

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 выделения полиэтилена

УДК 678.742.2.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Б	Фролов В.С.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.препод. каф. ТОВПМ	Троян А.А.	К.Х.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры менеджмента	Рыжакина Т.Г.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры ЭБЖ	Чулков Н.А.	К.Т.Н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
зав. кафедрой ТОВПМ	Юсубов М.С.	Д.Х.Н., профессор		

Томск – 2016 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать <i>новые</i> технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, <i>проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды</i>
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, <i>выводить на рынок новые материалы</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P9	<i>Активно владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, <i>демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве</i> , ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

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) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2Б	Фролову Василию Сергеевичу

Тема работы:

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.16г.
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объектом исследования является полиэтилен высокого давления, полученный путем радикальной полимеризации Мощность – 270000 т/год, процесс непрерывный
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>	Изучение процесса полимеризации и выделения полиэтилена высокого давления; выполнение инженерных расчетов, включающих материальный баланс, тепловой баланс и механический расчет; разработка разделов «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» и «Социальная ответственность».
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Схема технологическая, отделитель высокого давления чертеж общего вида, сборочные единицы
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	к.э.н. Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	к.т.н., доцент Чулков Н.А.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
На русском: Введение, теоретическая часть, объект и методы исследования, инженерные расчеты, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность, заключение	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	17.11.16 г.
---	-------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.препод. каф. ТОВПМ	Троян А.А.	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Б	Фролов Василий Сергеевич		

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



Институт	Институт Природных Ресурсов
Направление подготовки (специальность)	Химическая технология
Уровень образования	Бакалавриат
Кафедра	Технология органических веществ и полимерных материалов
Период выполнения	(осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2Б	Фролов Василий Сергеевич

Тема работы:

Проект узла выделения полиэтилена	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	

Форма представления работы:

Бакалаврская работа (бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)
--

ЗАДАНИЕ

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с литературными данными, представленными в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i>
2. <i>Определение возможных альтернатив проведения научных исследований</i>	<i>Определение целей и ожиданий, требований, предъявляемых к проекту.</i>
3. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ</i>
4. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Проведение оценки экономической эффективности выделения полиэтилена</i>

Перечень графического материала:
1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> 2. <i>Матрица SWOT</i> 3. <i>Альтернативы проведения НИ</i> 4. <i>График проведения и бюджет НИ</i> 5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i> 6. <i>Сравнительная эффективность разработки</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент каф. менеджмента	Рыжакина Т. Г.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Б	Фролов Василий Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2Б	Фролов Василий Сергеевич

Институт	ИПР	Кафедра	ТОВПМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: полиэтилен высокого давления Область его применения: производство пленок ПЭВД, открытых и в виде рукава ПЭВД для мешков и пакетов, пластмасс путем литья под действием давления (полимерные трубы, технические детали и др.), выдувных изделий (бутылки, канистры и т.п.), теплоизоляционных материалов из вспененного ПЭВД, электроизоляционных материалов (оболочки кабелей и пр.), термоклей ПЭВД в виде порошка, приготовленного дроблением гранул ПЭВД.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения – 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). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения
--	--

	– электробезопасность (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).
2. Экологическая безопасность	– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры ЭБЖ	Чулков Н.А.	к.т.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Б	Фролов В.С.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 92 с., 6 рис., 36 табл., 21 источников, 0 прил.

Ключевые слова: радикальная полимеризация, полиэтилен высокого давления, узел отделения, проектирование.

Объектом исследования является узел выделения полиэтилена.

Цель работы – проектирование узла выделения полиэтилена.

В процессе выполнения работы изучался процесс полимеризации этилена, были выполнены инженерные расчеты, в том числе материальный баланс, тепловой баланс и механический расчет, в разделе «Финансовый менеджмент» приведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения и определена ресурсная (ресурсосберегающая), финансовая, бюджетная, социальная и экономическая эффективность исследования, а в разделе «Социальная ответственность» рассмотрены опасные и вредные факторы, которые возникают в процессе производства полиэтилена, а также рассмотрены вопросы охраны труда.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: вертикальный цилиндрический аппарат, снабжен обогреваемой рубашкой.

Область применения: производство пленок ПЭВД, открытых и в виде рукава ПЭВД для мешков и пакетов, пластмасс путем литья под действием давления (полимерные трубы, технические детали и др.), выдувных изделий (бутылки, канистры и т.п.), теплоизоляционных материалов из вспененного ПЭВД, электроизоляционных материалов (оболочки кабелей и пр.), термоклей ПЭВД в виде порошка, приготовленного дроблением гранул ПЭВД.

ABSTRACT

Degree work is contained 92 pages, 6 drawings, 36 tables, 21 sources, 0 appendices.

Keywords: ethylene, polyethylene, planning, free radical polymerization.

The object of the research is design a unit of educe of polyethylene.

The purpose of the research is a unit of educe of polyethylene.

During execution of the work studied the process of polymerization of ethylene were performed engineering calculations including material balance, heat balance and mechanical calculation, also in the section "Financial management" assesses the commercial potential and prospects for scientific research from the standpoint of resource efficiency and resource and identifies the resource (resource-saving), financial, budgetary, social and economic efficiency of research, and in the section "Social responsibility" are considered dangerous and harmful factors, which arise in the production process of polyethylene, and also considers the issues of labor protection.

The basic constructive, technological and technical-operational characteristics: a vertical cylindrical apparatus, provided with a heated jacket.

Scope: production of LDPE films that are open and in the form of a sleeve for LDPE bags and sacks, plastics by molding under pressure (plastic pipes, automotive parts, etc.), blown articles (bottles, cans, etc.), heat-insulating materials from foamed LDPE, electrical insulating materials (sheath cables, etc.), LDPE hot melt adhesive in the form of powder prepared by crushing pellets of LDPE.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ Р 1.5 – 2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.
2. ГОСТ 2.104 – 2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи.
3. ГОСТ 2.105 – 95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.
4. ГОСТ 2.106 – 96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.
5. ГОСТ 3.1404 – 86 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием.
6. ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности.
7. ГОСТ 12.1.005-94 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей среды.
8. ГОСТ 12.1.007 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности
9. ГОСТ 9293-74 Азот газообразный и жидкий. Технические условия
10. ГОСТ 16337-77 Полиэтилен высокого давления. Технические условия
11. ГОСТ 25043-2013 Пропилен. Технические условия
12. ГОСТ 25070-2013 Этилен. Технические условия.
13. ГОСТ 32569-2013 Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах.

