

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

Институт природных ресурсов
Направление подготовки 18.03.01 химическая технология
Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Проект опытно-промышленной установки синтеза лактида из полимерных отходов УДК 661.746.2.095.262	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2А	Посвященная Анжелика Константиновна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ТОВМП	Волгина Т. Н.	Кандидат химических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры МЕН	Рыжакина Т. Г.	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Раденков Т. А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТОВПМ	Юсубов М. С.	Доктор химических наук.		

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 18.03.01 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	Посвященной Анжелике Константиновне

Тема работы:

Проект опытно-промышленной установки синтеза лактида из полимерных отходов

Утверждена приказом директора (дата, номер)

от 28.01.2016 № 410/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Объектом проектирования является установка синтеза лактида из полимерных отходов; производительностью 5 тонн в год; режим работы периодический; сырьём является отходы полимолочной кислоты.

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>	<i>Технико-экономическое обоснование</i> <i>Технологическая схема</i> <i>Основной аппарат. Технологический, гидравлический и механический расчёт аппарата</i> <i>Социальная ответственность</i> <i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<i>Технологическая схема, основной аппарат</i>
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Проект опытно-промышленной установки синтеза лактида из полимерных отходов	к.х.н. Волгина Т. Н.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	к.э.н. Рыжакина Т. Г.
Социальная ответственность	Раденков Т. А.

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ТОВПМ	Волгина Т. Н.	Кандидат химических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2А	Посвященная А. К.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2А	Посвященной Анжелике Константиновне

Институт	ИПР	Кафедра	ТОВІІМ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 «Химическая технология»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	Производственные метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации. Опасные факторы производственной среды механической, термической, взрывной природой. Негативное воздействие на литосферу. Чрезвычайные ситуации техногенного характера.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	ГОСТ 12.1.005, ГН 2.1.6.1338-03, ГОСТ 12.1.003 – 83, СН 2.2.4/2.1 .8.562-96.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)	Анализ вредных факторов: Микроклимат. Вредные вещества. Освещение. Шум.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	Анализ опасных факторов: Механической природы. Термической природы. Электробезопасность. Пожаровзрывобезопасность.
3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране	Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы). Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы). Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы).

<i>окружающей среды.</i>	
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	<i>Возможные ЧС на объекте: пожар, взрыв, террористический акт.</i>
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	
Перечень графического материала:	
<i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i>	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры	Раденков Т.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2А	Посвященная Анжелика Константиновна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2А	Посвященной Анжелике Константиновне

Институт	ИПР	Кафедра	ТОВІМ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 «Химическая технология»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	1. Стоимость ресурсов научного исследования
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований.
	2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.
	3. Планирование научно-исследовательских работ.
	4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.
Перечень графического материала:	1. Карта сегментирования рынка по производству полимерных изделий. 2. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок). 3. Матрица SWOT. 4. Интерактивная матрица проекта. 5. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей. 6. Временные показатели проведения научного исследования. 7. Календарный план-график. 8. Бюджет затрат НТИ.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмент	Рыжакина Т. Г.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2А	Посвященная Анжелика Константиновна		

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа 112 страниц, 13 рисунков, 34 таблицы, 46 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: полимолочная кислота, лактид, термическая деполимеризация.

Объектом разработки является установка синтеза лактида из полимерных отходов.

Цель работы: выбор более эффективных условий для данного процесса, подбор аппаратов, вспомогательного оборудования, средств контроля и автоматизации.

В результате работы спроектирована технологическая схема получения лактида из полимерных отходов.

В разделе финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение определена ресурсная (ресурсосберегающая), финансовая, бюджетная, социальная и экономическая эффективность проекта.

В разделе социальная ответственность выполнен анализ вредных и опасных факторов, способов защиты людей, разработаны мероприятия в условиях чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 10.

Оглавление	
Введение.....	10
1 Общая характеристика производства, его технико-экономический уровень	12
1.1 Получение лактида из молочной кислоты и ее производных	14
1.3 Характеристика проектируемого производства	16
2 Характеристика производимой продукции. Характеристика исходного сырья, материалов и полупродуктов	18
2.1 Источники сырья.....	18
2.1.1 Молочная кислота.....	18
2.1.2 Олигомер.....	19
2.1.3 Полилактид	19
2.1.4 Изделия из полилактида.....	20
2.2 Катализатор	20
2.2.1 Оксид алюминия (III).....	20
2.2.2 Оксид сурьмы (III)	21
2.2.3 Оксид цинка.....	21
2.2.4 <i>n</i> -толуолсульфокислота.....	22
2.2.5 Октаат олова.....	22
2.3 Растворитель.....	23
2.3.1 Этилацетат	23
2.3.2 Бутилацетат	23
2.4 Характеристика продуктов	24
3 Физико-химические основы технологического процесса	25

19	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	27
19.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	27
19.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования ..	27
19.1.2	Анализ конкурентных технических решений.....	28
19.1.3	SWOT-анализ.....	29
19.2	Планирование научно-исследовательских работ	31
19.2.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	31
19.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	33
19.2.3	Разработка графика проведения научного исследования..	34
19.2.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	39
19.3	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	46

Введение

В настоящее время остро стоит проблема защиты окружающей среды от вредных воздействий химических производств. И хотя сейчас еще проявляется необдуманное и беззаботное отношение к природе, люди уже стали осознавать и по-новому оценивать трагические последствия этого.

Мировой экологической проблемой стало возрастающее использование человеком пластмасс. Объемы выпуска не разрушаемых в природной среде пластических масс, полученных в результате нефтепереработки, главным образом полиолефинов (полиэтилена и полипропилена), огромны, к настоящему моменту достигли 300 миллионов тонн в год и ежегодно возрастают примерно на 25 миллионов тонн. Большая часть отходов вывозится на свалки, в то время как повторной переработке в развитых странах подвергается всего лишь 16 – 20 %.

Один из методов снижения антропогенного давления на окружающую среду – это замена синтетических полимеров новыми материалами, которые подвержены биологической деградации и распадаются в естественной среде до безвредных для окружающего мира продуктов, вовлекаясь в глобальные круговоротные циклы.

Одним из лидеров на мировом рынке биопластиков является полилактид, который лидирует более 30 лет среди упаковочных материалов. Крупнейшие производители полилактида: «Cargill Inc» (США) – продукт «Есо-Pla», линия 6000 т/год; в перспективе увеличение объёмов производства до 150 000 т/год, а также снижение стоимости полилактида с 250 до 2,2 дол/кг; мощность производства Nature Works составляет 140 000 т/год; фирма Нусайл, Нидерланды – 50 000 т/год; голландская фирма CSMN выпускает 34000 т/год молочной кислоты под маркой «PURAC» с возможным увеличением мощности в 2 раза [1].

