

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 полимеризации этилена

УДК 661.716.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Б	Шкарин А.А.		

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:

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

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2Б	Шкарин Александр Александрович

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Характеристика производства полиэтилена высокого давления с использованием литературных данных, представленных в аналитических материалах, нормативно-правовых документах.</p>
<p>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</p>	
<p>1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p>	<ul style="list-style-type: none"> – 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). – электробезопасность (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).
<p>2. Экологическая безопасность</p>	<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – 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:	<ul style="list-style-type: none"> – 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	Шкарин А.А.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное 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	Шкарин Александр Александрович

Тема работы:

Проект узла полимеризации этилена	
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. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований, предъявляемых к проекту.
3. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Проведение оценки экономической эффективности производства полиэтилена высокого давления

Перечень графического материала:

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ
6. Сравнительная эффективность разработки

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	Шкарин Александр Александрович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 95 с., 3 рис., 2 диаграммы, 47 табл., 23 источников, 0 прил.

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

Объектом исследования является реакторный узел полимеризации этилена.

Цель работы – проектирование узла полимеризации этилена.

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: горизонтальный аппарат типа «труба в трубе», снабжен обогреваемой рубашкой.

Область применения: производство пленок ПВД, открытых и в виде рукава ПВД 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 ПВД, электроизоляционных материалов (оболочки кабелей и пр.), термоклей ПВД в виде порошка, приготовленного дроблением гранул ПВД.

Введение

Полимерные материалы на сегодняшний день находят свое широкое применение в различных отраслях нашего хозяйства. Практически все, что окружает нас дома и на работе, чем мы пользуемся (телефоны, ручки, бумага, одежда) – все сделано из различных полимерных материалов. Полимеры – это соединения многофункциональные, во многом они могут заменить металл и керамику. В настоящее время крупнотоннажно производятся ряд полимеров, такие как: полиэтилен, полипропилен, полистирол, полиэтилентерефталат. Производство полиэтилена самое крупномасштабное, существует различные виды полиэтилена: полиэтилен низкой плотности или высокого давления (ПЭНП), полиэтилен средней плотности (ПЭСП), полиэтилен высокой плотности или низкого давления (ПЭВП), сверхвысокомолекулярный полиэтилен и др. Все разновидности полиэтилена получают по различным методикам. Из полиэтилена получают широкий спектр изделий, такие как: трубы, пленки, различная пищевая упаковка, пищевая тара, для медицинских изделий (шприцы, капельницы), корпуса автомобилей и др. Тема дипломной работы – это проектирование узла полимеризации этилена, поэтому проведем расчеты для части дипломной работы отвечающей финансовому менеджменту и ресурсоэффективности.

ЧАСТЬ 1. Общая характеристика производства

1. Технико-экономическое обоснование.

Полиэтилен занимает верхушку среди всех полимерных материалов, производство которых налажено в Российской Федерации. Доля производства ПЭ составляет 46% от всех полимеров (Рисунок 1) [1]. Существуют различные виды полиэтилена: полиэтилен высокого давления низкой плотности, полиэтилен низкого давления высокой плотности, полиэтилен средней плотности.

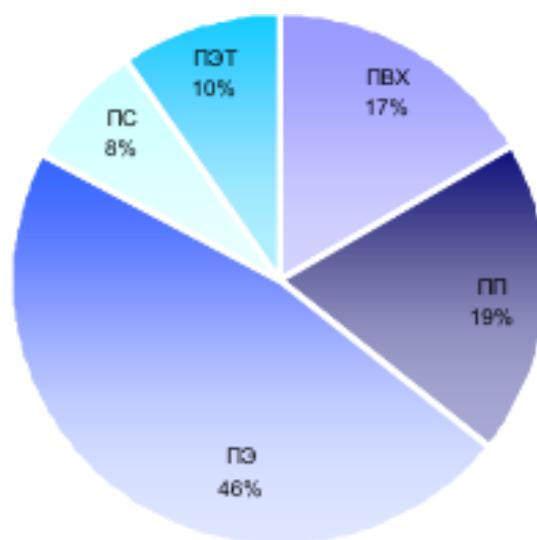


Рисунок 1 – Структура Российского рынка по типам полимеров[1]

ПЭ – полиэтилен, ПП – полипропилен, ПВХ – поливинилхлорид, ПЭТ – полиэтилентерефталат, ПС – полистирол.

С каждым годом растет производство полиэтилена, так как увеличивается спрос данного материала на душу населения. По данным отраслевого портала Unipack рост производства увеличивается в среднем на 4...5% по сравнению с предыдущими годами (Диаграмма 1). Это связано с тем, что происходит замена металлических изделий на более безопасные, коррозионностойкие и инертные к действию кислот и щелочей. А такими материалами являются полимеры, которые окружают нас практически повсюду, в любой отрасли можно найти изделия изготовленные из них – это и машиностроения: различная обивка внутри машин, бампера, изоляция

проводов; это и корпуса телефонов, которые сейчас имеются у каждого, это и различные игрушки, такие как LEGO и многое другое.