Оглавление

	С.
Введение	
1 Теоретическая часть	
1.1 Механизм полимеризации этилена	
1.2 Побочные реакции, протекающие в процессе полимеризации этилена	
1.3 Основные кинетические закономерности процесса полимеризации этилена	
1.4 Влияние основных параметров на процесс полимеризации этилена	
2 Объект исследования	
2.1 Характеристика производимой продукции	
2.2 Характеристика используемого сырья	
4 Финансовый менеджмент	
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений	
4.1.2 SWOT-анализ	
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	
4.2.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	
4.2.4 Разработка графика проведения научного исследования	
4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	
4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ	
4.3.2 Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ	

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	
4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	
4.3.5 Накладные расходы	
4.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	

Введение

В настоящее время полимерные материалы окружают нас повсюду, а именно: бытовая техника, мебель, рамы окон, детали автомобиля и многое другое. Значительная часть нашего материального окружения состоит из двух природных компонентов, нефти и газа, точнее, из продуктов их переработки. Газо-нефтеперерабатывающие компании скупают попутный газ, который, как правило, у нефтяных и газовых компаний сжигается на факелах. Далее попутный газ разделяется на сухой газ и широкую фракцию лёгких углеводородов(ШФЛУ). ШФЛУ является ценной составляющей для нефтеперерабатывающих заводов, на газофракционирующей установке смесь разделяется на сжиженные углеводородные газы. Уже на нефтехимических заводах на пиролизной печи получают мономеры, из которых наиболее важными являются этилен и пропилен, которые практически не встречаются в природе. Из этилена и пропилена, и получают полимер, называемый полиэтиленом.

Полиэтилен можно разделить на два вида: полиэтилен низкой плотности получаемый под действием высокого давления и полиэтилен высокой плотности, получаемый под действием низкого давления.

В данной работе особый интерес уделяется полиэтилену высокого давления(ПЭВД).

Полиэтилен высокого давления – это широко использующийся полимер, в частности он применяется для производства различного вида пленок и пакетов. Пленки из полиэтилена высокого давления обладают рядом замечательных качеств, таких как прочность при растяжении и сжатии, стойкость к удару, водо- и паронепроницаемость, однако они уязвимы для газов и поэтому непригодны для упаковки продуктов, чувствительных к окислению.

Основными производителями полиэтилена в России являются такие предприятия как Казаньоргсинтез, Ангарский ЗП, Уфаоргсинтез, "Газпром

нефтехим Салават" и Томскнефтехим. ПЭВД по объемам производства и применения занимает одно из ведущих мест в мире.

Однако на начало этого года суммарный объем производства полиэтилена в России сократился на 6 %, причиной этого сокращения объемов производства стала вынужденная остановка производства на мощностях Ангарского ЗП, также были технические проблемы на Томскнефтехиме, что привело к сокращению объемов выпуска [1].

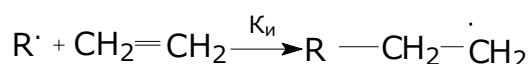
Цель данной работы: проектирование узла выделения.

1 Теоретическая часть

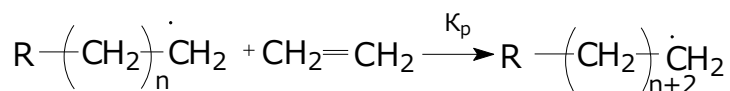
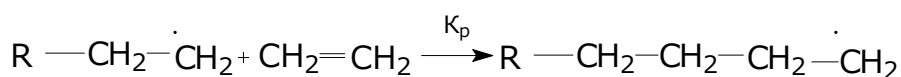
1.1 Механизм полимеризации этилена

Полимеризация этилена – это радикальный процесс, но для него характерен ряд особенностей, обусловленных прежде всего своеобразием условий его полимеризации и природы мономера. Полимеризация этилена включает три основные стадии: инициирование, рост цепи и обрыв цепи [2].

1) Инициирование – это присоединение молекулы этилена к первичному радикалу:

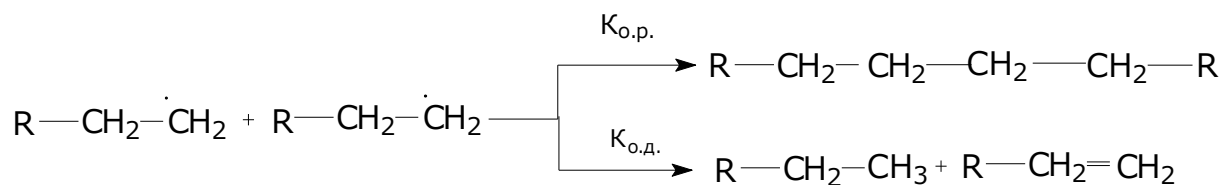


2) Рост цепи – это последовательное присоединение молекул этилена к радикалу:



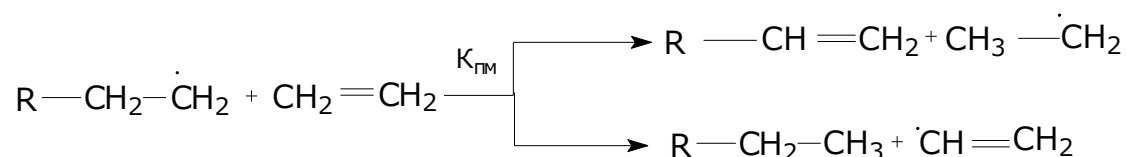
Скорость роста цепи совпадает со скоростью полимеризации, так как количество образовавшегося полимера равно количеству израсходованного мономера.

3) Обрыв цепи – это результат взаимодействия двух радикалов путем диспропорционирования или рекомбинация:

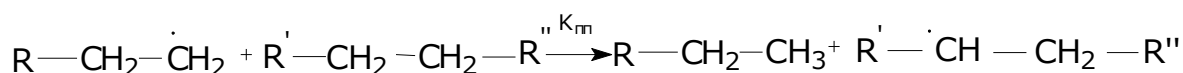


Кроме трех вышеперечисленных стадий, которые определяют скорость полимеризации, протекают также побочные реакции, которые непосредственно не влияют на скорость полимеризации, но при этом оказывают значительное влияние на молекулярные и структурные характеристики получаемого полимера.

К таким реакциям относятся реакции передачи цепи на мономер:

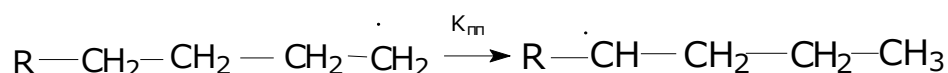


Межмолекулярная передача цепи на полимер:



Вторичный радикал способен к последующему росту с образованием длинно цепных ответвлений.