В свою очередь, синтез биоразлагаемых полимеров – многостадийный и дорогостоящий процесс. При производстве и в процессе использования

биоразлагаемых полимеров также образуются отходы, которые можно переработать с выделением исходного мономера.

Поэтому цель данной выпускной квалификационной работы заключается в разработке проекта опытно-промышленной установки получения лактида (исходного мономера для производства биоразлагаемых полимеров) из полимерных отходов на основе полимолочной кислоты.

1 Общая характеристика производства, его технико-экономический уровень

В настоящее время для уменьшения вредного воздействия пластмасс на окружающую среду разрабатываются технологии по производству биоразлагаемых полимеров, потребность в которых постоянно растёт. Мировой рынок биоразлагаемых пластиков в среднем растёт более чем на 25 % в год (рисунок 1) [2].



Рисунок 1 – Рост производства биоразлагаемых полимеров

Самым популярным на сегодняшний день биоразлагаемым полимером является полимолочная кислота или полилактид (рисунок 2), одной из основных областей применения которой является пищевая упаковка [3]. Полилактид (полимолочная кислота) – биоразлагаемый, биосовместимый, термопластичный, алифатический полиэфир, мономером которого является лактид. Полилактид получают из ежегодно возобновляемой биомассы, такой как кукуруза и сахарная свекла, что является одним из главных достоинств этого полимера.

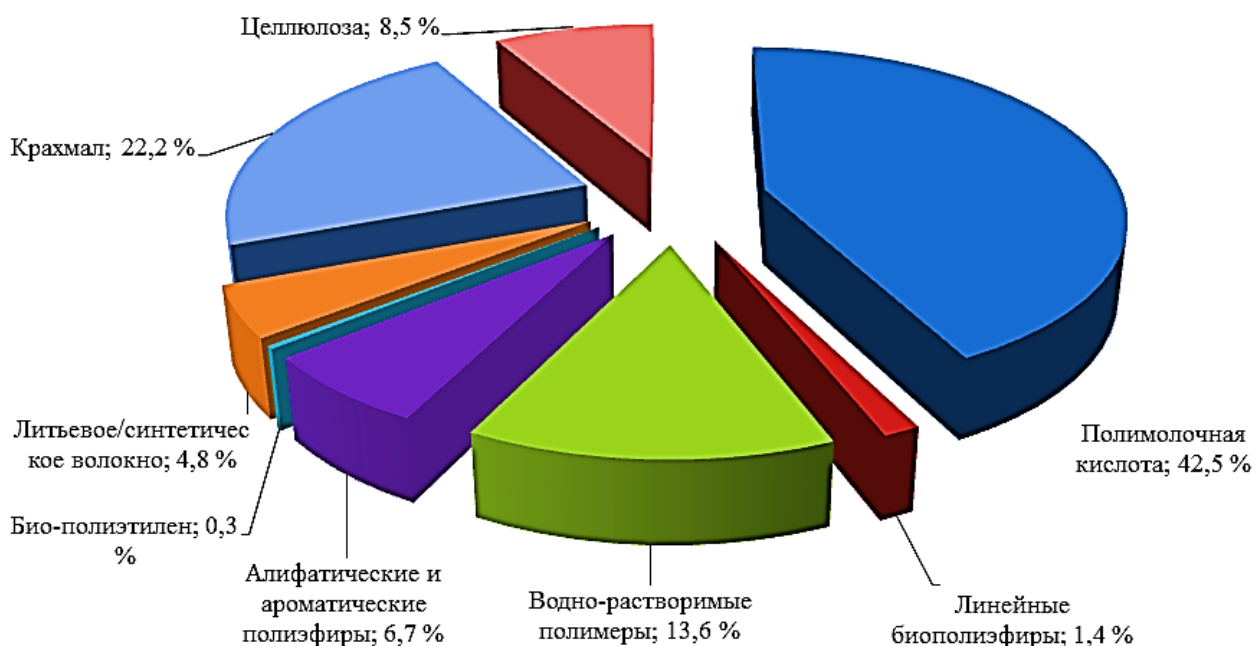


Рисунок 2 – Диаграмма мирового рынка упаковки из биоматериалов, 2010 г.

Полилактид легко разлагается в естественной среде: в компосте период биодеструкции составляет около 1 месяца, в водной среде этот материал также разрушается (преимущественно бактериями), но в течение более длительного срока. С точки зрения потребительских свойств этот биополимер не уступает своим синтетическим аналогам.

Несмотря на все преимущества, замена синтетических полимеров на биоразлагаемые происходит медленно. Аналитики прогнозируют, что к 2020 г. доля таких полимеров на европейском рынке составит всего 5 %. Это объясняется его высокой стоимостью, поэтому усилия крупных концернов направлены на то, чтобы удешевить биоразлагаемый продукт за счет новых высокопроизводительных технологий. Например, совершенствованием технологий производства молочной кислоты активно занимается американская фирма «Cargill Inc», которая производит синтез путем ферментирования декстрозы кукурузы. В настоящее время производственная линия этой компании выдает около 6000 т/год. В перспективе – увеличение объёмов производства до 150000 т/год, а также снижение стоимости полилактида с 250 до 2,2 дол./кг [4]. Голландская компания «CSMN» уже

сейчас готова выпускать более 34000 т/год молочной кислоты с возможностью увеличения производственных мощностей в два раза. Компания «Mitsui Toatsu» (Япония) разработала способ получения полилактида в одну стадию. В этом случае цена составит не более 4,95 дол./кг. Снижение цены возможно также за счет повторного использования и переработки полимерных материалов, отслуживших свой срок, что позволит решить не только экономические, но и экологические проблемы. Рециклинг позволит получать [5]: исходные полимеры, наполнители, армирующие добавки, а также мономеры и другие ценные химические соединения.

1.1 Получение лактида из молочной кислоты и ее производных

Лактид – дегидратированный циклический димер молочной кислоты (3,6-диметил-1,4-диоксан-2,5-дион), из-за наличия двух асимметричных атомов углерода в молекуле, существует в различных формах: *R,R*-лактид (или *D*-лактид, *S,S*-лактид (или *L*-лактид), *R,S*-лактид (или *мезо*-лактид), *Рас*-лактид (или *D*- и *L*-лактид – рацемическая смесь *L*- и *D*-лактидов) [6].

Лактид можно получить удалением воды из раствора молочной кислоты или каталитической конденсацией лактатов. Исследователями установлено, что при перегонке под глубоким вакуумом при 180–240 °С от молекул молочной кислоты вода отщепляется за счет энергии подводимого тепла в условиях вакуума, что приводит к образованию димерных полимерных структур [7], которые при дальнейшем нагревании замыкаются в циклическую структуру – лактид (рисунок 3).

