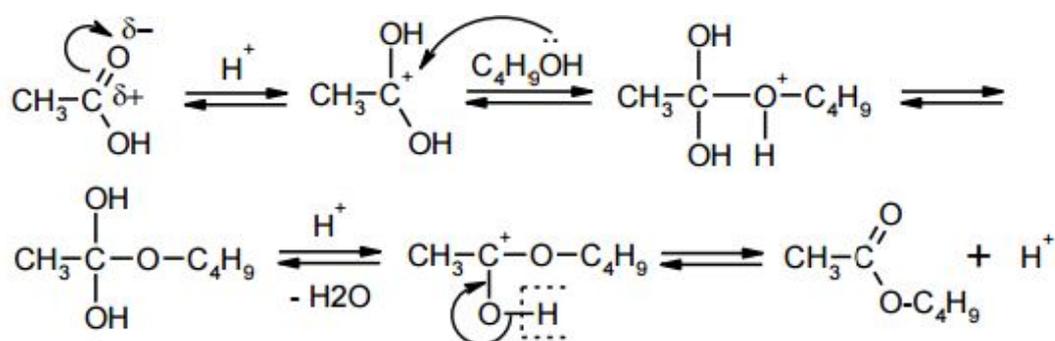
Чтобы повысить степень конверсии исходных реагентов в сложный эфир существуют различные методы. В жидкофазных реакциях – отгонка из реакционной смеси эфир/воду по мере образования [11].

### 2.3.3 Механизм и кинетика процесса

Уравнение основной реакции этерификации уксусной кислоты бутанолом с взаимодействием катализатора – серной кислоты:



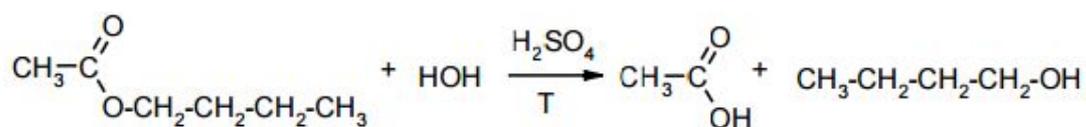
Основная реакция идет с разрывом ацил – кислородной связи по бимолекулярному механизму, то есть атака протонированной кислоты молекулой спирта является самой медленной стадией:



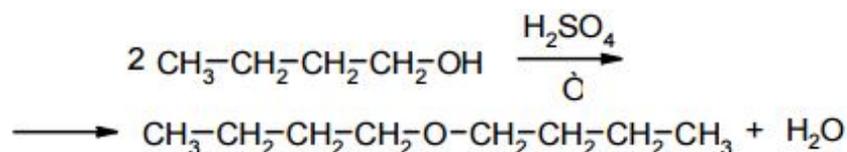
Обратная реакция ведет к гидролизу бутилацетата, так как все стадии равновесны.

В ходе синтеза возможно протекание следующих побочных реакций:

- гидролиз образующегося сложного эфира:



- дегидратация спирта:



Вышеприведенному механизму соответствует кинетическое уравнение:

$$r = k[\text{H}^+]( [\text{CH}_3\text{COOH}][\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}] - \frac{1}{K} [\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9][\text{H}_2\text{O}] ),$$

где K- константа равновесия,  $k_1$ - константа скорости прямой реакции [11].

Когда удаляют из смеси воду или эфир, то есть летучие продукты, снижается концентрация веществ. Также уменьшение концентраций летучих продуктов ведет к уменьшению концентрации спирта и кислоты, потому что при данной температуре константа равновесия будет неизменна. Следовательно, при получении сложных эфиров (низкокипящих) отгоняют эфир.

Очень медленно протекает реакция при комнатной температуре. При смешении некоторого количества кислоты и спирта потребует 16 лет для достижения равновесных концентраций. Увеличение температуры ускоряет реакцию.

Водородные ионы, которые получаются при диссоциации сильных минеральных кислот – имеют сильное ускорение реакции этерификации, которое достигается применением катализатора. В качестве катализатора используют серную кислоту. Известно, что при добавлении 0,01 % серной кислоты достаточно для образования сложного эфира при взаимодействии спирта и кислоты уксусной. Известно, что катализаторы повышают скорость реакции, но не влияют на сдвиг равновесия.