Внутримолекулярная передача цепи на полимер:

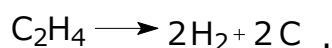
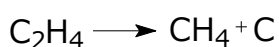


При этой реакции образуются коротко цепные ответвления.

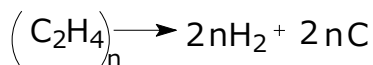
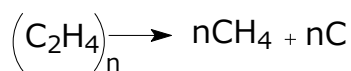
1.2 Побочные реакции, протекающие в процессе полимеризации этилена

Реакции разложения в реакторах и реакции деструкции – сшивания полиэтилена – это побочные реакции, протекающие в процессе производства полиэтилена. Они приводят к нарушению работы производства и ухудшению качества ПЭ.

1) Реакция разложения – сжатый этилен при высокой температуре может разлагаться на углерод, водород и метан:

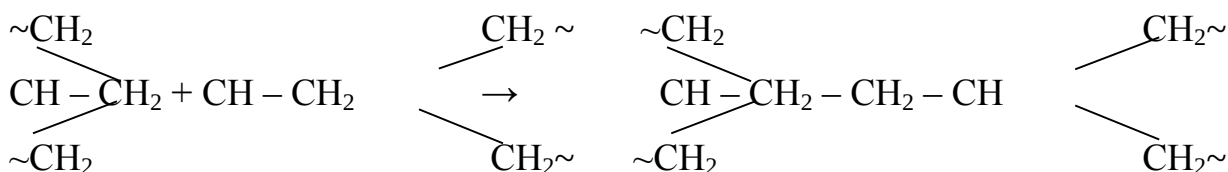


Аналогичные реакции протекают и при разложении полиэтилена:



Продуктами разложения полиэтилена является смесь метана, водорода и углерода. Реакция разложения экзотермична и энергии надо существенно больше, чем для реакции полимеризации. Реакция разложения начинаются по достижении определенной температуры (более 342°C) и имеют характер теплового взрыва, из-за высокого теплового эффекта этих реакций.

2) Реакция деструкции – сшивание полиэтилена. Наличие двойных связей и полимерных радикалов является причиной разнообразных реакций: передача цепи с образованием разветвленной структуры полимера, образованием сшивок. Сшитый полимер в виде отложения остается на стенках реактора, отделителя высокого давления и, особенно, низкого давления. Рекомбинация разветвленных радикалов приводит к образованию сшивок, если частота этих сшивок велика, то возможно появления гель-фракций – неплавких и нерастворимых частиц в полимере:



Процесс разделения реакционной смеси на этилен и полиэтилен основан на значительной разности плотности этилена и полиэтилена, степени растворимости этилена в полиэтилене в зависимости от давления смеси, разности температур испарения – конденсации.

На первой стадии разделения при попадании реакционной смеси в отделитель, снижается линейная скорость потока. Происходит выпадение полиэтилена в нижнюю часть отделителя, а выделившийся до 80% этилен в газовой фазе из верхней части отделителя уносится в систему охлаждения и очистки.

На второй стадии давление смеси понижается с 25÷30 МПа до 0,05÷0,5 МПа, при этом происходит снижение степени растворимости этилена в полиэтилене. Весь выделившийся около 20% этилен уносится в систему охлаждения и очистки и далее на дожимающий компрессор.

Оставшийся в небольшом количестве этилен выделяется из полиэтилена на стадии конфекционирования и выдувается из товарных силосов.

1.3 Основные кинетические закономерности процесса полимеризации этилена

Полимеризация этилена при высоком давлении подчиняется основным закономерностям реакции полимеризации любых винильных соединений, протекающей по свободно-радикальному механизму. Особенность полимеризации этилена, которая инициируется свободными радикалами, заключается в том, что полиэтилен с высоким молекулярным весом получается только при высоких концентрациях мономера. При малых же концентрациях этилен присоединяется к свободным радикалам, но наряду с реакцией их роста конкурируют реакции дезактивации свободных радикалов, и образующийся полимер будет иметь невысокий молекулярный вес.

Полимеризация этилена характеризуется кинетическими зависимостями, которые рассмотрены ниже [2]. Скорость распада инициатора определяется следующим уравнением

$v_i = k_i [I]$, где k_i - константа скорости инициирования; $[I]$ – концентрация инициатора.

Стоит учитывать, что разложение молекулы инициатора приводит к появлению двух радикалов, скорость образования которых равна $2 \cdot k_{\text{расп}} \cdot [I]$. Однако не все получившиеся радикалы присоединяются к этилену по двойным связям, следовательно, имеет необходимо учитывать такой параметр, как эффективность инициирования (f).

Тогда скорость инициирования можно выразить следующим образом

$$v_i = 2 \cdot k_{\text{рас}} \cdot f \cdot [I]$$

где $k_{\text{рас}}$ – константа скорости распада инициатора; f – эффективность инициатора; $[I]$ – концентрация инициатора.

Скорость роста цепи определяется по уравнению:

$$v_p = k_p [R\cdot] [M], \text{ где } k_p - \text{константа скорости роста цепи.}$$

Скорость реакции передачи цепи определяется по уравнению

$$v_{\text{пц}} = k_p [R\cdot] [HS], \text{ где } [HS] - \text{концентрация агента передачи цепи.}$$

Суммарная скорость обрыва цепи определяется уравнением

$$v_o = (k_{\text{рекомб}} + k_{\text{диспроп}}) [R\cdot]^2.$$

В процессе полимеризации скорость изменения концентрации радикалов стремится к нулю, в связи с этим можно сказать, что скорость инициирования v_i и скорость обрыва v_o равны между собой, т. е. $v_o = 2k_0[R\cdot]^2$. Решая данное уравнение относительно $[R\cdot]$, получаем выражение, которое затем подставляем в уравнение скорости роста цепи и получаем уравнение скорости полимеризации

$$v_{\text{пол}} = k_p \cdot [M] \cdot (v_i / 2k_0)^{1/2}.$$

Из уравнения можно сделать вывод, что скорость полимеризации зависит от скорости инициирования в степени $1/2$.