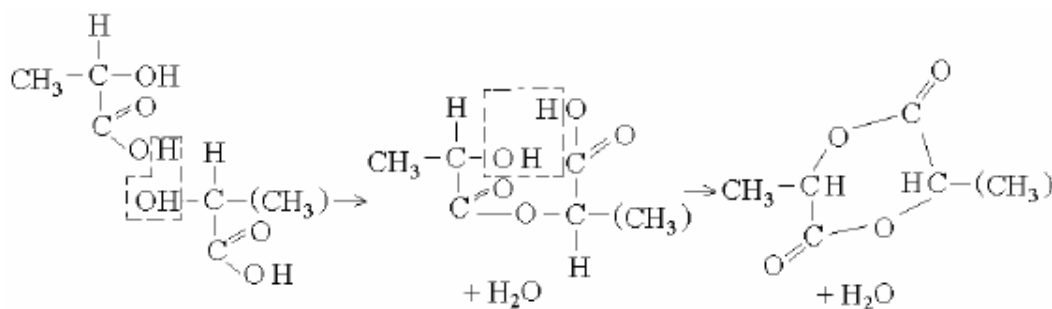


Рисунок 3 – Схема отщепления воды от молекул молочной кислоты.

Промышленным способом лактид получают путем термической каталитической деполимеризации олигомера молочной кислоты:

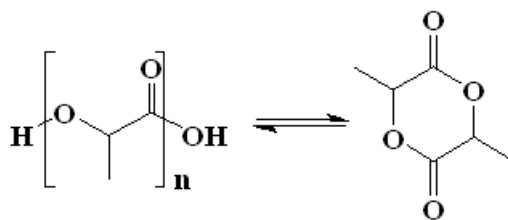


Схема производства лактида может быть представлена следующим образом:

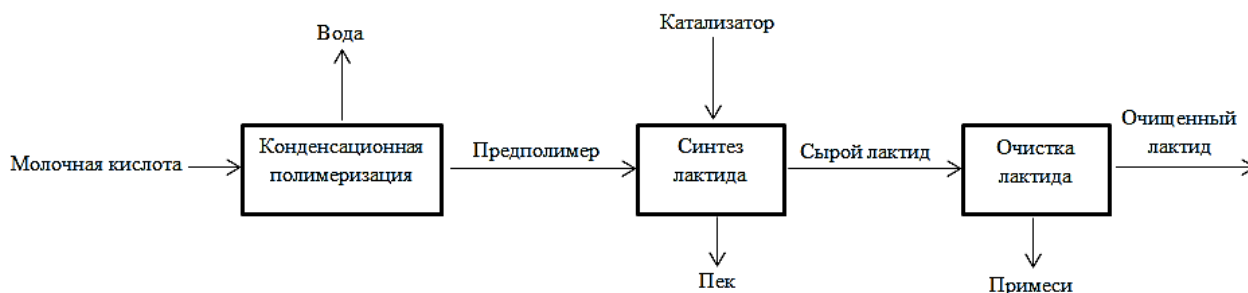
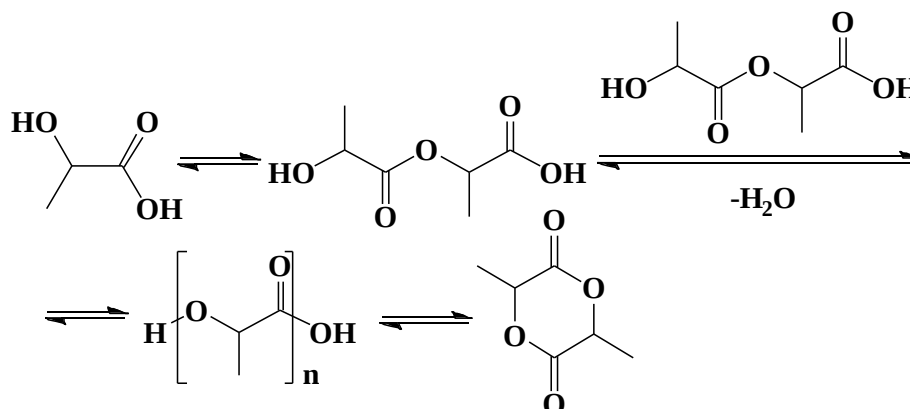


Рисунок 4 – Схема промышленного процесса получения лактида из молочной кислоты

Такого рода процесс может осуществляться как периодическим, так и непрерывным способом. Непрерывный процесс получения лактида был описан ещё в 1992 году. Сырьё (предполимер) непрерывно подаётся в реактор, образующийся лактид отгоняется под действием вакуума, остаток отделяется. Технологические параметры такого процесса следующие: температура 210–215 °С, давление 4 мбар, время пребывания в реакторе – 60 мин, катализатор – октоат олова 0,05 % масс. Конверсия за один проход составляет 70 %. Выход лактида может быть повышен за счет рецикла непрореагировавшего сырья, которое возвращают в емкость с молочной кислотой, где происходит гидролиз олигомера. Оборудование, которое требуется для непрерывного синтеза представляет собой емкости с мешалками разного типа, реакторы с мешалками и ректификационными колоннами сверху (для фракционирования продукта), дистиляционные колонны.

Периодический процесс заключается в получении лактида из раствора молочной кислоты в деионизированной воде в присутствии различных катализаторов, состоящий из ряда последовательных стадий [8]:



Условия проведения следующие: степень полимеризации олигомера $n=15$, давление – 4–5 мбар, температура – 190–245 °С, катализатор – октоат олова (0,05–0,2 % мас.). Степень конверсии сырья достигает 90 %. Процесс осложняется протеканием побочных реакций этерификации, приводящих к увеличению вязкости раствора и как следствие затруднение перехода образовавшегося лактида из жидкой фазы в газовую.

Другими исследователями было показано, что в проведение процесса деполимеризации существуют некоторые ограничения. Разница температур между теплоносителем и реакционной массой не должна превышать 15 °С, в этом случае побочные процессы декарбоксилирования, декарбонилирования и смолообразования будут минимальны. В процессе деполимеризации из реакционной массы рекомендуется отгонять до 80 % образующегося лактида (от теоретического), остальное – путем выделения из оставшейся реакционной массы лактида с помощью растворителя (например, этилацетата). При температуре 235 – 240 °С и остаточном давлении 3 – 6 мм.рт.ст выход лактида достигает 72 – 73 %.