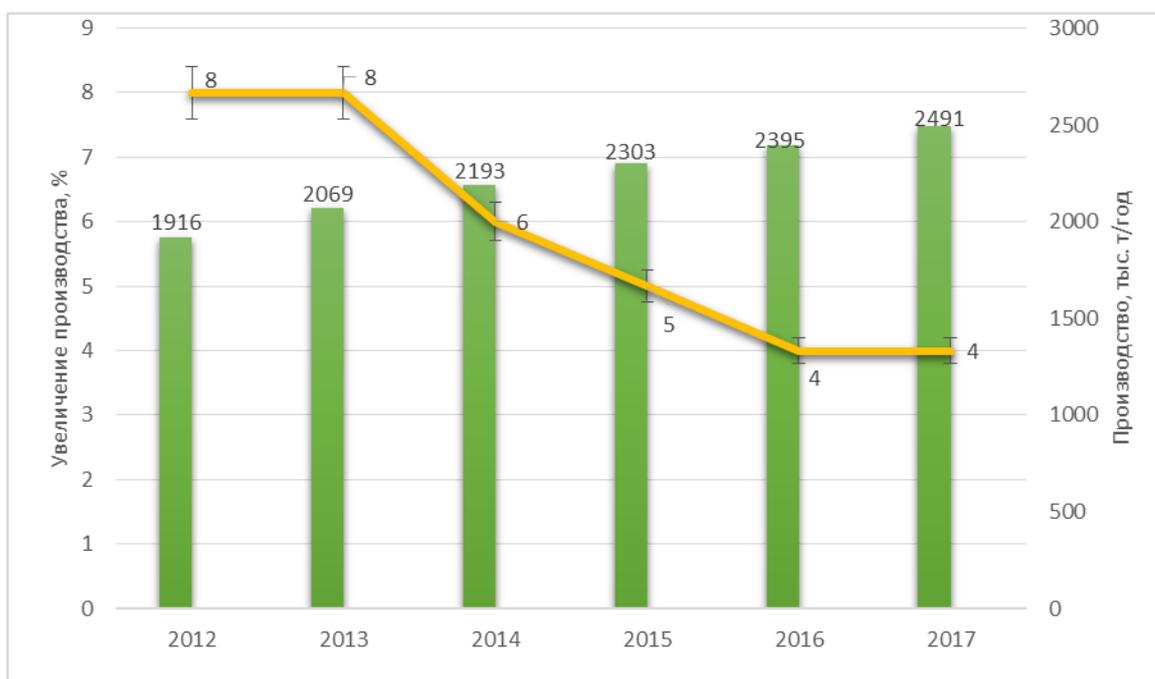


Диаграмма 1 – Прогнозный объем рынка полиэтилена[4].

ПЭВД является наиболее востребованным среди всех остальных полиэтиленов, так как из него изготавливают пленку, трубы и пищевую тару. Полиэтилен высокого давления получают полимеризацией этилена по свободнорадикальному механизму, в качестве инициатора реакции используется кислород и различные перекисные инициаторы. На сегодня существует 2 вида технологии получения ПЭВД, различающиеся между собой только реакторным узлом – это производство полиэтилена низкой плотности в автоклавах и трубчатых реакторах типа «труба в трубе». В виду того, что процесс получения ПЭВД экзотермический, существует необходимость отвода выделяющейся теплоты из зоны реакции, для предотвращения разложения этилена, получаемого полимера и взрывоопасности.

Достоинствами автоклавных реакторах является то, что можно температура и давление остается постоянным; температура поддерживается довольно в узких диапазонах; полимер получается более линейного строение. Однако

наряду с достоинствами имеется и ряд недостатков данного метода – это малая конверсия этилена в полиэтилен, затруднения отвода излишней теплоты из зоны реакции, так как тип теплообмена для автоклавных – адиабатический; сложность с перемешиванием, так как образуется вязкая масса полиэтилена; в автоклавных реакторах полимер полидисперсен, это связано с тем, что подача холодного этилена в реактор прекращает реакцию полимеризации.

Достоинства трубчатого реактора заключаются в том, что используется в качестве инициатора не только кислород, который обеспечивает приемлимую скорость полимеризации этилена при высоких температурах, но и смесь кислорода с перекисными инициаторами. Так же в виду того, что реакция экзотермична необходимо проводить отвод выделяющейся теплоты из реакционной смеси, так как трубчатые реактора имеют большую поверхность теплообмена, это не составляет труда. За счет большой длины реактора происходит падение давления в различных частях аппарата, за счет разности давлений происходит движение образовавшейся вязкой массы полиэтилена. Так же достоинствам можно отнести то, что пуск такого реактора облучен тем, что происходит подогрев реакционного этилена, в отличии от автоклавных реакторов.

Недостатками данного процесса является то, что: во-первых, так как в ходе реакции образуется вязкая смесь, которая оседает на стенки реактора и затрудняет теплообмен; во-вторых, в трубчатых реакторах необходимо использовать охлаждающий агент, который должен находиться под высоким давлением, в связи с этим может происходить каррозионный износ; в-третьих, необходимо контролировать температуру процесса по всей длине реактора, чтобы не произошел взрыв парогазовой смеси, которая образуется при соединении этилена и воздуха [3].

Анализируя достоинства и недостатки реакторов можно заключить, что оба реактора подходят для производства полимера, и доля их использования

примерно одинаковая на заводах, однако предпочтения больше отдают трубчатому реактору, который имеет различные модификации – это одно зонный трубчатый реактор, двухзонный и трех зонный реактора. Благодаря вводу дополнительных потоков реакционного газа увеличивается конверсия этилена в полиэтилен, что является хорошим. Сегодня широко используются трех зонные реактора типа «труба в трубе» и максимальная степень конверсии достигла в 35% и высокая производительность (Диаграмма 2) [5].

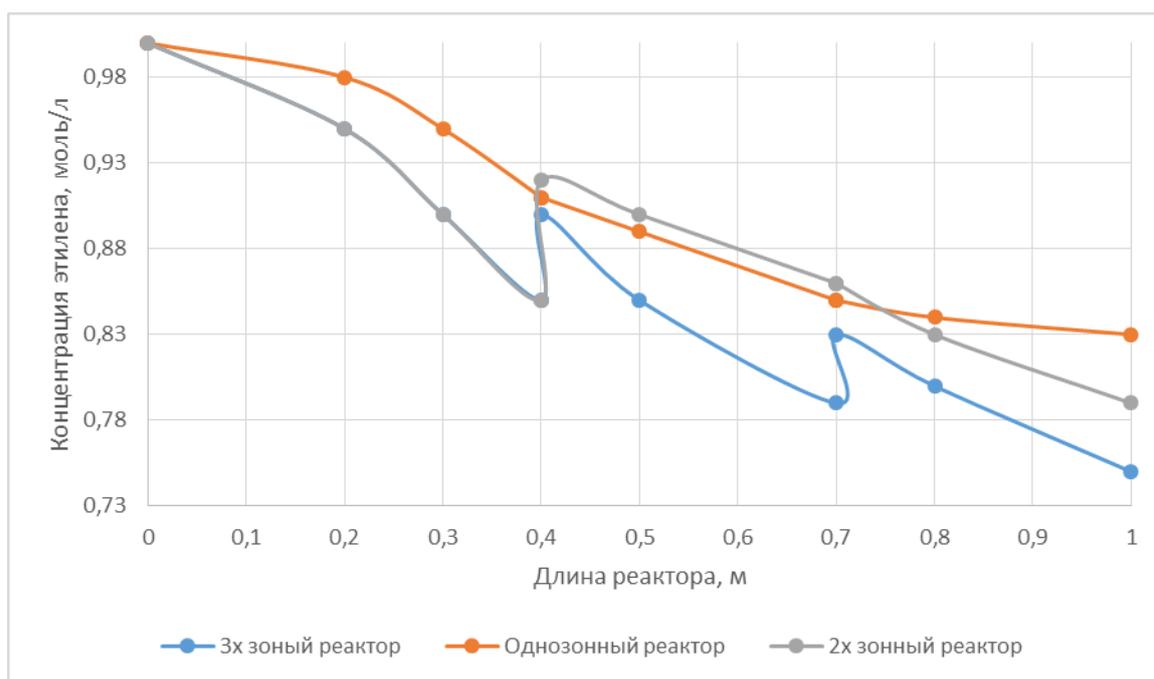


Диаграмма 2 – зависимость степени конверсии этилена от количества зон в реакторе[5].