Отношение v_p и v_o – это длина кинетической цепи и выражается уравнением

$$v = v_p / v_o, \text{ где } v - \text{длина кинетической цепи.}$$

В условиях стационарного состояния системы, $v_i = v_o$, это уравнение примет следующий вид

$$v = v_p / v_i$$

После некоторых преобразований длина кинетической цепи может быть выражена уравнением

$$v = k_p^2 [M]^2 / v_p 2k_0, \text{ где } k_0 - \text{константа скорости реакции обрыва цепи.}$$

Таким образом, длина кинетической цепи пропорциональна квадрату концентрации мономера и обратно пропорциональна скорости полимеризации.

В реакторах полимеризации этилена при высоком давлении с перемешивающим устройством, в условиях быстрого распада инициатора, при непрерывной работе устанавливается стационарный режим.

Активация реакции скорости полимеризации выражается уравнением:

$$E_{\text{общ}} = 1/2 E_{\text{распад}} + E_{\text{рост}} - 1/2 E_{\text{обрыв}}$$

Если в качестве инициатора полимеризации используется кислород, то значение общей энергии активации реакции равно

$$E_{\text{общ}} = 175/2 + 25 - 8/2 = 108,5 \text{ кДж/моль}$$

1.4 Влияние основных параметров на процесс полимеризации этилена

Полимеризация этилена при высоком давлении имеет ряд особенностей, к которым относятся:

- высокое давление 100 – 350 МПа и температура 423-573 К;
- большая скорость полимеризации и выделение в зоне реакции большого количества тепла (тепловой эффект 3,55 кДж/кг);
- разделение двух фаз – этилена и полиэтилена при некоторых условиях в реакторе;
- возможность разложения этилена со скоростью взрыва, с образованием метана, водорода и сажи.

Влияние давления

Концентрация этилена возрастает при повышении давления; причем при больших давлениях плотность этилена достигает 400-500 кг/м³. При дальнейшем сжатии этилен становится мало сжижаемым, т. е. концентрация его не является линейной функцией давления. Поэтому концентрацию этилена необходимо определять с учетом его плотности при соответствующем давлении и температуре.

На рисунке 1 показана зависимость плотности этилена от давления при температурах 298 К и 423 К. Наблюдается следующая зависимость: более низкой температуре соответствует более высокая плотность этилена (при одинаковом давлении).

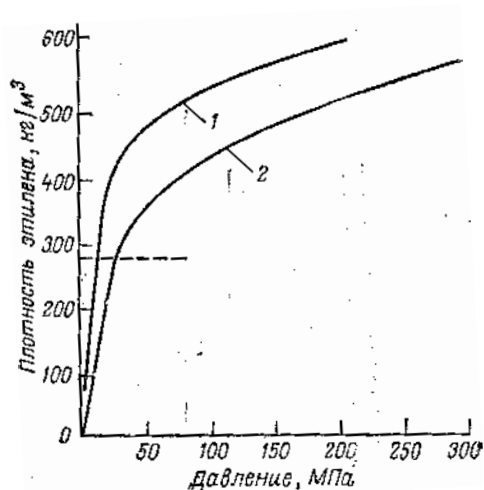


Рисунок 1 – Зависимость плотности этилена от давления: 1-298 К; 2-423 К [3].

На рисунке 2 представлена зависимость выхода полиэтилена от давления в реакторе.

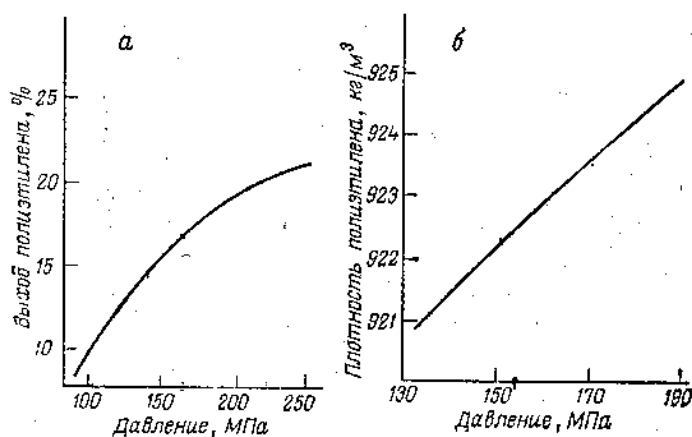


Рисунок 2 – Зависимость выхода полиэтилена(а) и его плотности полиэтилена(б) от давления при температуре 493 К [3].

По рисункам 2, а и 2, б видно, что при повышении давления образуется полиэтилен большой плотности и выход полимера увеличивается.

Влияние температуры

Скорость распада инициатора увеличивается при повышении температуры. Однако стоит учитывать, что повышение температуры может привести также к термическому разложению. Реакции разложения экзотермичны, поэтому в реакторе возможно резкое превышение температуры. Также разложение сопровождается резким скачком давления, что в свою очередь может спровоцировать отрыв предохранительного клапана реактора и выброс большого количества газа в атмосферу.

Повышение температуры в процессе полимеризации приводит к увеличению скорости полимеризации, но скорость роста цепи увеличивается медленнее, чем скорость переноса цепи, так как энергия активации роста $E_p = 16-25$ кДж/моль значительно меньше энергии передачи цепи $E_{пер} = 62$ кДж/моль. При этом молекулярная масса полимера тоже зависит от температуры – уменьшается с повышением температуры, а как следствие и плотность полимера. Регулировать температуру в реакторе можно путем изменения количества подаваемого в реакционную зону инициатора и давлением этилена.

Влияние фазового состояния реакционной системы

Этилен и полиэтилен в процессе полимеризации могут составлять как гомофазную систему, так и гетерофазную в зависимости от давления, температуры и количества полимера. Огромную роль играют те условия, при которых происходит расслоение.

При расслоении реакционной смеси, кинетика полимеризации изменяется: при наличии двух фаз концентрации мономера, инициатора, регулятора и полимера в обеих фазах будут зависеть от их взаимной растворимости. Кроме этого, расслоение может спровоцировать отложение полимера на стенках реактора, что приведет к ухудшению теплопередачи через стенки реактора, нарушит нормальное протекание процесса и может

вызвать разложение этилена.

Влияет то или иное фазовое состояние также и на свойства получаемого полимера. Так в гомофазной системе в большей степени протекает процесс роста молекулярной цепи, в результате чего образуются молекулы с небольшим числом коротких боковых ветвей.

В гетерофазной системе наблюдается другая картина – образуется большее число молекул с длинными боковыми ответвлениями, возможно также образование и частично сшитого полимера большей молекулярной массы, который ухудшает качество полимера. Скорость процесса гомофазной полимеризации этилена выше, чем гетерофазной полимеризации.