Реакция карбоновой кислоты со спиртом идет медленно. Из-за слабой активности карбонильной группы (в кислоте) к нуклеофилам, если сравнивать с активностью той же группы в хлорангидридах ( ангидридах) кислот, так как положительный мезомерный эффект – это эффект гидроксильной группы, который приводит к уменьшению «+» заряда карбонильного углерода.

Скорость карбоновой кислоты при этерификации повышается при повышении «+» заряда карбонильного углерода. Величина « $\delta^+$ » на углероде «-COOH группы» будет зависеть от радикала кислоты. Электронодонорные группы, которые связаны с карбоксиллом, будут понижать дробный «+» заряд и тем препятствовать взаимодействию кислоты с нуклеофилом, причем электроноакцепторные заместители, наоборот, делают кислоту более реакционноспособной.

Также влияние на скорость этерификации влияют посторонние факторы. При увеличении объема, которые связаны с повышением объема спиртов этерифицируемых и с увеличением объема связанных с карбоксилем углеводородных радикалов, скорость этерификации будет уменьшаться [12].

### 3 Технологическая часть

#### 3.1 Описание технологической схемы

Из напорных баков E1, E2, E3 исходная смесь реагентов содержащие уксусную кислоту, бутанол и серную кислоты в качестве катализатора, непрерывно поступает на реакцию через расходомер. Она сначала идет в теплообменник T1, где нагревается за счет паров, которые выходят из реакционной колонны, затем поступает на верхнюю колонну эфиризатора Э. Из-за обогрева куба колонны острым паром, образовавшийся бутилацетат вместе с парами воды и спирта отгоняется из колонны, а жидкость при движении вниз по тарелкам обогащается водой. Время пребывания реакционной массы в эфиризаторе и соотношение исходных реагентов подбирают так, чтобы кубовая жидкость содержала небольшое количество непрореагировавшей уксусной кислоты (в ней остается также вся серная кислота). Получившуюся жидкость выводят из куба. После нейтрализации выводят в канализацию.

Пары, которые выходят с верха реактора, содержат примерно 20 % эфира и 70 % спирта. Пары направляются на конденсацию и охлаждение сначала в теплообменник T2, где нагревают смесь исходных реагентов, затем в конденсатор. Конденсат из теплообменника T2 и часть конденсата из конденсатора возвращаются обратно на тарелку (верхнюю) эфиризатора. Остальное количество попадает в реакционную колонну K1, которая предназначена для отделения азеотропной смеси (от водного спирта). Она отводится из колонны и поступает в одну из нижних тарелок эфиризатора Э, для того чтобы обеспечить оптимальное количество спирта в нижней части колонны и добиться более полной конверсии кислоты уксусной.

В конденсаторе-дефлегматоре, пары из колонны К1 конденсируются, затем часть конденсата идет на орошение, а остальная часть поступает в смеситель С4. В смесителе разбавляется равным объемом воды (так как без этого конденсат не расслоится, потому что вода довольно хорошо растворима в смеси спирта с эфиром). Образовавшаяся смесь разделяется в сепараторе С3 непрерывного действия на верхний слой, который содержит эфир с растворенным в нем водой и спиртом, и нижний слой, который представляет водный раствор эфира и спирта. Далее нижний слой возвращается на одну из средних тарелок колонны К1.

Из сепаратора С3 эфир-сырец направляют на очистку спирта и воды. Очистку проводят в ректификационной колонне К2 путем отгонки низкокипящей тройной азеотропной смеси спирта, эфира и воды. Некоторая часть этой смеси идет на орошение колонны К2 после конденсатора, а остальное количество идет снова в смеситель С4. Бутилацетат отводят из куба колонны К2 и после охлаждения в холодильнике Т8 направляют в сборник Е5 [13].

## **7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Этерификация - реакция образования эфиров (сложных) при взаимодействии спиртов и кислот.

Этерификацию обычно проводят в присутствии катализатора — серной кислоты.

Реакция этерификации носит обратимый характер, то есть положение равновесия зависит от концентрации и строения как спирта, так и карбоновой кислоты.