Однако при увеличении числа реакционных зон реактора в дальнейшем не приводит к увеличению производительности реактора и увеличению конверсии этилена в полимер. Потому оптимальным является трехзонный реактор, который сегодня и нашел свое широкое применение для производства полиэтилена высокого давления.

2. Характеристика сырья и целевых продуктов.

В производстве ПЭВД используются следующие виды веществ: основное сырье – этилен, который получают пиролизом нефтяных углеводородов. Пиролиз сырья осуществляют в пиролизных печах при температуре 830...850 С и очень маленьким временем пребывания сырья в печи до 0,01 секунды. Этилен выпускает по ГОСТ 25070 – 81. Для производства полимера этилен имеет следующий состав, который приведен в таблице 1:

Таблица 1 – Состав этилена для полимеризации[2]

Состав	Объемный состав, %
Этилен	99,9
Пропилен	0,005
Метан, этан	0,10
Ацетилен	0,001
Водород	0,001
Вода	0,001
Диоксид и оксид углерода	0,0005
Кислород	0,0002
Аммиак	0,0001
Метанол	0,001
Серосодержащие соединения (в пересчете на серу), мг/м ³	2,0

Этилен представляет собой бесцветный газ со слабым специфическим запахом, взрывопожаро опасен. Основные физико-химические свойства этилена приведены в таблице 2:

Таблица 2 – Физико-химические свойства этилена[2]

Свойство	Значение
Молекулярная масса, кг/кмоль	28,06
Физическое состояние	Газ
Температура кипения, °С	- 103,71
Критическая температура, °С	9,50
Критическое давление, МПа	5,064
Критическая плотность, кг/м ³	223
Верхний и нижний концентрационные пределы, % (об.)	3,11...32
Температура самовоспламенения, °С	540

В качестве модификатора и ограничителя роста цепи в производстве ПЭВД используется пропилен, который аналогично этилену получают пиролизом углеводородов. Пропилен – гомолог этилена, горючий газ, оказывает наркотическое действие на организм. Основные свойства пропилена приведены в таблице 3:

Таблица 3 – Физико-химические свойства пропилена[2]

Свойство	Значение
Молекулярная масса, кг/кмоль	42
Физическое состояние	Газ
Температура кипения, °С	- 47,7
Критическая температура, °С	92
Критическое давление, МПа	4,54
Критическая плотность, кг/м ³	233
Верхний и нижний концентрационные пределы, % (об.)	2,3...11,1
Температура самовоспламенения, °С	458
ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	300

Пропилен для модификации полиэтилена выпускается по ГОСТ 25043 – 81. Имеет следующий объемный состав:

Таблица 4 – Состав пропилена[2]

Состав	Объемный состав, %
Пропилен	97,0
Этилен	0,005
Этан, пропан, азот	0,2
Ацетилен	0,001
Водород	0,001
Вода	0,0015
Диоксид	0,001
Кислород	0,001
Оксид углерода	0,0005
Углеводороды С ₄	0,002
Серосодержащие соединения (в пересчете на серу), мг/м ³	5,0

Для инициирования реакции полимеризации этилена на производстве используют молекулярный кислород и различные пероксидные вещества,

которые легко подвергаются распаду на радикалы. К таким соединениям можно отнести вещества имеющие O – O, N – N, C – N и другие, однако наибольшее распространение получили пероксиды. Свойства пероксидов применяемых в производстве ПЭВД приведены в таблице 5:

Таблица 5 – Свойства пероксидных инициаторов[2]

Показатель	Дилауроилпероксид	Трет-Бутилпербензионат	Ди-третбутил-пероксид
Температура применения, °С	140...180	180...240	240...280
Молекулярная масса, кг/кмоль	398	194	146,2
Содержание основного вещества, %	98	98	95
Физическое состояние	Твердое вещество	Жидкость	Жидкость
Плотность при 20 °С, кг/м ³	400	1042	793
Температура плавления, °С	53	-	-
Температура кипения, °С	-	124	190
Массовая доля активного кислорода, %	3,94	8,08	10,8
Период полураспада, ч			
При 50 °С	50	-	-
При 70 °С	3,9	-	-
При 90 °С	0,3	-	-
При 110 °С	-	6	-
При 130 °С	-	0,7	6,4
При 150 °С	-	-	0,8
Температура хранения, °С	25	20	25
Энергия диссоциации, кДж/моль	125	143	159
ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	100	1	100

Конечным продуктом является термопластичный полимер, прозрачный или белый на цвет, морозоустойчив, не проводит электрический ток, находит широкое применение в различных отраслях нашего хозяйства. Этим полимерным материалом является полиэтилен. Он используется для получения пленки, которая затем может использоваться в качестве упаковки; в производстве труб, листов; в медицинских целях: производство шприцов, подставок и многое другое. Основные физико-мические свойства данного материала приведены в таблице 6:

Таблица 6 – Свойства полиэтилена высокого давления[3]

Наименование показателя	Норма марки		
	15303-003		
	Высший сорт	1-й сорт	2-й сорт
Плотность, кг/м ³	920,5		
ПТР, г/10 мин	0,3		
Количество включений, шт., не более	2	8	30
Предел текучести при растяжении, Па (кгс/см ²)	98 * 10 ⁵		
Прочность при разрыве, Па (кгс/см ²)	137 * 10 ⁵		
Относительное удлинение при разрыве, %	600		
Молекулярная масса, у.е.	1 * 10 ⁵ ... 1 * 10 ⁶		

Так же в производстве полиэтилена высокого давления используются различные масла, которые являются растворителями и агентами доставки инициаторов в зону реакции. Такими маслами являются Ризела-15 и Ризела-17, которые производят в США. Эти масла должны быть нейтральными по кислотности, не иметь в своем составе примесей способных повысить кислотность или основность. У данных масел должна быть высокая температура вспышки, чтобы не произошло возгорание или взрыва при доставке перекисных инициаторов в зону реакции. Так же основными показателями к маслам должна быть их легкодоступность и относительная дешевизна.

3. Физико-химические основы процесса

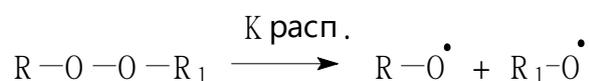
Процесс полимеризации этилена протекает при давлении не более 235,0 МПа и температуре не более 320,0 °С с применением в качестве инициатора кислорода или смеси кислорода с органическими перекисями.