На рисунке 3 представлена зависимость фазового состояния системы этилен-полиэтилен от давления, температуры и количества полиэтилена (инициирование кислородом). Для наглядности данные о фазовом равновесии представлены в виде 3D диаграммы.

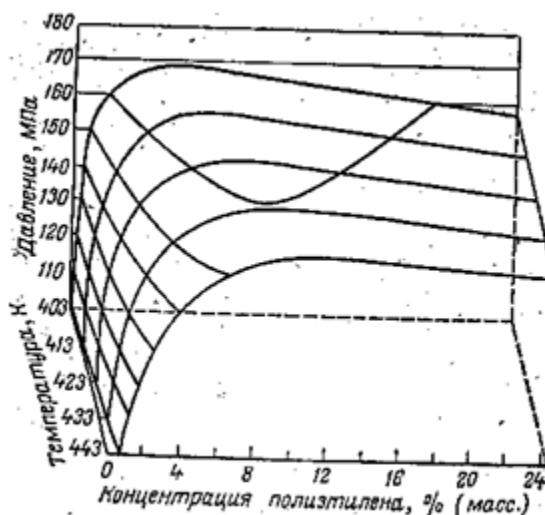


Рисунок 3 – Диаграмма фазового состояния системы полиэтилен – этилен, в качестве инициатора используется кислород [3].

По рисунку 3 видно, что изотермические кривые расслоения достаточно резко поднимаются вверх с увеличением концентрации полимера, достигают определенного максимального значения и при дальнейшем повышении концентрации полимера медленно снижаются; при этом выше кривой расслоения этилен и полиэтилен смешиваются во всех отношениях. При

повышении температуры максимум сдвигается в область более низких давлений и в область больших концентраций ПЭ, в этом случае кривая расслоения становится более полой.

Фазовое состояние зависит как от молекулярной массы ПЭ, так и от его степени кристалличности, причем уменьшение значений этих величин способствует образованию гомогенной системы этилен - полиэтилен.

Влияние инициатора

Инициатор должен обладать рядом свойств: хорошо растворяться в растворителях, быть безопасным при работе, а также быть стабильным при хранении. Для получения различных сортов полиэтилена подбирается определенный инициатор, который наиболее эффективен при данной температуре.

Инициаторы бывают низкотемпературные (413-453 К), среднетемпературные (453-533 К) и высокотемпературные (493-553 К). При более низкой температуре используют перекись дилаурила, нонаноила, капроноила и др.; при повышенной - перекись бензоила, трет-бутилпербензоат, трет-бутилперацетат и при наиболее высокой температуре - ди-трет-бутилперекись, трет-бутилпербензоат, перекись метилэтилкетона и др.

Количество инициатора достаточно мало и для обеспечения равномерности его подачи в реактор он находится в виде раствора в нейтральном растворителе. В качестве растворителя инициатора могут использоваться очищенные керосин или нефтяное масло, или другие инертные углеводороды. Наиболее распространенным инициатором полимеризации этилена при высоком давлении является молекулярный кислород. В таком случае нет необходимости в растворителях, стоимость кислорода также невелика, а дозировка его не требует использования специальных насосов.

Недостаток использования кислорода состоит в том, что его дозировка

производится не непосредственно в реакционное устройство, а в отдаленный трубопровод, поэтому регулировка подачи его в зону реакции затруднена. Кроме того, кислород начинает действовать после некоторого определенного времени, называемого индукционным периодом реакции.

Тепловые эффекты процесса. Энергия Гиббса

Огромное значение для предсказания конкретных условий, при которых возможно протекание реакции, а также для определения максимальной степени превращения исходных веществ и скорости реакции имеет термодинамика процесса.

Тепловой эффект полимеризации этилена равен 90 кДж/моль. При степени превращения 25% и при постоянном давлении этого количества тепла достаточно, чтобы повысить температуру более чем на 573 К. В закрытых реакционных посудах нагревание происходит практически в постоянном объеме и повышение температуры несколько выше, чем если бы процесс протекал при постоянном давлении; в таких условиях могут протекать реакции разложения этилена. Эти реакции вызываются высокой температурой и протекают тем интенсивнее, чем выше давление.

2 Объект и методы исследования

2.1 Характеристика производимой продукции

Установка полимеризации этилена выпускает полиэтиленовый гранулят-сырец одинаковой геометрической формы в пределах одной партии, размер которых в любом направлении должен быть от 2 до 5 мм.

Однако допускаются некоторые отклонения в размерах гранул, так, например, массовая доля гранул, размером свыше 5 до 8 мм, не должна превышать 0,25 %, а массовая доля гранул, размером свыше 1 до 2 мм, не должна превышать 0,5 %. Для полиэтилена 2-го сорта допускаются серые и окисленные гранулы, массовая доля которых не должна превышать 0,1 %, и гранулы другого цвета, массовая доля которых не должна превышать 0,04 %.

Полиэтилен высокого давления является высокомолекулярным продуктом, состоящим из макромолекул с различной длиной полимерной цепи и различным количеством длинноцепных и короткоцепных разветвлений.

Ниже в таблице 1 представлены характеристики основных выпускаемых марок полиэтилена высокого давления.

Таблица 1 – Показатели качества выпускаемых марок полиэтилена высокого давления [4]

Наименование показателя	Норма для марки								
	15303-003			15803-020			16204-020		
	Высший сорт	1-й сорт	2-й сорт	Высший сорт	1-й сорт	2-й сорт	Высший сорт	1-й сорт	2-й сорт
1. Плотность, г/см ³	0,9205 ± 0,0015	0,9205 ± 0,0015	0,9205 ± 0,0015	0,9190 ± 0,002	0,9190 ± 0,002	0,9190 ± 0,002	0,9230 ± 0,002	0,9230 ± 0,002	0,9230 ± 0,002
2. Показатель текучести расплава (номинальное значение) с допуском, %, г/10 мин	0,3 ± 30	0,3 ± 30	0,3 ± 30	2,0 ± 25	2,0 ± 25	2,0 ± 25	2,0 ± 25	2,0 ± 25	2,0 ± 25
3. Разброс показателей текучести расплава в пределах партии, %, не более	± 6	± 12	± 15	± 6	± 12	± 15	± 6	± 12	± 15
4. Количество включений, шт., не более	2	8	30	2	8	30	2	8	30
5. Технологическая проба на внешний вид пленки	А или В	В	С	А или В	В	С	В	В	С
6. Стойкость к растрескиванию, ч., не менее	500	500	500	-.	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 1