1.3 Характеристика проектируемого производства

Таким образом, на основании проведенного литературного поиска, опытно-промышленная установка синтеза лактида из полимолочной кислоты

методом термической деполимеризации должна состоять из следующих стадий:

1. Стадия деполимеризации – разложения полимера, в ходе которого образуется мономер и его изомеры.

2. Стадия абсорбции молочной кислоты – поглощения газообразного компонента при проникновении его в массу сорбента, в данном случае – воды, приводящее к образованию раствора.

3. Стадия очистки сырца перекристаллизацией. Перекристаллизация – метод очистки, основанный на различной растворимости веществ в растворителе при различных температурах.

4. Стадия фильтрования. Процесс фильтрования основан на задержании твёрдых взвешенных частиц пористыми перегородками, способными пропускать только жидкость и задерживать частицы твёрдой фазы.

5. Стадия сушки. Сушка – это процесс удаления влаги из материалов с использованием тепловой энергии для испарения влаги и с отводом образующихся паров.

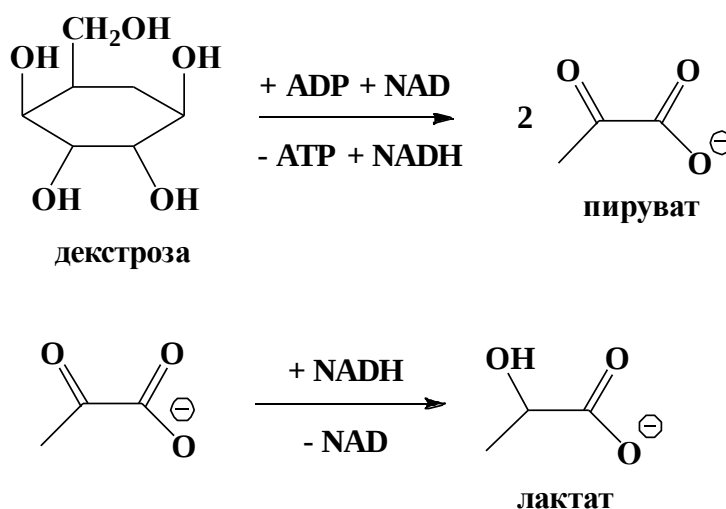
2 Характеристика производимой продукции. Характеристика исходного сырья, материалов и полупродуктов

2.1 Источники сырья

2.1.1 Молочная кислота

Получение лактида впервые было описано в 1845 году. Французский учёный Теофиль-Жюль Пелуз, изучая этерификацию молочной кислоты при нагревании и отгоне воды, получил полимер, который не смешивался с водой. При продолжительном нагревании полимера образовались кристаллы. Формула вещества была установлена, и оно получило название «лактид». Таким образом, первым источником сырья была молочная кислота.

Почти вся молочная кислота производится из гексозы, пентозы и других сахаридов путем ферментации под действием микроорганизмов, в качестве которых могут использоваться гомоферментативные молочно-кислые бактерии. Они, с помощью гликолиза, расщепляют молекулу глюкозы на две молекулы, которые затем восстанавливаются до молочной кислоты:



При использовании гетероферментативных бактерий помимо молочной кислоты образуется этиловый спирт и ацетат.

Современные методы синтеза молочной кислоты обеспечивают конкурентоспособность производства полимолочной кислоты наряду с

полимерами, полученными из нефтехимического сырья, благодаря этому в настоящее время производство молочной кислоты в мире стремительно увеличивается.

На единственном в России заводе молочную кислоту получают сбраживанием отходов производства молокопродуктов и сахарных растворов при действии лактобактерий. Потребление российского рынка значительно превышает предложение: производится около 500 тонн в год, а требуется 6 тысяч тонн в год [30].

2.1.2 Олигомер

Олигомер – молекула, которая представляет собой цепочку из небольшого числа одинаковых повторяющихся составных звеньев. Этим олигомеры отличаются от полимеров, в которых число звеньев теоретически не ограничено. Предел молекулярной массы олигомера зависит от его химических свойств. Свойства олигомеров сильно зависят от изменения количества повторяющихся звеньев в молекуле и природы концевых групп; с момента, когда химические свойства перестают изменяться с увеличением длины цепочки, вещество называется полимером [31].

Молекулы, способные образовывать цепочки в результате реакции полимеризации называются мономерами. При олигомеризации химический процесс формирования цепочки из мономеров протекает только до достижения определенной степени полимеризации (обычно в пределах от 10 до 100).

Молекулярная масса олигомеров молочной кислоты составляет от 730 до 7218 г/моль.

2.1.3 Полилактид

Полимер – высокомолекулярное соединение. Количество мономерных звеньев в полимере (степень полимеризации) должно быть достаточно велико, иначе соединение будет называться олигомером. Количество звеньев может считаться достаточным, чтобы отнести молекулу к полимерам, если

при добавлении очередного звена свойства молекулы не изменяются. Молекулярная масса полимеров от нескольких тысяч до нескольких миллионов [32].

2.1.4 Изделия из полилактида

Полимолочная кислота применяется в различных отраслях промышленности: в производстве упаковочного материала, в медицине (шовный и перевязочный материал, раневые покрытия, скрепляющие элементы для костных отломков, материалы для остеосинтеза, эндопротезы, в том числе разрушаемые стенты, биосовместимые покрытия), в печати. Из-за постоянно растущего производства и потребления этих изделий так же, как при использовании полимеров из этилена, пропилена и других продуктов нефтепереработки, образуется большое количество отходов, которое можно переработать с выделением ценных веществ.

В данной работе в качестве сырья будут использоваться отходы полилактида, с различных стадий производства и получения полимера, а также изделия из полилактида, вышедшие из строя или отслужившие свой срок, например, пластиковые бутылки, одноразовая посуда, шовные нити.

2.2 Катализатор

Термическая деполимеризация полилактида – каталитический процесс. Катализатор – вещество, ускоряющее химическую реакцию, но не входящее в состав продуктов. В качестве катализаторов могут использоваться разнообразные вещества: от солей органических кислот до щелочей.

2.2.1 Оксид алюминия (III)

Оксид алюминия представляет собой химическое соединение алюминия и кислорода с химической формулой Al_2O_3 . Оксид алюминия получают в основном из гидроксида алюминия, который является основным компонентом бокситов.

Оксид алюминия находится в кристаллическом состоянии, плотность $3,99 \text{ г/см}^3$, температура плавления 2044°C .

Более 90 % оксида алюминия применяется для получения алюминия, производства огнеупорных материалов, в качестве катализатора и адсорбента.

Мировое производство оксида алюминия 2015 году составило 115 млн тонн [33].