Для регулирования молекулярной массы в качестве модификатора применяется пропан (пропилен).

Полимеризация этилена при высоком давлении протекает по свободно-радикальному механизму и состоит из следующих стадий:

- инициирование,
- рост цепи,
- обрыв цепи,
- передача цепи.

Под воздействием высокой температуры и давления, в результате распада молекул инициатора образуются свободные радикалы:



Свободный радикал $R_1-\dot{O}$ присоединяет молекулу этилена и, тем самым, дает начало росту цепи молекулы полиэтилена:



Перекисные инициаторы, в зависимости от строения молекул, периода полураспада, подаются с одинаковой скоростью при различных температурах.

Используемые в процессе получения полиэтилена пероксиды имеют одинаковый

период полураспада - 1 минуту при разных температурах.

При иницировании кислородом процесс полимеризации также протекает по цепному свободно-радикальному механизму.

Образование радикалов:

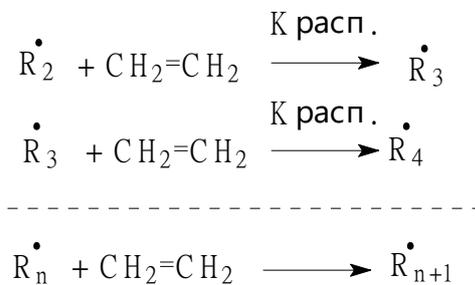


где $[C_2H_4O_2]$ – промежуточное, неустойчивое, под воздействием температуры и давления соединение этилена с кислородом, которое способно распадаться подобно перекиси давая радикалы:



где R^\bullet - радикал, способный к реакции роста.

Рост цепи заключается в том, что к активному радикалу присоединяются молекулы мономера, образуя растущую цепь с ненасыщенной активной концевой группой:



Обрыв цепи происходит при взаимодействии растущих радикалов вследствие уничтожения активных групп рекомбинаций или диспропорционированием.

Рекомбинация:

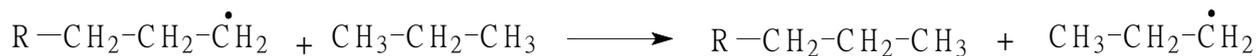


Диспропорционирование:



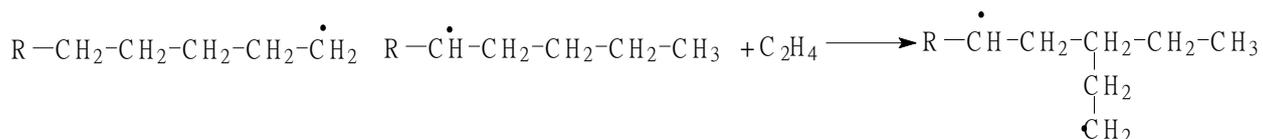
При полимеризации полиэтилена могут протекать реакции передачи цепи на компоненты реакционной смеси. При этом скорость полимеризации сохраняется, но изменяется молекулярная масса и структура полиэтилена.

Передача цепи на пропан

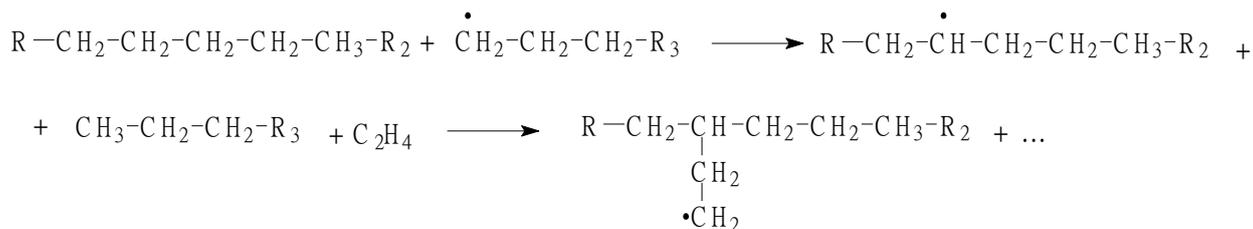


Прекращает рост одна полимерная цепь и начинает рост другая. Таким образом, осуществляется регулирование молекулярной массы полиэтилена.

При внутримолекулярной передаче цепи образуются короткоцепные ответвления, в основном, бутильные



При межмолекулярной передаче цепи образуются длинноцепные ответвления:



Интенсивность этих реакций в большей мере определяет свойства получаемого полимера.

Процесс полимеризации этилена под высоким давлением является высокоэкзотермическим. Тепловой эффект реакции составляет 3344 кДж/кг, поэтому отвод тепла является самым существенным для стабильного режима.

4. Описание технологической схемы

Производство полимера включает в себя следующие стадии: 1) компримирование этилена до реакционного давления; 2) дозирование индикатора; 3) дозирование модификатора; 4) проведение реакции полимеризации этилена; 5) разделение продукта реакции и непрореагировавшего мономера; 6) очистка и охлаждение непрореагировавшего этилена (возвратного газа); 7) грануляция расплавленного полимера; 8) конфекционирование, которое включает обезвоживание и высушивание гранул полиэтилена, распределение по товарным бункерам и определение качества полиэтилена, формирование партий в товарных бункерах, смешение, хранение; загрузка полимера в цистерны и контейнера; расфасовка в мешки; 9) дополнительная обработка – получение композиций полимера со стабилизаторами, красителями, наполнителями и другими добавками[2].

4.1 Узел компримирования

Узел компримирования предназначен для сжатия реакционного этилена до реакционного давления. Сжатие этилена осуществляют в многоступенчатых поршневых компрессорах. Ступени сжатия обычно выбирают, чтобы реакционная масса не разогрелась при сжатии выше 90...100 С – таким образом исключают возможность протекания полимеризации и термического разложения этилена. На промышленных установках этилен сжимают в два этапа: компрессором промежуточного давления этилен сжимается до 25...30 МПа и компрессором реакционного давления до 150...350 МПа и направляется в реактор. Так же возможно сжатие этилена до реакционного давления с использованием насосов[5]. Схема интересна потому, что сжатие осуществляется в одну ступень. При использовании поршневых компрессоров серьезной проблемой является подбор смазки для цилиндров. Критерии для подбора смазки такие:

- Хорошая смазывающая способность при минимальном расходе;

- Возможность использования в широком интервале температур;
- Отсутствие вредного воздействия на полимерный материал;
- Отсутствие вредного воздействия на скорость протекания процесса.

В качестве смазки используют минеральные масла типа «Ризелла», а также полигликолевые смазки типа «Оритес».