Для увеличения выхода бутилацетата берут избыток одного из веществ (например спирт), либо отгонку образующейся при этерификации  $H_2O$  в виде азеотропной смеси.

В соответствии с вышеизложенной информацией, проект нужен для того, чтобы систематизировать, закрепить и расширить теоретические и практические знания в области процессов этерификации, а также разработать и описать высокоэффективный и безопасный узел получения бутилацетата, отвечающий всем современным требованиям.

## 7.1 Сегментирование

По результатам проведенного сегментирования рынка были определены основные сегменты, а также выбраны наиболее благоприятные из них (Рисунок 3).

		Характеристика метода				
		Высокий выход продукта	Высокая чистота целевого продукта	Наращиваемая мощность установки	Дешевое сырье	Доступность
Метод получения	ОАО «Ашинский химический завод» Челябинская обл.					
	ООО «ДХЗ»(Дмитриевский химический завод) г. Кинешма Ивановская обл.					
	ОАО «Карбохим» г. Пермь					

Рисунок 3 – Карта сегментирования рынка услуг этерификации бутилацетата.

Таким образом, самым оптимальным методом является метод получения гидрирования бензола.

## 7.2 SWOT-анализ

SWOT – анализ представляет собой анализ научно-исследовательского проекта. SWOT – анализ применяют для исследования внутренней и внешней среды проекта.

Таблица 23 – SWOT – анализ

	<p><b>Сильные стороны:</b></p> <p>C1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии жидкофазного окисления 2-этилгексаналя</p> <p>C2. Экологичность технологии жидкофазного окисления 2-этилгексаналя</p> <p>C3. По сравнению с другими технологиями – более низкая стоимость производства</p> <p>C4. Имеется наличие финансирования бюджетного</p> <p>C5. Квалифицированные работники (аппаратчики 5ого и 6ого разряда)</p>	<p><b>Слабые стороны:</b></p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Отсутствие подрядной компании, способной построить производство «под ключ»</p> <p>Сл3. Отсутствие необходимого оборудования для построения лабораторной установки</p> <p>Сл5. Большой срок поставок материалов и комплектующих, необходимых для построения установки</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1: Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2: Использование инфраструктуры СИБУР и ТомскНефтеХим г. Томск</p> <p>В3: Появляется дополнительный спрос на продукты</p> <p>В4: Идет снижение таможенных пошлин на исходное сырье: 2-этиленгексаналь, кислород</p>	<p>Вывод жидкофазного окисления 2-этилгексаналя на рынок, будет способствовать развитию разработки, что увеличит спрос на продукцию. Засчет инфраструктуры ТПУ возможно увеличение потенциала разработки.</p>	<p>Использование инфраструктуры ТПУ, а так же заводов Томска Сибур и ТомскНефтеХим позволит создать прототип научной разработки, а так же обеспечит возможность построения производства.</p>

<p>В5: Повышение стоимости конкурентных разработок</p>		
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1: Присутствует отсутствие спроса на новые технологии</p> <p>У2: Явно идет развитие конкуренции технологий производства</p> <p>У3. Ограничения на экспорт технологии</p> <p>У4: Введение дополнительных требований к спецификации продукции</p> <p>У5: Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования</p>	<p>Угрозу отсутствия спроса и наличие развитой конкуренции уменьшит качество получаемого продукта с помощью жидкофазного окисления 2-этилгексаналя. Наличие необходимого оборудования для исследования образца покроет несвоевременное финансовое обеспечение, а персонал увеличит качество продукции.</p>	<p>Слабые стороны проекта имеют низкий спрос и развитие конкуренции. Так как высока производительность других способов получения 2-этилгексановой кислоты, возможно нежелание применения установки получения 2-этилгексановой кислоты в производственном масштабе, а так же из-за отсутствия прототипа научной разработки. Отсутствие своевременного финансового обеспечения со стороны государства приведет к тому, что установка не будет опробована в производственных масштабах, следовательно будет увеличение срока выхода разработки на рынок. Именно поэтому необходимо найти пути усовершенствования технологии получения 2-этилгексановой кислоты, для повышения ее конкурентной активности относительно других существующих компаний.</p>