2.2.2 Оксид сурьмы (III)

Неорганическое соединение, формула которого Sb_2O_3 . Находится в кристаллическом состоянии в двух модификациях α - Sb_2O_3 и β - Sb_2O_3 . Плотность – $5,19 \text{ г/см}^3$ (α), $5,67 \text{ г/см}^3$ (β). Температура плавления 655°C . Оксид сурьмы производится двумя способами: испарением сырого оксида сурьмы и окислением металлической сурьмы.

Оксид сурьмы применяется матирующее средство для стёкол, керамики и эмалей; катализатор в производстве полиэтилентерефталата и вулканизации каучука. В сочетании с галогенами является антипиреном, активатором ядохимикатов.

Мировое производство оксида сурьмы на 2012 год составило 130000 тонн. Главные страны-производители: Китай, США, Мексика, страны Европы, Япония и Южная Африка [34].

2.2.3 Оксид цинка

Неорганическое соединение, формула которого ZnO . Находится в твёрдом состоянии. Плотность $5,61 \text{ г/см}^3$. Температура сублимации 1800°C . Получают в промышленности тремя способами:

1. Непрямой процесс. Металлический цинк испаряют при температуре 1000°C , пары металла вступают в реакцию с кислородом воздуха. Образование оксида цинка сопровождается падением температуры. Частицы полученного вещества отводятся через охлаждающий канал.

2. Прямой процесс. Руда, содержащая цинк, нагревается, образующиеся пары цинка окисляются. Конечный продукт из-за содержания примесей в сырье получается более низкого качества, по сравнению с непрямым процессом.

3. Мокрый процесс

Из очищенных водных растворов солей цинка осаждается карбонат и гидроксид цинка. Осадок фильтруют, промывают, высушивают и прокаливают при температуре 800 °С.

Оксид цинка применяется в производстве пластмасс, керамики, стекла, цемента, резины, красок и пигментов, герметиков, продуктов питания.

Мировое производство оксида цинка 105 тонн в год [35].

2.2.4 *n*-толуолсульфокислота

n-толуолсульфокислота представляет собой органическое соединение с формулой $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H}$. Температура плавления 35 °С, кипения – 140 °С (22 мм.рт.ст.).

В промышленности *n*-толуолсульфокислоту получают сульфированием толуола концентрированной H_2SO_4 при 170 °С; выделяют в виде натриевой соли. Побочные продукты – *o*- и *m*-толуолсульфокислоты. Понижение температуры реакции приводит к образованию смеси всех трех изомеров.

n-толуолсульфокислота – промежуточный продукт в производстве *n*-крезола, азокрасителей, лаков и стойких к кислотам и щелочам замазок, эффективный кислотный катализатор в органическом синтезе [36].

2.2.5 Октоат олова

Октоат олова – соль двухвалентного олова этилгексановой кислоты. Находится в жидком состоянии. Плотность 1,23 – 1,28 г/см³.

2.3 Растворитель

Перекристаллизация – наиболее распространённый метод очистки лактида. Для перекристаллизации можно использовать следующие растворители: этилацетат, бутилацетат, винил-бутиловый эфир, хлорбензол и хлороформ.

2.3.1 Этилацетат

Этилацетат – этиловый эфир уксусной кислоты. Бесцветная жидкость с резким запахом. Температура плавления – 83,6 С, температура кипения 77,1 °С, плотность - 0,9001 г/см³. Растворяется в воде, в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле, хлороформе; образует двойные азеотропные смеси с водой [37].

Растворитель, имеющий небольшую стоимость, малую токсичность, обладающий приемлемым запахом.

Этилацетат получают из уксусной кислоты и этилового спирта.

Применяется для производства материалов лакокрасочной промышленности и чернил, в изготовлении клеевых композиций; как реагент и как реакционная среда в производстве фармацевтических препаратов; как очищающий и обезжиривающий агент в электронной промышленности; как экстрагент для различных органических веществ из водных растворов.

2.3.2 Бутилацетат

Бутилацетат – бесцветная жидкость, относится к классу сложных эфиров. Температура плавления – 76,8 °С, температура кипения 126,3 °С. Плотность – 0,8813 г/см³ [38].

Применяется в качестве растворителя хлоркаучука, нитроцеллюлозы, глифталевых смол и других плёнкообразующих веществ, часто используемых в лакокрасочной промышленности, как синтетический фруктовый ароматизатор в пищевых продуктах.

В промышленности бутилацетат получают этерификацией уксусной кислоты бутанолом в присутствии серной кислоты при 100–110 °С.

2.4 Характеристика продуктов

В результате проведения синтеза из полимолочной кислоты образуется смесь продуктов, в которую входит лактид в различных формах, молочная кислота, олигомер полимолочной кислоты, вода. В таблице 1 представлены характеристики исходных веществ, материалов, полупродуктов, продуктов.

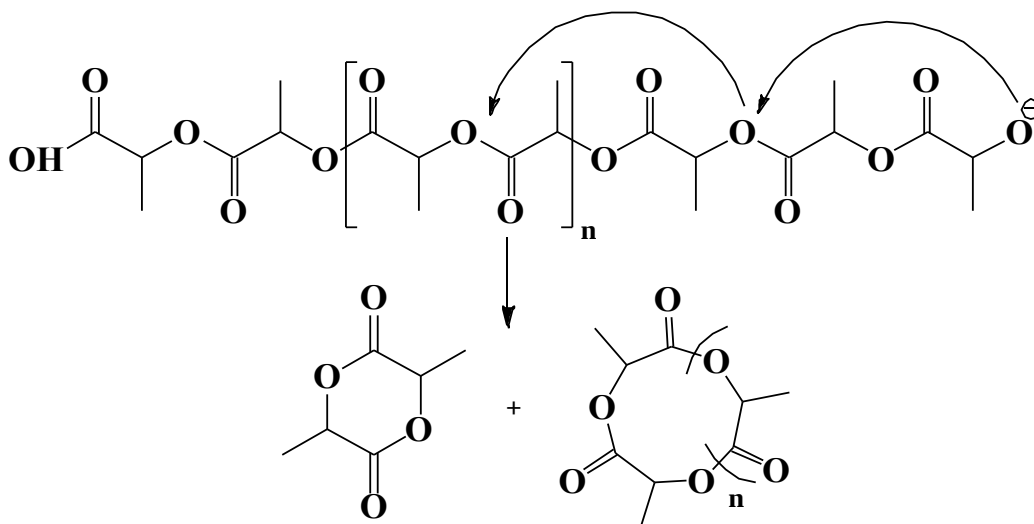
Таблица 1 - Характеристика сырья, материалов и продуктов [39, 40]