4.2 Дозирование инициаторов

Кислород поступает в реакционный этилен при его компримировании. Существуют различные варианты подачи кислорода к этилену: на всасывание компрессора промежуточного давления или на компрессор реакционного давления. Схема дозирования кислорода приведена на рисунке 2.

Кислород поступает через клапан, регулирующий давление в емкость 1, затем через расходомер 2, регулирующий клапан 4 и устройство для отсечки линии кислорода от линии этилен 4 направляется на смешивание.

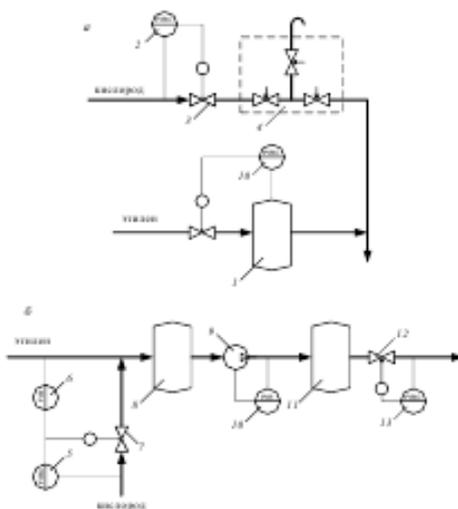


Рисунок 2 – Принципиальная схема дозирования кислорода на всасывание компрессора промежуточного и реакционного давления.

1,11 – буферные емкости; 2 – расходомер кислорода; 3,7,12 – регулирующие клапаны; 4 – устройство для отсечки подачи кислорода от системы; 5 – расходомер этилена; 6 – регулятор соотношения потоков этилена и кислорода; 8 – емкость для приготовления

этилен-кислородной смеси; 9 – дозировочный компрессор; 10 – регулятор давления; 13 – регулятор расхода.

Попадание этилена в линию кислорода и наоборот может привести к вызыву, поэтому устройство 4 работает автоматически.

Схема дозирования кислорода на всасывание компрессора реакционного давления приведена на рисунке 2. В емкости 8 приготавливается этилен-кислородная смесь. При помощи расходомера этилена 5 и регулятора соотношения кислорода и этилена 6 в емкости 8 поддерживается в пределах 1...4 % по массе. Далее смесь сжимается дозировочным компрессором 9 до давления 25...30 МПа и через буферную емкость 11 и регулирующий клапан 12 вводится в трубопровод этилена. Концентрация кислорода регулируется в необходимых пределах регулятором расхода 12. Объемная концентрация кислорода в смеси на входе в реактор составляет обычно 0,0015...0,0030%. Кислородное инициирование имеет ряд преимуществ:

- Доступность и дешевизна кислорода;
- Удобство введения в реакционную массу;
- Отсутствие дополнительных компонентов.

Пероксидные инициаторы приготавливаются в виде раствора необходимой концентрации. Затем направляются в расходную емкость откуда дозировочным насосом попадают в реактор. Приготовление инициаторов производится при определенной температуре для каждого. Для подачи инициаторов в раствор применяют плунжерные насосы высокого давления.

4.3 Полимеризация в трубчатых реакторах

Трубчатый реактор конструктивно представляет собой аппарат типа «труба в трубе». Он состоит из труб высокого давления, последовательно соединенных при помощи фланцев. Трубы имеют внутренний диаметр (для различных установок) от 34 до 68 мм. Общая длина реактора составляет от нескольких сот до тысячи и более метров. Трубы

снабжены наружными рубашками, в которых циркулирует теплоноситель – горячая вода под давлением. По длине реактора имеются термопары, изменяющие температуру реакционной среды. В нескольких точках проводится замер давления в реакторе. В конце реактора установлен дросселирующий клапан, благодаря которому поддерживается давление в реакторе и происходит выгрузка реакционной массы.

По принципу действия данный реактор является аппаратом идеального вытеснения, режим движения массы в реакторе – турбулентный. По длине реактора происходит изменения параметров – температуры, давления, концентрации инициаторов и образующегося полимера.

В реакторе выделяют 3 участка: В первом – подогревателе – происходит разогрев этилена до температуры реакции. Образования полиэтилена на этом участке практически не происходит. Во втором участке – собственно зоне реакции – протекает полимеризация этилена, температура за счет экзотермии возрастает до максимальной, концентрация инициатора снижается к концу участка до нуля. В третьем участке реакционная масса, состоящая из полиэтилена и непрореагировавшего мономера, охлаждается. Охлаждение реакционной массы к концу реактора необходимо для того, чтобы при снижении давления температура ее не достигла температуры разложения этилена. Каждый участок реактора имеет свой контур теплоносителя.

Высокую степень конверсии можно достичь в трубчатом реакторе с несколькими вводами холодного этилена по длине. В этом случае только часть этилена (от 15 до 50 %) проходит подогреватель и вводится в начало реактора, а остальной этилен охлаждается и вводится через специальные боковые вводы (обычно 2...4) в зоны для достижения максимальной температуры по длине реактора. Количество и температуру этилена, подаваемого в каждый боковой ввод, рассчитывают таким образом, чтобы в месте его смешения с основным потоком температура реакционной смеси

была не ниже температуры начала реакции. В каждую из зон такого многозонного трубчатого реактора вводится дополнительное количество инициатора.

4.4 Разделение полиэтилена и этилена

В виду того, что происходит неполная конверсия этилена в полимер, то необходимо проводить отделение непрореагировавшего этилена и возврат его в цикл. Разделение осуществляется в две ступени: в отделителе высокого давления и в отделителе низкого давления.

Поступающая в отделитель высокого давления реакционная смесь при давлении 25...30 МПа и температуре 250 °С расслаивается две фазы – жидкую, состоящую из расплавленного полиэтилена и растворенного в нем этилена, и газовую – этилен, содержащий незначительное количество низкомолекулярного полиэтилена.

Расплавленный полиэтилен, содержащий остаточный этилен, поступает в отделитель низкого давления, где происходит дальнейшая дегазация при давлении 0,05...0,5 МПа и температуре около 250 °С. Из нижней части отделителя низкого давления расплавленный полиэтилен поступает в экструдер или экструзионный насос, а выделившийся этилен через клапан направляется в систему очистки возвратного газа низкого давления. Уровень в отделителе низкого давления регулируется путем изменения числа оборотов шнека выгрузного экструдера или изменения производительности экструзионного насоса.