7. Предел текучести при растяжении, Па (кгс/см ²), не менее	98 * 10 ⁵ (100)	98 * 10 ⁵ (100)	98 * 10 ⁵ (100)	93 * 10 ⁵ (95)	93 * 10 ⁵ (95)	93 * 10 ⁵ (95)	108 * 10 ⁵ (110)	108 * 10 ⁵ (110)	108 * 10 ⁵ (110)
8. Прочность при разрыве, Па (кгс/см ²), не менее	137 * 10 ⁵ (140)	137 * 10 ⁵ (140)	137 * 10 ⁵ (140)	113 * 10 ⁵ (115)	113 * 10 ⁵ (115)	113 * 10 ⁵ (115)	113 * 10 ⁵ (115)	113 * 10 ⁵ (115)	113 * 10 ⁵ (115)
9. Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	600	600	600	600	600	600	600	600	600
10. Массовая доля экстрагируемых веществ, %, не более	0,4	0,6	0,6	0,4	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4
11. Запах и привкус водных вытяжек, балл, не выше	1	1	-	1	1	-	1	1	-

Полиэтилен - твердый продукт, на ощупь напоминает парафин, температура плавления (105-124) °С. Полиэтилен стоек к действию щелочей и кислот, растворов солей, различных масел и растворителей, набухает в таких растворителях как толуол, бензол, бензин, диэтиловый эфир, четыреххлористый углерод. Полиэтилен обладает высокими диэлектрическими свойствами, благодаря хорошим технологическим и эксплуатационным свойствам находит широкое применение в различных отраслях народного хозяйства: в сельском хозяйстве, машиностроении, строительстве, медицине, электро- и радиотехнике, в быту. Из полиэтилена получают трубы, пленки, сосуды (бутыли, бочки), игрушки, различные изделия бытового назначения.

1.2 Характеристика исходного сырья

Исходным сырьем в производстве ПЭВД является этилен, пропилен, кислород, различные пероксидные инициаторы. Характеристики данных веществ были сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Характеристика исходного сырья [4]

Наименование сырья, материалов и полупродуктов	Государственный или отраслевой стандарт, СТП, технические условия, регламент или методика на подготовку сырья	Показатели по стандарту, обязательные для проверки	Регламентируемые показатели	
Этилен	ГОСТ 25070-87 с изм.№1	1. Объемная доля этилена, %, не менее 2. Объемная доля пропилена, %, не более 3. Объемная доля метана и этана, %, не более 4. Объемная доля ацетиленов, %, не более 5. Объемная доля кислорода в продукте, поставляемом по трубопроводу, %, не более 6. Объемная доля окиси углерода, %, не более 7. Объемная доля двуокиси углерода, %, не более 8. Массовая доля воды в продукте, поставляемом по трубопроводу, %, не более 9. Объемная доля диеновых углеводородов %, не более	99,9 0,005 0,1 0,001 0,0002 * 0,001 0,001 0,0005 0,0005	
Фракция пропановая	ТУ 0272-023-00151638-99 с изм.№1	1. Массовая доля компонентов, %: сумма углеводородов C ₁ и C ₂ , не более сумма углеводородов C ₃ не менее в том числе пропилен, не более сумма углеводородов C ₄ , не выше сумма углеводородов C ₅ , не выше	Марка А 2,0 96,0 0,2 3,0 Отсут.	Марка Б 4,0 90,0 10,0 10,0 1,0

Продолжение таблицы 2

Пропилен	ГОСТ 25043-87 с изм.1	1. Объемная доля пропилена, %, не менее	<u>1.с</u> 99,0	<u>В.с</u> 99,8
		2. Объемная доля этилена, %, не более	0,01	0,005
		3. Объемная доля ацетилена и метилацетилена %, не более	0,005	0,001
		4. Объемная доля углеводородов C ₄ , %, не более	0,05	0,002
		5. Объемная доля диеновых углеводородов, %, не более	0,015	0,001
		6. Объемная доля этана и пропана, %, не более	0,7	0,2
Кислород газообразный технический сорт 2	ГОСТ 5583-78 с изм.№1-4	1. Объемная доля кислорода, %, не менее	99,5	
		2. Объемная доля водных паров, %, не более	0,009	
Азот газообразный особой чистоты, сорт 2	Постоянный технологический регламент производства азота и кислорода АКЦ УГЭ	1. Объемная доля кислорода в газообразном азоте, %, не более	0,002	
		2. Объемная доля водяного пара в газообразном азоте, %, не более	0,0007	
Тригонокс-С, трет- Бутилпероксибензоат	Паспорт, сертификат поставщика	Первичный входной контроль	Визуальный	
Тригонокс-36-С75, Ди-(3,5,5- триметилгексаноил) пероксид	Паспорт, сертификат поставщика	Первичный входной контроль	Визуальный	
Тригонокс-В, перекись ди-трет бутила	Паспорт, сертификат поставщика	Первичный входной контроль	Визуальный	

4 Финансовый менеджмент

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности

проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

При организации собственного производства полиэтилена высокого давления необходим систематический анализ конкурирующих разработок во избежание потери занимаемой ниши рынка. Периодический анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности позволяет оценить эффективность научной разработки по сравнению с конкурирующими предприятиями. Из наиболее влияющих предприятий-конкурентов в области производства полиэтилена можно отнести «Казаньоргсинтез» (г. Казань, респ. Татарстан) и «Уфаоргсинтез» (г. Уфа, респ. Башкортостан). В таблице 14 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические разработки в области производства ПЭВД.

Таблица 14 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок: B_{ϕ} – продукт проведенной исследовательской работы, B_{k1} – «Казаньоргсинтез», B_{k2} – «Уфаоргсинтез»

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии обогащаемого материала							
1. Выход продукта	0,3	4	5	5	1,2	1,5	1,2
2. Энергоемкость процессов	0,3	5	4	4	1,5	1,2	1,2
Экономические критерии оценки эффективности							
3. Цена	0,2	5	2	3	1,0	0,4	0,6
4. Конкурентоспособность продукта	0,1	3	5	5	0,3	0,5	0,5
5. Финансирование научной разработки	0,1	3	5	5	0,3	0,5	0,5
Итого:	1				4,3	4,1	4,0

4.1.2 SWOT-анализ

SWOT– (Strengths – сильные стороны, Weaknesses – слабые стороны, Opportunities – возможности и Threats – угрозы) – это комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Первый этап SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями С3. Квалифицированный персонал С4. Использование отходов производств в качестве сырья (ресурсоэффективность технологии)	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Большой срок поставок материалов, используемых при проведении научного исследования
Возможности: В1. Использование инфраструктуры ОЭЗ ТВТ Томск В2. Появление доп. спроса на новый продукт В3. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследований		
Угрозы: У1. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У2. Развитая конкуренция технологий производства		

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

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

Интерактивные матрицы представлены в таблицах 16,17,18 и 19.