## **7.3 Планирование научно-исследовательских работ**

### **7.3.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления работ и этапов, распределение исполнителей по данным видам работ приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Этапы	№	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка задания	1	Составление и утверждение задания	Руководитель
Выбор исследования направления	2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	3	Обзор современных методов исследования	Руководитель, бакалавр
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретическое обоснование и проведение экспериментальных исследований	5	Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов	Руководитель, бакалавр
	6	Построение моделей и проведение экспериментов	Руководитель, бакалавр
	7	Составление результата эксперимента	Руководитель, бакалавр
Обобщение полученных результатов, выводы по проведенной работе	8	Оценка эффективности проведения исследований	Руководитель, бакалавр
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, бакалавр
Разработка технического проектирования и документации	10	Разработка принципиальной схемы	Руководитель, бакалавр
	11	Расчет конструкции нового оборудования	Руководитель, бакалавр
	12	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Руководитель, бакалавр
Оформление отчета по НИР	13	Составление пояснительной записки	Руководитель, бакалавр
	14	Сдача работы на рецензию	Руководитель, бакалавр
	15	Предзащита	Руководитель, бакалавр
	16	Подготовка к защите ВКР	Бакалавр
	17	Защита ВКР	Руководитель, бакалавр

### 7.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость научного исследования выполняется и оценивается экспертным путем в человеко – днях. Для определения ожидаемого (среднего) значения  $t_{ожі}$  используем следующей формулу:

$$t_{ожі} = (3t_{mini} + 2t_{maxi})/5,$$

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

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$  – ой работы, чел. – дн.;

$t_{maxi}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$  – ой работы, чел. – дн.

$$T_{pi} = t_{ожі}/\Psi_i,$$

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

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел. – дн.

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{кал},$$

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

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

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = T_{кал}/(T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}) = 365/(365 - 104 - 14) = 1,48,$$

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

$T_{вых}$  – число выходных дней в году;

$T_{пр}$  – число праздничных дней в году.

Значения  $T_{ki}$  в кал – днях по каждой работе нужно округлить до целого

числа.

Все значения необходимо свести в таблицу 25.

Таблица 25 – Временные показатели проведения научного исследования.

№	Вид работы	Трудомкость работ						Исполнители	
		tmin, чел-дни		tmax, чел-дни		toжi, чел-дни			
		Р	Б	Р	Б	Р	Б	Р	Б
1	Составление и утверждение задания	4	3	5	6	4,4	4,2	Р	Р
2	Выбор исследования направления	3	3	5	5	3,8	3,8	Р	Р
		3	3	5	5	3,8	3,8	Б	Б
3	Обзор современных методов исследований по выбранному направлению	2	2	7	6	3,4	3,6	Р	Р
		2	2	7	6	3,4	3,6	Б	Б
4	Календарное планирование работ по теме	1	2	2	3	1,4	2,4	Р	Р
		1	1	2	2	1,4	1,4	Б	Б
5	Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	20	25	45	45	30	33	Р	Р
		10	10	20	20	14	14	Б	Б
6	Построение моделей и проведения экспериментов	14	14	30	30	20,4	20,4	Р	Р
		14	14	30	30	20,4	20,4	Б	Б
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	5	5	7	7	5,8	5,8	Р	Р
		5	5	7	7	5,8	5,8	Б	Б

Продолжение таблицы – 25

8	Оценка эффективности проведенных исследований	1	1	3	3	1,4	1,4	Р	Р
		1	1	3	3	1,4	1,4	Б	Б
9	Определение целесообразности проведения ОКР	3	3	7	7	4,6	4,6	Р	Р
		3	3	7	7	4,6	4,6	Б	Б
10	Разработка принципиальной схемы	3	3	7	7	4,6	4,6	Р	Р
		3	3	7	7	4,6	4,6	Б	Б
11	Расчет конструкции нового оборудования	5	5	14	14	8,6	8,6	Р	Р
		5	5	14	14	8,6	8,6	Б	Б
12	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	1	1	1	1	1	1	Р	Р
		1	1	1	1	1	1	Б	Б
13	Создание пояснительной записки	7	7	8	9	7	7	Р	Р
		7	7	8	9	7	7	Б	Б
14	Сдача готовой работы на рецензию	2	2	6	7	3,6	4	Б	Б
15	Предзащита	1	1	2	2	1,4	1,4	Р	Р
		1	1	2	2	1,4	1,4	Б	Б
16	Подготовка к защите ВКР	5	5	6	6	5	5	Б	Б
17	Защита ВКР	1	1	1	1	1	1	Р	Р
		1	1	1	1	1	1	Б	Б

Р – руководитель; Б – бакалавр.