Условия отделения полиэтилена от непрореагировавшего этилена при давлении не выше 30 МПа требуют значительных энергозатрат на повторное компримирование возвратного этилена до давления реакции. Проведенные в последние годы исследования по растворимости полиэтилена в этилене указывают на принципиальную возможность осуществлять эту стадию при более высоком давлении (до 100 МПа), что может значительно сократить энергозатраты и повысить экономичность процесса [5].

4.5 Первичная грануляция

На узле первичной грануляции полиэтилен получает товарную форму – переводится в твердый гранулированный продукт. Из отделителя низкого давления расплавленный полиэтилен поступает в экструдер, расположенный под отделителем. Экструдер оборудован гранулирующим устройством, состоящим из фильеры, через отверстия которой полимер выдавливается в виде тонких жгутов, и примыкающих к фильере вращающихся ножей, которые режут жгуты. Полученные гранулы охлаждаются водой и гидро- или пневмотранспортом направляются на установку конфекционирования. Обычно используют одно- или двухшнековые экструдеры с отношением длины шнека к диаметру от 10:1 до 25:1. В некоторых установках ПЭВД для транспортировки расплава из отделителя низкого давления к гранулирующему устройству используют вместо экструдеров шестеренные экструзионные насосы. Помимо собственно грануляции полиэтилена на узле первичной грануляции можно получать композиции путем введения в расплав различных добавок (антиоксидантов, красителей и т.д.). С этой целью агрегаты первичной грануляции оборудуются устройствами для ввода указанных добавок – насосами (для жидких добавок) и экструдерами (для концентратов твердых или жидких добавок в полиэтилене).

4.6 Очистка и охлаждение возвратного этилена

Непрореагировавший (возвратный) этилен, отделенный от полиэтилена в отделителях промежуточного и низкого давления подвергается охлаждению и очистке от содержащегося в нем низкомолекулярного полиэтилена. Полиэтилен содержится в этилене в виде мелких капель, унесенных потоком газа из отделителей, и в растворенном виде.

Система очистки и охлаждения возвратного газа промежуточного давления состоит из нескольких последовательно соединенных секций (обычно 3...4), каждая из которых включает холодильник и сепаратор

циклонного типа. В качестве охлаждающего агента в первой по ходу и секции применяется горячая вода, а в последующих – обратная вода. По мере охлаждения в холодильнике из газа выделяется полиэтилен, который периодически выгружается из сепаратора. Затем газ направляется в следующую секцию, где процесс повторяется, но уже при более низкой температуре. Температура газа на выходе из каждой секции составляет: из первой 180 °С, из второй 90 °С, из последней 30...40 °С. Очищенный и охлажденный этилен поступает на всасывание компрессора реакционного давления.

Система охлаждения этилена низкого давления аналогична описанной выше, но с меньшим числом секций.

Для очистки холодильников применяют различные приемы. Так, делают параллельные секции, которые периодически отключают на пропаривание. Другой способ заключается в периодической смене последовательного подключения секций. Например, последняя по ходу газа секция подключается первой, поступающий в нее горячий газ расплавляет слой полиэтилена, отложившегося на стенках, и выносит его в сепаратор.

Низкомолекулярный полиэтилен, выделившийся из возвратного газа в сепараторах в расплавленном виде, периодически выводится в специальные емкости, обогреваемые паром, из которых выливается в специальную тару и направляется на утилизацию.

4.7 Дозирование модификаторов

Для регулирования молекулярной массы и структуры полиэтилена в этилен, поступающий на полимеризацию, вводят модификаторы – агенты передачи цепи. В качестве модификаторов чаще всего используют пропан, пропилен, изопропиловый спирт, а также другие вещества, имеющие подвижные атомы водорода и высокое значение константы передачи цепи.

Дозирование модификаторов обычно осуществляется (для газообразных веществ) в возвратный газ низкого давления перед сжатием его бустерным компрессором. Устройство дозирования аналогично устройству для дозирования кислорода. Поскольку, в отличие от инициатора кислорода, изменение концентрации модификатора не сказывается в такой степени на скорости реакции и свойствах получаемого полиэтилена, к точности их дозирования не предъявляются такие жесткие требования.

4.8 Описание реакторного узла

После компрессоров II-го каскада Б-152, Б-171 этилен с давлением (160-235) МПа и температурой до 90 °С тремя потоками поступает в реакторный блок. На каждом потоке, перед реактором, установлены быстродействующие гидравлические отсечные клапана:

НIE-Н-24001 - на 1 потоке,

НIE-Н-24025 - на 2 потоке,

НIE-Н-24048 - на 3 потоке,

которые закрываются автоматически при срабатывании аварийных программ «А-1»,

«А-2», «АР».

1-й поток - в Б-301 - подогреватель 1-й зоны,

2-й поток - в Б-303 - холодильник-подогреватель 2-ой зоны

3-й поток - в Б-304 - холодильник 3-й зоны.

Между вторым и третьим потоками имеется линия, предназначенная для работы по 2-х зонному или 3-х зонному процессу. При 2-х зонном процессе третий поток этилена через гидравлический клапан НIE-Н-24047 объединяется со вторым потоком. При 3-х зонном процессе клапан НI-Н-24047 закрывается и этилен тремя потоками поступает в реактор.

На каждом потоке имеются по два электромагнитных предохранительных клапана, защищающих систему от превышения давления свыше 260 МПа:

НАЕ-24004, НАЕ-24005 - 1-й поток,

НАЕ-24028, НАЕ-24029 - 2-й поток,

НАЕ-24051, НАЕ-24052 - 3-й поток.

Импульс на их срабатывание поступает от тензодатчиков поз.РАЕ-Di-24003, РАЕ-Di-24027, РАЕ-Di-24050.

При превышении давления этилена в одном из трех потоков перед аппаратами Б-301, Б-303, Б-304 более 242 МПа срабатывает аварийная программа «А-1».

Импульс на срабатывание поступает от тензодатчиков

поз.PIRCAE-Di-24002, PAE-Di-24003 (1-й поток),

поз.PIRCAE-Di-24026, PAE-Di-24027 (2-й поток),

поз.PIAE-Di-24049, PAE-Di-24050 (3-й поток).

Эвакуация газа осуществляется в атмосферу через сбросные трубопроводы быстродействующих гидравлических клапанов и электромагнитных клапанов из реактора.

После холодильника Б-304 имеется гидравлический отсечной клапан НИ-Н-24055.

Этилен в подогревателе Б-301 нагревается до температуры (155-210) °С горячей водой, выходящей после 1-й зоны реактора Б-302, и поддерживается на заданном уровне контуром автоматического регулирования TIRCAE-Di,Do-24007.