Наименование сырья, материалов, продуктов	Молекулярная масса, $\frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$	Плотность, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Температура плавления, °С
1. Полилактид	$(100 - 300) \cdot 10^3$	1290	170 – 180
2. Оксид цинка	81,39	5 606	1 975
3. Молочная кислота	90,08	1224	16,8
4. L-, D-, (мезо)-лактид	144,12	1320	95–97 (53)
5. Олигомер	$(5 - 10) \cdot 10^2$	645	—
6. Вода	18,02	1000	0
7. Этилацетат	88,11	902	-83,6

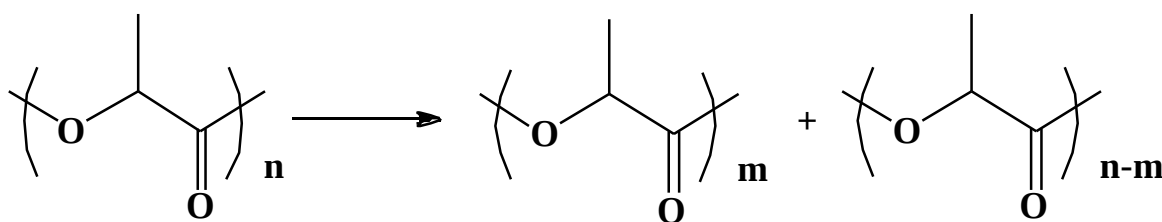
3 Физико-химические основы технологического процесса

Полилактид получают путем полимеризации с раскрытием цикла из L, L-лактида, D, D-лактида, и мезо-лактида. Полимеризация представляет собой равновесную реакцию, в которой концентрация мономера зависит от температуры. Отсюда следует, что лактид можно регенерировать путем термической деполимеризации полимера. Однако термическое разложение полимолочной кислоты является более сложным процессом, чем простая реакция полимеризации, доказательством этого может служить образование многочисленных продуктов распада во время пиролиза. При термическом разложении возможны следующие реакции [6]:

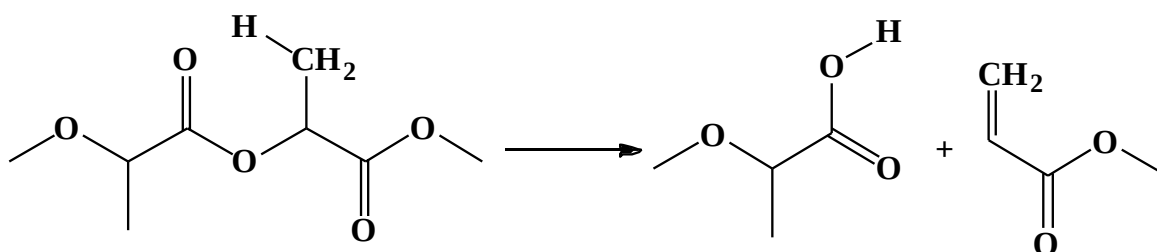
1. Разрыв основной цепи (реакция деполимеризации):



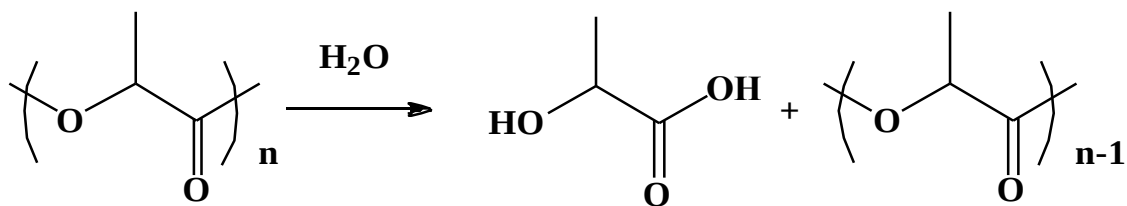
2. Хаотичная деструкция полимерной цепи:



3. Цис-элиминирование:



4. Гидролиз под действием остаточных количеств воды:



5. Внутри- и межмолекулярная переэтерификация.

В производстве стереохимически чистого лактида нежелательно образование других энантиомеров молочной кислоты и мезо-лактида. Высокая температура ($>320^\circ\text{C}$) способствует протеканию эфирной таутомерии, в результате чего растёт скорость рацемизации, образуется большое количество мезо-лактида. Поэтому процесс лучше проводить при более низких температурах, достаточных для деградации полимера: $220 - 250^\circ\text{C}$.

Основные факторы, влияющие на процесс – температура, давление, молекулярная масса полимера, концентрация катализатора, рацемизация. С увеличением температуры растёт давление паров лактида над реакционной смесью, но при этом параллельно начинают протекать процессы рацемизации. Оптимальным давлением деполимеризации олигомера принято считать 10 мбар, для высокомолекулярного полимера это значение может быть выше (до 150 мбар). Однако значительное повышение давления уменьшает скорость деполимеризации, уменьшение – требует особого подхода к выбору оборудования. Молекулярная масса полимера оказывает влияние на процесс только на его начальном этапе, когда требуются большие энергетические затраты для того, чтобы перевести сырьё в расплав. Концентрация катализатора может варьироваться в диапазоне 0,1–1 % мас. Избыток катализатора приводит к ускорению рацемизации недостаток – к низкому выходу лактида. Лучшим катализатором (по литературным данным) является олово (II), при котором степень рацемизации наименьшая.

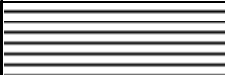
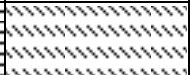
19 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

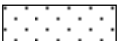
19.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

19.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. Сегмент рынка – это 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). Из критериев сегментирования рынка целесообразно выбрать размер компании и вид выпускаемой продукции. На основании этих критериев строится карта сегментирования рынка (рисунок 13). По результатам сегментирования можно сделать следующие выводы:

1. Основные сегменты рынка полимерных изделий – производство одноразовой посуды, упаковочных материалов и материалов для 3D-печати.
2. Потребителями получаемого по нашей технологии мономера будут являться предприятия по производству упаковки, одноразовой посуды и нитей для печати.

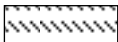
Вид продукции Размер компании	Упаковочный материал	Одноразовая посуда	Медицинские изделия	Нити для 3D-печати
Крупные				
Средние				
Мелкие				

Джокей Пластик – 

Альянс Упак – 

Царь-Упаковка – 

ЗАО «Препрег-СКМ» - 

REC – 

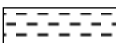
BestFilament – 

Рисунок 13 – Карта сегментирования рынка по производству полимерных изделий.