На основании таблицы [25] строится календарный план – график. График строится в рамках научно – исследовательского проекта на основе таблицы [26] с разбивкой по декадам (10 дней) и месяцам за период времени подготовки. При этом работы на графике выделяются различной штриховкой.

Таблицы 26 – Расчет длительности исполнения работы

№	Наименование работ	Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$		Исполнители	
		Р	Б	Р	Б	Р	Б
1	Составление и утверждение задания	4,4	4,2	6,5	6,2	Р	Р
2	Выбор исследования направления	1,9 1,9	1,9 1,9	3 3	3 3	Р Б	Р Б
3	Обзор современных методов исследований по выбранному направлению	1,7 1,7	1,6 1,6	3 3	2,4 2,4	Р Б	Р Б
4	Календарное планирование работ по теме	0,7 0,7	1,2 0,7	1 1	1,8 1	Р Б	Р Б
5	Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	15 7	16,5 7	22,5 10,5	24,7 10,5	Р Б	Р Б
6	Построение моделей и проведения экспериментов	20,4 20,4	20,4 20,4	30,6 30,6	30,6 30,6	Р Б	Р Б
7	Составление результатов эксперимента с теор исследованиями	5,8 5,8	5,8 5,8	9 9	9 9	Р Б	Р Б
8	Оценка эффективности проведенных исследований	1,4 1,4	1,4 1,4	2 2	2 2	Р Б	Р Б
9	Определение целесообразности проведения ОКР	4,6 4,6	4,6 4,6	7 7	7 7	Р Б	Р Б
10	Разработка принципиальной схемы	4,6 4,6	4,6 4,6	7 7	7 7	Р Б	Р Б
11	Расчет конструкции нового оборудования	8,6 8,6	8,6 8,6	13 13	13 13	Р Б	Р Б
12	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	1 1	1 1	1 1	1 1	Р Б	Р Б
13	Составление готовой пояснительной записки	7 7	7 7	11 11	11 11	Р Б	Р Б
14	Сдача готовой работы на рецензию	3,6	4	5,4	6	Б	Б
15	Предзащита	0,7 0,7	0,7 0,7	1 1	1 1	Р Б	Р Б
16	Подготовка к защите ВКР	5	5	7	7	Б	Б
17	Защита ВКР	1 1	1 1	1 1	1 1	Р Б	Р Б

Таблица 27 – Календарный план-график проведения НИОКР

№	Вид работ	Исполнители	T <sub>кп</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение задания	Руководитель	6														
2	Выбор направления исследований	бакалавр	3														
3	Обзор современных методов исследований по выбранному направлению	Руководитель, бакалавр	5														
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	1														
5	Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	Руководитель	22														
6	Построение моделей и проведения экспериментов	бакалавр	30														
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, бакалавр	14														
8	Оценка эффективности проведенных исследований	Руководитель	2														
9	Определение целесообразности проведения ОКР	бакалавр	7														
10	Разработка принципиальной схемы	Руководитель, бакалавр	14														



$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м,  $m^2$  и т.д.);

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

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовленные расходы.  
Примем  $k_T = 0,2$ ;

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./ $m^2$  и т.д.).

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 28.

Таблицы 28 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед. с НДС, руб.			Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.		
		Р	Б	Л	Р	Б	Л	Р	Б	Л
Уксусная кислота	кг	548	548	548	1	1	1	657,6	657,6	657,6
Бутанол	кг	676	676	676	58	58	58	47049,6	47049,6	47049,6
Серная кислота	кг	12,75	12,75	12,75	24	24	24	367,2	367,2	367,2
Итого								4	4	4
								8074,4	8074,4	8074,4

Возвратные отходы производства – это остатки сырья, полуфабрикатов, материалов, теплоносителей и других видов материальных ресурсов, которые образуются в процессе производства научно-технической продукции, и которые утратили частично/полностью свои потребительские качества исходного ресурса. В силу этого используемые с повышенными затратами или вовсе не используемые по прямому назначению.