Таблица 16 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	0	+	+	0
	B2	+	+	+	0
	B3	0	+	+	0

Таблица 17 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта		
Возможности проекта		Сл1
	B1	+
	B2	-
	B3	+

Таблица 18 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта					
Угрозы		C1	C2	C3	C4
	У1	+	-	+	-
	У2	+	-	+	-

Таблица 19 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта		
Угрозы		Сл1
	У1	+
	У2	-

Таким образом, в рамках третьего этапа может быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 20.

Таблица 20 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями С3. Квалифицированный персонал С4. Использование отходов производств в качестве сырья (ресурсоэффективность технологии)	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Большой срок поставок материалов, используемых при проведении научного исследования
Возможности: В1. Использование инфраструктуры ОЭЗ ТВТ Томск В2. Появление доп. спроса на новый продукт В3. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях	Разработка более дешевой технологии производства полиэтилена, ресурсоэффективность этой технологии, а также использование высококвалифицированного персонала позволит повысить спрос на данный продукт и эффективно использовать инфраструктуру ОЭЗ ТВТ г.Томск.	По причине большого срока поставок необходимых для исследований материалов возможно отставание от конкурентов с последующим падением спроса на продукцию
Угрозы: У1. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У2. Развитая конкуренция технологий производства	Ресурсоэффективность выбранной технологии, а также низкая по стоимости технология производства способны ослабить влияние этих угроз.	При задержках в сроках поставок используемых материалов и одновременном развитии конкуренции технологии производства полимера есть риски потери занятой ниши рынка.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ, все данные занесем в таблицу 21.

Таблица 21 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Науч. руководитель, консультант ЭЧ, СО, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, бакалавр
	4	Патентный обзор литературы	Бакалавр
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретические исследования	6	Проведение инженерных расчетов	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр
	8	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	9	Разработка технологии производства сополимера стирола и акрилонитрила	Бакалавр
	10	Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант по ЭЧ
	11	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант СО
Оформление комплекта документации по ВКР	12	Составление пояснительной записки	Бакалавр

4.2.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

В таблице 22 представлена морфологическая матрица для способов получения полиэтилена.

Таблица 22 – Морфологическая матрица для для способов получения полиэтилена

	1	2	3
А. Мономер	Этилен	Этилен (закупка у предприятия «Ставрлен»)	Этилен (закупка у предприятия «Нижекамскнефтехим»)
Б. Инициатор	Молекулярный кислород Тригнокс-21S Тригнокс-42S Тригнокс-В	1,1-бис(трет-бутилперокси)цикл огексан	Трет-бутилкумилпероксид
В. Модификатор	Пропилен	Пропилен	Пропилен

4.2.3 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 $t_{ожі}$ будет использоваться следующая формула

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

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

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

$t_{max\ i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i – ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел. – дн.

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

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

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

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

Результаты расчетов занесены в таблицу 23.

Таблица 23 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работ	Трудоёмкость работ									Исполни тели	Т _р , раб. дн.			Т _р , кал. дн.		
		t _{min} , чел-дн.			t _{max} , чел-дн.			t _{ож} , чел-дн.				Исп.1	Исп.2	Исп.3	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	Составление технического задания	0,2	0,2	0,2	0,9	0,9	0,9	0,7	0,7	0,7	Р	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
		0,2	0,2	0,2	0,9	0,9	0,9	0,7	0,7	0,7	Б	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
		0,2	0,2	0,2	0,9	0,9	0,9	0,7	0,7	0,7	К ¹	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
		0,2	0,2	0,2	0,9	0,9	0,9	0,7	0,7	0,7	К ²	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
2	Выбор направления исследований	0,7	0,7	0,7	2	2	2	1	1	1	Р	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
		0,7	0,7	0,7	2	2	2	1	1	1	Б	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
3	Подбор и изучение материалов	6	6	6	9	9	9	7	7	7	Р	3,7	3,7	3,7	4,1	4,1	4,1
		6	6	6	9	9	9	7	7	7	Б	3,7	3,7	3,7	4,1	4,1	4,1
4	Патентный обзор литературы	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Б	8,1	8,1	8,1	9,8	9,8	9,8
5	Календарное планирование работ по теме	1	1	1	2	2	2	1,5	1,5	1,5	Р	0,9	0,9	0,9	1,1	1,1	1,1
		1	1	1	2	2	2	1,5	1,5	1,5	Б	0,9	0,9	0,9	1,1	1,1	1,1
6	Проведение инженерных расчетов	4	4	4	4,7	4,7	4,7	5,2	5,2	5,2	Б	1,9	1,9	1,9	2,3	2,3	2,3
7	Оценка эффективности результатов	3	3	3	4	4	4	3,4	3,4	3,4	Р	2,0	2,0	2,0	2,2	2,2	2,2
		5	5	5	6	6	6	5,4	5,4	5,4	Б	2,7	2,7	2,7	3,2	3,2	3,2
8	Определение целесообразнос ти проведения ВКР	4	4	4	7	7	7	6,4	6,4	6,4	Р	3,1	3,1	3,1	3,5	3,5	3,5
		4	4	4	7	7	7	6,4	6,4	6,4	Б	3,1	3,1	3,1	3,5	3,5	3,5

Продолжение таблицы 23

9	Разработка технологии производства полиэтилена	2	2	2	2	2	2	2,7	2,7	2,7	Б	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0
10	Оценка эффективности производства	5	5	5	10	10	10	8	8	8	Б	3,8	3,8	3,8	4,0	4,0	4,0
		5	5	5	9	9	9	8	8	8	К ¹	3,8	3,8	3,8	4,0	4,0	4,0
11	Разработка СО	7	7	7	8	8	8	7,8	7,8	7,8	Б	4,5	4,5	4,5	5,2	5,2	5,2
		5	5	5	6	6	6	7,8	7,8	7,8	К ²	4,5	4,5	4,5	5,2	5,2	5,2
12	Составление пояснительной записки	12	12	12	13	13	13	13,5	13,5	13,5	Б	11	11	11	19	19	19

Р – руководитель

Б – бакалавр

К¹ – консультант по экономической части

К² – консультант по социальной ответственности

4.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем, поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – это горизонтальный ленточный график, представленный в таблице 24, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Данный график строится на основе таблицы 23.