19.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Такой анализ представлен в таблице 20.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 20 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _к ¹	Б _к ²	Б _ф	Б _к ¹	Б _к ²
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Энергоэкономичность	0,2	5	4	2	1	0,8	0,4
2. Безопасность	0,05	5	5	3	0,25	0,25	0,15
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,12	4	3	4	0,48	0,36	0,48
2. Уровень проникновения на рынок	0,12	4	4	4	0,48	0,48	0,48
3. Цена	0,1	5	3	2	0,5	0,3	0,2
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,2	5	5	5	1	1	1
5. Послепродажное обслуживание	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
6. Наличие сертификации разработки	0,16	3	5	3	0,48	0,8	0,48
Итого	1				4,44	4,24	3,44

Разрабатываемый проект конкурентоспособен на рынке, его главным преимуществом является низкая энергоэкономичность и низкая цена. Уязвимый критерий – наличие сертификации разработки.

19.1.3 SWOT-анализ

Этот анализ проводится в несколько этапов:

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Сильными сторонами нашего проекта является повышение экологической ситуации (переработка отходов), малостадийность процесса, более низкая стоимость производства, практически безотходное производство. Слабые стороны – низкая

селективность. Угрозой является развитая конкуренция. Возможности: тенденции к переработке отходов из синтетических полимеров, разработка усовершенствованных технологий. Угрозы: разработка других более дешевых способов переработки синтетических полимерных материалов. Результаты первого этапа SWOT-анализа приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Повышение экологической ситуации. С2. Малостадийность. С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С4. Практически безотходное производство.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Низкая селективность процесса.
Возможности: В1. Тенденции к переработке отходов из синтетических полимеров. В2. Разработка усовершенствованных технологий.		
Угрозы: У1. Разработка других более дешевых способов переработки синтетических полимерных материалов.		

На втором этапе выявляется соответствие сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должно помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Строится интерактивная матрица проекта (таблица 22).

Таблица 22 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны	C1	C2	C3	C4
Возможности				
B1	+	-	-	-
B2	-	+	0	+

На третьем этапе составляется итоговая матрица (таблица 23).

Таблица 23 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: C1. Повышение экологической ситуации. C2. Малостадийность. C3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. C4. Практически безотходное производство.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Низкая селективность процесса.
Возможности: В1. Тенденции к переработке отходов из синтетических полимеров. В2. Разработка усовершенствованных технологий.	Результаты анализа «Сильные стороны и возможности»: разработка новых технологий.	Результаты анализа «Слабые стороны и возможности»: разработка усовершенствованной технологии, в результате которой не образуется отходов, повышается селективность и степень конверсии.
Угрозы: У1. Разработка других более дешевых способов переработки синтетических полимерных материалов.	Результаты анализа «Сильные стороны и угрозы»: развитие конкурентной среды.	Результаты анализа «Слабые стороны и угрозы»: проведение новых исследований с целью выявления условий, влияющих на селективность процесса.

19.2 Планирование научно-исследовательских работ

19.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Составляется перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, распределяются исполнители по каждому виду работ (таблица 24).

Таблица 24 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Проведение патентных исследований	
	4	Выбор направления исследований	Руководитель
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, студент
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент
	7	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Руководитель, студент
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Студент
	10	Определение целесообразности проведения НИР	Руководитель, студент

Продолжение таблицы 24

<i>. Проведение НИР</i>			
Разработка технической документации и проектирование	11	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Студент
	12	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	
Испытание	13	Лабораторные испытания	Руководитель, студент
Оформление отчета по НИР	14	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Студент

19.2.2 Определение трудоемкости 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 используется следующая формула:

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

где $t_{\text{ож}i}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

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

$t_{\text{max}i}$ - 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. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так

как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

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

Таблица 25 – Определение продолжительности i-той работы

№ раб	Минимально возможная трудоемкость, $t_{min i}$, чел.-дн	Максимально возможная трудоемкость $t_{max i}$, чел.-дн	Ожидаемая трудоемкость, $t_{ожі}$, чел.-дн	Продолжительность одной работы, T_{pi} , раб. дн.
1	1	6	3	3
2	5	10	7	7
3	2	4	3	3
4	1	2	2	2
5	1	2	2	1
6	4	10	7	7
7	6	15	10	5
8	3	9	6	3
9	1	3	2	2
10	1	3	2	1
11	2	4	3	3
12	1	2	2	2
13	10	20	14	7
14	7	15	11	11

19.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переводятся в календарные дни по формуле:

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

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

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

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

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.

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 119} = 1,5.$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе округляются до целого числа.

Все рассчитанные значения сводятся в таблицу 26.

Таблица 26 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Продолжительность одной работы, T_{pi} , раб. дн.		Длительность работ в календарных днях, $T_{кал i}$, кал. дн.	
	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель
Составление и утверждение технического задания	-	3	-	5
Подбор и изучение материалов по теме	7	-	11	-
Проведение патентных исследований	3	-	5	-
Выбор направления исследований	-	2	-	3
Календарное планирование работ по теме	1	1	2	2
Проведение теоретических расчетов и обоснований	7	-	11	-
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	5	5	8	8

Продолжение таблицы 26

Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	3	-	5	-
Оценка эффективности полученных результатов	2	-	3	-
Определение целесообразности проведения НИР	1	1	2	2
Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	3	-	5	-
Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	2	-	3	-
Лабораторные испытания	7	7	11	11
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	11	-	17	-

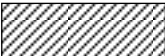
На основе таблицы 26 строится календарный план-график. График строится с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования (таблица 27).

Таблица 27 – Календарный план-график

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кали} , 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 технического задания	Руководитель	5													
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	11													
3	Проведение патентных исследований	Студент	5													
4	Выбор направления исследований	Руководитель	3													
5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, студент	4													
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент	11													
7	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Руководитель, студент	16													
8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент	5													

Продолжение таблицы 27

9	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	3														
10	Определение целесообразности проведения НИР	Руководитель, студент	4														
11	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Студент	5														
12	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Студент	3														
13	Лабораторные испытания	Руководитель, студент	22														
14	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Студент	17														

Студент – 

Руководитель - 

19.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

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

19.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

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

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции (бесплатные отходы полимера, катализатор – оксид цинка 0,01 г, цена 190 руб/кг, этилацетат 2 мл, цена 120 руб/кг=107 640 руб/м³, 107,640 руб/л, молочная кислота 30 мл, цена 153 руб/кг, октоат олова 0,00002 кг, цена 1250 руб/кг).

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расх } i},$$

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, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки записаны в таблице 28.