Подогреватель Б-301 представляет собой аппарат типа «труба в трубе» Давление этилена на входе в подогреватель от 160 до 235 МПа поддерживается контуром автоматического регулирования поз.PIRCAE-Di-24002 (PIRCAE-Di-24026), воздействующим на регулирующий клапан «Фишера». Клапан установлен после первого продуктового холодильника Б-307. Газ после Б-301 поступает в первую зону реактора Б-302.

На трубопроводе подачи этилена в 1-ю зону реактора установлен быстродействующий сбросной гидравлический клапан поз.НИЕ-Н-24008 (БК-1), который автоматически открывается при срабатывании аварийных программ «А-1», «А-2», «АР».

Первая зона реактора Б-302 представляет собой аппарат типа «труба в трубе». Между БК-1 и Б-302 расположен первый ввод инициатора. В рубашке реактора циркулирует горячая вода (контур цикла Р=5,0 МПа) с температурой от 190 до 220 °С и давлением до 5,0 МПа, поступающей со станции горячей воды.

Первая зона реактора Б-302 оснащена системой контроля температуры поз.T(IR)AE-Di-24009÷T(IR)AE-Di-24021, T(IR)AE-Di-24023, T(IR)AE-Di-24024, T(IR)AE-Di-24097÷ T(IR)AE-Di-24099, функции которой

обеспечивают срабатывание сигнализации при температуре 320 °С и аварийной программы «А-1» при достижении температуры внутри реактора значения 330 °С.

Процесс полимеризации в 1-й зоне реактора Б-302 протекает при температуре, не более 320 °С, и давлении (160-235) МПа. Из 1-й зоны реактора реакционная смесь поступает во 2-ю зону реактора Б-305.

Второй поток этилена проходит через холодильник-подогреватель 2-й зоны Б-303 и смешивается с реакционной смесью после реактора 1-ой зоны Б-302. Б-303 представляет собой теплообменник типа «труба в трубе».

Регулирование температуры этилена после Б-303 поддерживается контуром автоматического регулирования поз.ТI(R)САЕ-Di,Do-24033 подачей горячей воды или захлажденной воды в рубашку холодильника-подогревателя.

На трубопроводе после Б-303, перед точкой смешения двух потоков установлен сбросной быстродействующий гидравлический клапан НIЕ-Н-24032 (БК-2), который открывается при срабатывании аварийных программ «А-1», «А-2», «АР».

Общий поток этилена с реакционной массой поступает во вторую зону реактора Б-305.

Вторая зона реактора Б-305 представляет собой аппарат типа «труба в трубе». Между первой и второй секциями Б-305 расположен второй ввод инициатора. В рубашке реактора циркулирует горячая вода (контур цикла Р=5,0МПа) с температурой (190-220) °С и давлением до 5,0 МПа, поступающей со станции горячей воды.

Вторая зона реактора Б-305 оснащена по всей длине приборами замера температуры Т(IR)САЕ-Di-24034÷Т(IR)САЕ-Di-24045, которые вызывают срабатывание сигнализации при температуре 320°С и аварийной программы «А-1» при температуре 330 °С внутри реактора.

На выходе из Б-305 перед точкой смешения установлен сбросной быстродействующий гидравлический клапан НІЕ-Н-24046 (БК-3), который открывается при срабатывании - аварийных программ «А-1», «А-2», «АР»

Третий поток этилена проходит через холодильник 3-й зоны Б-304, охлаждаемый захолаженной водой и смешивается с реакционной массой после 2-й зоны реактора Б-305. Температура после Б-304 (160-240) °С поддерживается в точке смешения №2 на заданном уровне контуром автоматического регулирования ТI(R)САЕ-Di/Do-24056. Смесь этилена и реакционной массы после 2-й зоны реактора поступает в 3-ю зону Б-306.

Третья зона реактора представляет собой аппарат типа «труба в трубе». Между первой и второй секциями Б-306 расположен третий ввод инициатора. В рубашке реактора циркулирует горячая вода (контура цикла Р=5,0 МПа) с температурой (190-220) °С и давлением до 5,0 МПа, поступающей со станции горячей воды.

Реактор Б-306 по всей длине снабжен приборами для измерения температуры Т(ІR)АЕ-Di-24057÷Т(ІR)АЕ-Di-24072, которые вызывают срабатывание сигнализации при температуре 320 °С и аварийной программы «А-1» при температуре 330 °С внутри реактора.

Температура в зонах реактора Б-302, Б-305, Б-306 поддерживается не более 320 °С на заданном уровне.

При 3-х зонном процессе температура по зонам реактора регулируется подачей перекисных инициаторов насосами Б-329/1-4.

Реакционная смесь после 3-й зоны реактора Б-306 с температурой (260-310) °С поступает в 1-й продуктовый холодильник Б-307. На трубопроводе реакционной смеси установлен сбросной быстродействующий гидравлический клапан НІЕ-Н-24073 (БК-4), который открывается при срабатывании - аварийных программ «А-1», «А-2», «АР».

Холодильник Б-307 представляет собой аппарат типа «труба в трубе», в рубашку которого подается горячая вода с температурой (130-170) °С и давлением до 3,0 МПа. На трубопроводе после холодильника Б-307

установлен сбросной быстродействующий гидравлический клапан НІЕ-Н-24079 (БК-5), который открывается при срабатывании аварийных программ «А-1», «А-2», «АР».

По всей длине холодильник Б-307 снабжен приборами для измерения температуры Т(IR)АЕ-Di-24074÷Т(IR)АЕ-Di-24078, которые вызывают срабатывание сигнализации при температуре 310 °С и аварийной программы «А-1» при температуре 320 °С внутри продуктового холодильника.

После первого продуктового холодильника Б-307 реакционная смесь с температурой не более 310 °С через клапан «Фишера» поступает во 2-й продуктовый холодильник Б-308.

Второй продуктовый холодильник Б-308 представляет собой аппарат типа «труба в трубе», в рубашку которого подается горячая вода с температурой (130-170) °С и давлением до 3,0 МПа, поступающей со станции горячей воды.

Холодильник Б-308 снабжен приборами замера температуры Т(IR)АЕ-Di-24080÷Т(IR)АЕ-Di-24082, которые вызывают срабатывание сигнализации при температуре 310 °С и аварийной программы «А-1» при температуре 320 °С внутри продуктового холодильника и Т(IR)АЕ-Di-24083÷Т(IR)АЕ-Di-24089, которые вызывают срабатывание сигнализации при температуре 300 °С и аварийной программы «А-1» при температуре 310 °С внутри продуктового холодильника.. Из 2-го продуктового холодильника Б-308 реакционная смесь направляется в отделитель высокого давления Б-401.