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

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

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 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;

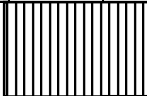
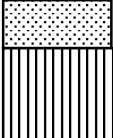
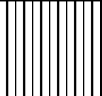
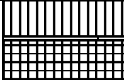
$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

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

Таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{135}{135 - 17 - 6} = 1,21.$$

Таблица 24 – Календарный план-график проведения НИОКР

Вид работы	Исполнители	T_{ki} , дней	Продолжительность выполнения работ										
			февраль		март			апрель			май		
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Составление технического задания	Руководитель, бакалавр, консультант ЭЧ, СО	0,2											
Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	0,6											
Подбор и изучение материалов	Руководитель, бакалавр	4,2											
Патентный обзор литературы	Бакалавр	9,8											
Календарное планирование работ	Руководитель, бакалавр	1,0											
Проведение инженерных расчетов	Бакалавр	2,3											
Оценка эффективности результатов	Руководитель, бакалавр	2,2 3,2											
Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр	3,5											
Разработка технологии производства сополимера	Бакалавр	3,0											
Оценка эффективности производства	Бакалавр, консультант ЭЧ	4,0											

Продолжение таблицы 24

[illegible]

Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО

4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

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

4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Для выполнения данной ВКР требуются материальные затраты на:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований).

Материальные затраты данного НТИ представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм.	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Этилен	т	5,6	5,6	5,6	4500	7800	6400	25200	43680	35840
Пропилен	т	2,8	2,8	2,8	5200	5200	5200	14560	14560	14560
Тригонокс-21S	кг	9	0	0	1400	0	0	12600	0	0
Тригонокс-42S	кг	4	0	0	1150	0	0	4600	0	0
Тригонокс-В	кг	4	0	0	950	0	0	3800	0	0
Трет-бутилкумил пероксид	кг	0	0	19	0	0	1480	0	0	28120
1,1-бис(трет-бутилперокс и)циклогексан	кг	0	25	0	0	1600	0	0	40000	0
Итого:								60760	79240	78520

4.4.2 Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

В таблице 26 приведены затраты на оборудование.

Таблица 26 – Затраты на оборудование для научно-экспериментальных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудова ния	Цена единицы оборудования, руб.	Сумма амортизационных отчислений, руб.
1.	Компрессор первого каскада	2	270000	45000
2.	Компрессор второго каскада	2	270000	45000
3.	Бустерный компрессор	1	240000	20000
4.	Трубчатый реактор	1	1200000	100000
5.	Отделитель высокого давления	2	345000	57500
6.	Отделитель низкого давления	1	310000	25883
7.	Холодильник	7	84000	49000
8.	Экструдер	1	386000	32167
9.	Емкость буферная	6	55000	27500
Итого				402050

Для оборудования нужно рассчитать величину годовой амортизации по следующей формуле:

$$A_{\text{год}} = \frac{C_{\text{перв}}}{T_{\text{пи}}},$$

где $C_{\text{перв}}$ – первоначальная стоимость, руб; $T_{\text{пи}}$ – время полезного использования, год. Результаты расчетов приведены в таблице 26.

4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} ,$$

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

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

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot Т_p ,$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника; $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб; $Т_p$ – продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником, раб. дн. (таблица 10).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot М}{F_d} ,$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.; $М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб. дн.

В таблице 27 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ.

Таблица 27 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
Календарное число дней	135	135	135	135
Количество нерабочих дней				
выходные дни:	17	17	17	17
праздничные дни:	6	6	6	6
Потери рабочего времени				
отпуск:	0	0	0	0
невыходы по болезни:	0	0	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	112	112	112	112

Месячный должностной оклад работника:

$$З_m = З_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_{\partial}) \cdot k_p ,$$

где $З_{mc}$ –заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_{np} –премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{mc}$);

k_{∂} – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

k_p –районный коэффициент, для Томска равный 1,3.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 28 .

Таблица 28 – Расчет основной заработной платы

Категория	$З_{mc}$, руб.	k_{∂}	k_p	$З_m$, руб	$З_{\partial n}$, руб.	T_p , раб. дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель							
ППСЗ	28456	0,35	1,3	61038	2179	10,3	22443,7
Бакалавр							
ППС1	12674	0,35	1,3	27185	971	42,8	41555,8
Консультант ЭЧ							
ППСЗ	20478	0,35	1,3	43925	1569	3,9	6119,1
Консультант СО							
ППСЗ	17845	0,35	1,3	38277	1367	4,6	6288,2

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 29.

Таблица 29 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$З_{осн}$, руб.	$З_{доп}$, руб.	$З_{зн}$, руб.
Руководитель	22443,7	4488,74	26932,44
Бакалавр	41555,8	8311,16	49866,96
Консультант ЭЧ	6119,1	1223,82	7342,92
Консультант СО	6288,2	1257,64	7545,84

4.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина этих отчислений определяется по формуле:

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

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. Однако на основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	22443,7	4488,74
Бакалавр	41555,8	8311,16
Консультант ЭЧ	6119,1	1223,82
Консультант СО	6288,2	1257,64
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,30	
Итого:	27506,5	

4.4.5 Накладные расходы

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

$$З_{накл} = k_{нр} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 4),$$

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

Величину коэффициента накладных расходов $k_{нр}$ допускается взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы на данные НТИ составляют 137446,7 руб.

4.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 31.

Таблица 31 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	60760	79240	78520	табл. 11
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	402050	402050	402050	табл. 12
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	76406,8	76406,8	76406,8	табл.14
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	15281,36	15281,36	15281,36	табл.15
5. Отчисления во внебюджетные фонды	27506,5	27506,5	27506,5	-
6. Накладные расходы	93120,75	96077,55	95962,35	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	675125,41	696562,21	695727,00	Сумма ст. 1-6

Как видно из таблицы 31 основные затраты НТИ приходятся на материальные затраты.

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

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).

Таблица 32 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда	0,25	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	2
3. Надежность	0,20	5	3	4
4. Воспроизводимость	0,25	5	4	4
5. Материалоемкость	0,15	5	3	5
ИТОГО	1	4,8	3,6	3,8

Таблица 33 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,998	0,996	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,8	3,6	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	4,81	3,61	3,8
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,75	0,79

Вывод: Сравнительный анализ интегральных показателей эффективности показывает, что наиболее предпочтительным является способ производства полиэтилена высокого давления при использовании в качестве инициатора молекулярный кислород и перекиси –Тригонокс-21S, Тригонокс-42S, Тригонокс-В.