### 7.3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Здесь включены все затраты, которые связаны с приобретением специального оборудования, которое необходимо для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости оборудования осуществляется по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат заносится в таблицу 29.

При покупке оборудования нужно учесть доставку и монтаж в размере 15 % от цены. Цена оборудования, которое используется при выполнении конкретного НИИ и находящееся в данной научно-технической организации, должно учитываться в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Таблица 29 – Расчет бюджета на приобретение спецоборудования для научных работ

№	Наименование спецоборудования	Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, руб.			Общая стоимость оборудования, руб.		
		Р	Б	Л	Р	Б	Л	Р	Б	Л
1	Емкость для входа и выхода продуктов	2	2	1	11500 0	115000	115000	230000	230000	115000
2	Теплообменник	2	4	2	24000	24000	24000	24000	48000	24000
3	Эфиризатор	0	1	0	50000	50000	50000	0	50000	0
4	Ректификационная колонн	1	1	0	60000	60000	60000	60000	60000	0
5	Сепаратор	1	1	1	5000	5000	5000	5000	5000	5000
6	Смеситель	1	0	0	10000	10000	10000	10000	0	0
Итого:								329000	393000	144000

Расчет затрат на электроэнергию определяется по формуле:

$$E_э = \sum N_i * T_э * Ц_э,$$

где  $T_э$  – время использования электрооборудования, час;

$N_i$  – мощность электроприборов по паспорту, кВт;

$Ц_э$  – цена одного кВт\*ч, руб. (1,89 руб. в г. Томск).

$$E_э = 0,8 * 250 * 1,89 = 389 \text{ руб.}$$

### 7.3.3.3 Основная заработная плата исполнительской темы

В настоящую статью входит основная з/п инженерно-технических и научных работников, а так же рабочих макетных мастерских и опытных производств. Величина расхода по з/п рассчитывают исходя из трудоемкости выполненной работы и действующей системы оклада и тарифной ставки. В состав основной з/п входит премия, которая выплачивается ежемесячно из фонда заработной платы в размере от 20 до 30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 30.

Таблица 30 – Расчет основной заработной платы

Исполнители Исполнители по категориям		Трудоемкость чел.-л/дн., Тр		Зарботная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.з/дн.		Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.зосн.	
		Р	Б	Р	Б	Р	Б
Бакалавр	Студент	144,6	147,1				
Руководитель	Старший преподаватель, к.х.н.	25	27,9	1,6	1,6	40	44,6
Лаборант	Сотрудник лаборатории	25	27,9				
Итого:						40	44,6

### 7.3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной главе отображаются отчисления по установленным законодательствам РФ и нормам органам государственного социального страхования (ФСС), а так же пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Отчисления будут определяться исходя из формулы:

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

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

Расчеты представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Социальные отчисления и дополнительная заработная плата

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			
	Руководитель	Бакалавр	Лаборант	
Руководитель проекта	40000	44600		40000
Социальные отчисления				
	ПФР (22%)	ФСС (2,9%)	ФОМС (5,1%)	Страхование по классу опасности (0,5%)
Руководитель	8800	1160	2040	200
Бакалавр	9812	1293,4	2274,6	223
Лаборант	8800	1160	2040	200

### 7.3.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитываются прочими затратами организации: размножение материалов, электроэнергии, печать и ксерокопирование материалов исследования, почтовые и телеграфные расходы и многое другое.

Величина определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) * k_{\text{нр}},$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16 %.

### 7.3.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанное значение затрат для НИР является основной для формирования бюджета затрат проекта, что при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией и в качестве нижнего предела затрат на разработку НТИ..

Определение бюджета затрат приведен в таблице 32.