Таблица 28 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за единицу, руб			Затраты на материалы, Z_m , руб		
		ИСП.1	ИСП.2	ИСП.3	ИСП.1	ИСП.2	ИСП.3	ИСП.1	ИСП.2	ИСП.3
Оксид цинка	кг	0,00001	—	0,00002	190	—	190	0,0019	—	0,0038
Этилацетат	л	0,002	—	0,004	107,640	—	—	0,21528	—	0,43056
Октоат олова	кг	—	0,00001	—	—	1250	—	—	0,0125	—
Изопропиловый спирт	л	—	0,001	—	—	345	—	—	0,345	—
Молочная кислота	кг	—	—	0,03	—	—	153	—	—	4,59
Итого								0,26062	0,429	6,02923

19.2.4.2 Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблицу 29.

Для проведения испытаний необходимо следующее оборудование:

1. Колба круглодонная объёмом 50 мл, 2 шт, цена 300 руб/шт;
2. Холодильник Либиха, 1 шт, 1000 руб/шт;
3. Термометр, 1 шт, 3000 руб/шт;
4. Химический стакан объёмом 100 мл, 1 шт, 100 руб/шт;
5. Бюретка, 1 шт, 200 руб/шт;
6. Шпатель металлический, 1 шт, 100 руб/шт;
7. Весы лабораторные, 1 шт, 18000 руб/шт;
8. Мерный цилиндр объёмом 100 мл, 1 шт, 200 руб/шт;
9. Роторный испаритель, 1 шт, 64000руб/шт.

Таблица 29 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№п/п	Наименование оборудования			Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, тыс.руб.			Общая стоимость оборудования, тыс.руб.		
	ИСП.1	ИСП.2	ИСП.3	ИСП.1	ИСП.2	ИСП.3	ИСП.1	ИСП.2	ИСП.3	ИСП.1	ИСП.2	ИСП.3
1.	Колба 50 мл	Колба 50 мл	Роторный испаритель	2	2	1	0,3	0,3	64	0,6	0,6	64
2.	Холодильник	Холодильник	Цилиндр	1	1	1	1	1	0,2	1	1	0,2
3.	Термометр	Термометр	Весы	1	1	1	3	3	18	3	3	18
4.	Бюретка	Бюретка	Шпатель	1	1	1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1
5.	Шпатель	Шпатель	Стакан	1	1	1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
6.	Весы	Весы	—	1	1	—	18	18	—	18	18	—
7.	Стакан	Стакан	—	1	1	—	0,1	0,1	—	0,1	0,1	—
Итого:										25	25	62,4

19.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями. Доцент - 23 264,86 руб, ассистент 18 221,96 руб.

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент. 1,3.

$$З_{\text{м}}^{\text{доцент}} = \text{Оклад} \cdot k_p = 23264,8 \cdot 1,3 = 30244,24 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{м}}^{\text{ассистент}} = \text{Оклад} \cdot k_p = 18221,96 \cdot 1,3 = 23688,55 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}}^{\text{доцент}} = \frac{З_{\text{м}}^{\text{доцент}} \cdot М}{F_{\text{д}}} = \frac{30244,24 \cdot 10,4}{189} = 1644,23 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{дн}}^{\text{ассистент}} = \frac{З_{\text{м}}^{\text{ассистент}} \cdot М}{F_{\text{д}}} = \frac{23688,55 \cdot 10,4}{189} = 1303,5 \text{ руб.},$$

$З_{\text{м}}$ - месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб. дней $М=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 30).

Таблица 30 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель
Календарное число дней	366
Количество нерабочих дней: выходные и праздничные дни	119
Потери рабочего времени	
- отпуск	48
- невыходы по болезни	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	189

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

$$З_{\text{осн}}^{\text{доцент}} = З_{\text{дн}}^{\text{доцент}} \cdot T_p = 1644,33 \cdot 19 = 31620,32 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн}}^{\text{ассистент}} = З_{\text{дн}}^{\text{ассистент}} \cdot T_p = 1303,5 \cdot 19 = 24766,44 \text{ руб.}$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}$$

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

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

$$З_{зп}^{\text{доцент}} = 1,2 * 31620,32 = 37944,384 \text{ руб.}$$

$$З_{зп}^{\text{ассистент}} = 1,2 * 24766,44 = 29719,73 \text{ руб.}$$

19.2.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). 0,3.

$$З_{внеб}^{\text{доцент}} = 0,3 * 37944,384 = 11383,32 \text{ руб.}$$

$$З_{внеб}^{\text{ассистент}} = 0,3 * 29719,73 = 8915,92 \text{ руб.}$$

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 31.

Таблица 32 – Расчёт бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	0,26062	0,429	6,02923	Пункт 2.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	25	25	62,4	Пункт 2.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	34120,32	34120,32	58886,76	Пункт 2.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6324,06	6324,06	4953,29	Пункт 2.4.3
5. Отчисления во внебюджетные фонды	11383,32	11383,32	8915,92	Пункт 2.4.4
6. Бюджет затрат НТИ	51852,96	51853,13	72824,4	Сумма ст. 1 - 5

19.3 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 показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования (таблица 27). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется 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_{p1} – стоимость i -го варианта исполнения;

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

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{51852,96}{72824,4} = 0,712;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{51853,13}{72824,4} = 0,712;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{\Phi_{p3}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{72824,4}{72824,4} = 1.$$

Полученная 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 (значение меньше единицы, но больше нуля).

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

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

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проводится в таблице 33.

Таблица 33 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	ИСП.1	ИСП.2	ИСП.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	4	4	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	4	3	5
3. Помехоустойчивость	0,01	5	5	4
4. Энергосбережение	0,24	5	5	3
5. Надежность	0,25	4	4	4
6. Материалоемкость	0,2	5	5	4
ИТОГО	1	4,45	4,25	4,06

$$I_{p.исп.1} = 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,01 \cdot 5 + 0,24 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 = 4,45;$$

$$I_{p.исп.2} = 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,01 \cdot 5 + 0,24 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 = 4,25;$$

$$I_{p.исп.3} = 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,01 \cdot 4 + 0,24 \cdot 3 + 0,25 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 = 4,06.$$

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

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{p.\text{исп.}i}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}}.$$

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{p.\text{исп.1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}}} = \frac{4,45}{0,712} = 6,25;$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{I_{p.\text{исп.2}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}}} = \frac{4,25}{0,712} = 5,97;$$

$$I_{\text{исп.3}} = \frac{I_{p.\text{исп.3}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}}} = \frac{4,06}{1} = 4,06.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 34) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}} = \frac{6,25}{5,97} = 1,05.$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.3}}} = \frac{6,25}{4,06} = 1,54.$$

Таблица 34 Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	ИСП.1	ИСП.2	ИСП.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,712	0,712	0
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,45	4,25	4,06
3	Интегральный показатель эффективности	6,25	5,97	4,06
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения		1,05	1,54

В результате проведенной работы была создана конкурентоспособная разработка, отвечающая современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.