Таблица 32 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1 (Р)	Исп.2 (Б)	Исп.3 (Л)	
1 Материальные затраты	48074,4	48074,4	48074,4	Пункт 1.3.3.1
2 Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	329000	393000	144000	Пункт 1.3.3.1
3 Затраты на электроэнергию	389	389	389	
4 Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	40000	44600	40000	Пункт 1.3.3.3
5 Отчисления во внебюджетные фонды	12200	13603	12200	Пункт 1.3.3.4
6 Накладные расходы	68746,144	79946,624	39146,144	16 % от суммы ст. 1-5
7 Бюджет затрат НТИ	498409,544	579613,024	283809,544	Сумма ст. 1-6

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

Определение всех видов эффективности учитывается на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Нахождение связано с определением 2-х средневзвешенных величин, а именно ресурсоэффективности и финансовой эффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

где  $\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

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

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Рассчитанная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определяется так:

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

где  $a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта разработки;

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

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

$n$  – число параметров сравнения.

Рассчитываем интегральный показатель ресурсоэффективности и сводим в таблицу 33.

Таблица 33 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии эффективности	Объект исследования			
	Весовой коэффициент параметра	Руководитель	Бакалавр	Лаборант
1 Способствует росту производительности труда	0,2	3	5	3
2 Удобство в эксплуатации	0,2	4	5	4
3 Энергосбережение	0,1	4	5	4
4 Надежность	0,2	3	5	3
5 Воспроизводимость	0,2	4	4	4
6 Материалоемкость	0,1	5	4	5
Итого	1	3,7	4,7	3,7

$$I_{p-исп1} = 3 * 0,2 + 4 * 0,2 + 4 * 0,1 + 3 * 0,2 + 5 * 0,1 = 3,7;$$

$$I_{p-исп2} = 5 * 0,2 + 5 * 0,2 + 5 * 0,1 + 5 * 0,2 + 4 * 0,2 + 4 * 0,1 = 4,7;$$

$$I_{p-исп3} = 3 * 0,2 + 4 * 0,2 + 4 * 0,1 + 3 * 0,2 + 5 * 0,1 = 3,7.$$

Интегральный показатель эффективности определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}}, \text{ и т.д.}$$

Сравнивается интегральный показатель эффективности вариантом исполнения разработки, что позволяет определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{ср}$ ):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}.$$

Таблица 34 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Руководитель	Бакалавр	Лаборант
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,95	1	0,95
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,7	4,7	3,7
3	Интегральный показатель эффективности	3,89	4,7	3,89
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,83	1	0,83

**Вывод:** Сравнение значения интегральных показателей эффективности позволило понять, что более эффективным вариантом решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является исполнение. [29]

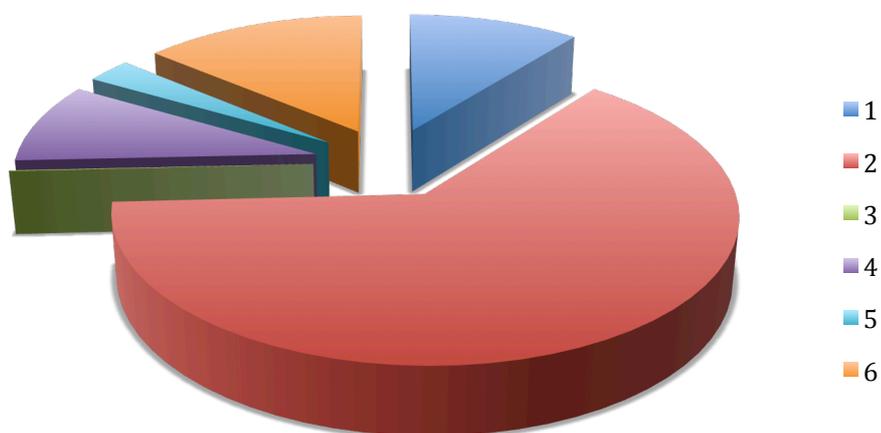


Рисунок 4 – Распределение затрат на научно – техническое исследование.

1 – Материальные затраты НТИ; 2 – Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ; 3 – Затраты на электроэнергию; 4 – Затраты по основной заработной плате исполнителей темы; 5 – Отчисления во внебюджетные фонды; 6 – Накладные расходы.