Эвакуация этилена и реакционной смеси из реакторной системы Б-301 - Б-308 производится через быстродействующие клапана и сбросные трубопроводы в атмосферу. Для контроля проходимости сбросных трубопроводов в них постоянно подается азот давлением 0,6 МПа, редуцированный с помощью игольчатых вентилей до давления значением 0,002 МПа. При забивке и отсутствии проходимости азота или пропуске реакционной массы через БК (быстродействующий клапан) повышается давление в линии азота, и срабатывают сигнализаторы давления на ЦПУ

PIA-24130÷PIA-24134. Дополнительно к сигнализаторам давления на трубопроводах сброса с быстродействующих клапанов в атмосферу смонтированы термопары № поз. TIR26 ÷ TIR30, показывающие температуру газа и, следовательно, герметичность клапанов во время режима.

Для контроля за состоянием воздушной среды в реакторном блоке предусмотрены система ДВК поз. QAE-Di-24100 - QAE-Di-24109 - QAE-Di-24127, вызывающие срабатывание ПАЗ- аварийной программы «А-1» при загазованности 20 % НКПВ по этилену, в случае соблюдения условий схемы «два из трех». При этом происходит оповещение персонала срабатыванием светозвуковой сигнализации на ЦПУ корпуса 435.

Все случаи срабатывания систем ДВК регистрируются АСУ ТП.

ЧАСТЬ 2. Производственный контроль

2.1 Нормы расхода основных видов сырья, материалов и энергоресурсов.

Примечание: Объем газообразного сырья: АЗОТ, КИСЛОРОД, СЖАТЫЙ ВОЗДУХ КИП - приведен к следующим (нормальным) условиям:

- а) температура 20 °С;
- б) давление 760 мм рт.ст.;
- в) влажность равна 0

Таблица 25 – Нормы расходов основных видов сырья

Наименование сырья, материалов, энергоресурсов	Норма расхода (кг, м ³ на единицу готовой продукции или кг/ч, тонн в год)	
	По проекту	Примечание
Производство полиэтилена:		
Этилен ГОСТ 25070-87	1050 кг на 1 т продукции	
Пропилен ГОСТ 25043-87	-	
Кислород газообразный технический 2-й сорт, ГОСТ 5583-78	0,2 кг на 1 т продукции	
Инициаторы:		
Тригонокс-В, импорт	0,031 кг на 1 т продукции	
Тригонокс 21S, импорт	0,150 кг на 1 т продукции	
Растворители инициаторов: Масло белое FINAVESTAN A80B, импорт; или Белое масло минеральное Marcol 82, импорт; «Шелл Ондина 917», импорт	1,989 кг на 1 т продукции	
Масло «Shell Tellus 68», импорт	-	Полная замена масла согласно инструкции по эксплуатации и утвержденного графика ремонта насосов

Продолжение таблицы 25

Наименование сырья, материалов, энергоресурсов	Норма расхода (кг, м ³ на единицу готовой продукции или кг/ч, тонн в год)	
	По проекту	Примечание
ЭНЕРГОРЕСУРСЫ:		
Электроэнергия	1046 кВт·ч на 1 т продукции	* Нормы расхода энергоресурсов установлены для выпуска базовых марок полиэтилена при загрузке 2-х технологических линий на 100 %.
Пар	Для пара давлением 2,2 МПа - 0,47 Гкал на 1 т продукции	
Азот	Для азота давлением 0,6 МПа - $(0,015 \div 0,020) \cdot 10^3$ м ³ на 1 т продукции	
Сжатый воздух	Для воздуха КИП $(0,120 \div 0,175) \cdot 10^3$ м ³ на 1 т продукции	

2.2 Нормы образования отходов производства

(на одну тонну готового продукта)

Таблица 26 – Образование отходов производства

Наименование отходов, характеристика, состав, аппарат или стадия образования	Направление использования, метод очистки или уничтожения	Нормы образования отходов (кг, м ³ и др.) на единицу продукции (1 тонну)		
		По проекту	Достигнутые (на момент составления регламента)	Примечание
2	3	4	5	6
Полиэтилен низкомолекулярный с узла очистки возвратного газа низкого давления (поз. Б-509). НМПЭ-2 - полиэтилен низкомолекулярный с вязкостью расплава (10 ÷ 300)мПа·с НМПЭ-3 - полиэтилен низкомолекулярный с вязкостью расплава (301 ÷ 7000)мПа·с	Полиэтилен низкомолекулярный реализуется потребителям для дальнейшего использования в качестве составных частей композиций, применяемых в резинотехнической промышленности, в строительстве и других областях или вывозится на полигон токсичных отходов.	0,51 кг	0,200 кг	
Отработанные компрессорные масла (поз. Б-195)	Отправляются на регенерацию и могут быть использованы повторно в производстве	4,0 кг	4,0 кг	
Этилен на газоразделение (после сепаратора Б-508)	Направляется на Производство мономеров на газоразделение	57,3 кг	57,3 кг	
Утечки через неплотности оборудования	В атмосферу	2,8 кг	2,8 кг	

2.3 Аналитический контроль

Таблица 27 – Аналитический контроль производства

Наименование сырья, материалов, продукта и места его отбора	Контролируемый показатель	Нормы и технические показатели	Методы контроля	Кто контролирует
1	2	3	4	5
Тригнокс С (третбутилпероксибензоат), сертификат	Первичный входной контроль	-	Визуальный	Мастер установки ректификации ациклических углеводородов, компримирования и очистки возвратного этилена
Тригнокс В, сертификат	Первичный входной контроль	-	Визуальный	Мастер установки ректификации ациклических углеводородов, компримирования и очистки возвратного этилена
Тригнокс-21S, сертификат	Первичный входной контроль	-	Визуальный	Мастер установки ректификации ациклических углеводородов, компримирования и очистки возвратного этилена
Налко 1801(TRI-ACT), сертификат	Первичный входной контроль	-	Визуальный	Специалист УМТС
Этилен ГОСТ 25070-87 с изм.1. на выходе с производства мономеров	1. Объемная доля этилена, %	Не менее 99,9	ГОСТ 24975.1-89 п.6.5 или ASTM D 6159-97	По данным лаборатории производства мономеров
	2. Объемная доля пропилена, %	Не более 0,005	ГОСТ 24975.1-89 п.4.1 или ASTM D 6159-97	
	3. Объемная доля окиси углерода, %	Не более 0,0005	ГОСТ 24975.1-89 п.4.5	

Продолжение таблицы 27

Наименование сырья, материалов, продукта и места его отбора	Контролируемый показатель	Нормы и технические показатели		Методы контроля	Кто контролирует
1	2	3		4	5
Этилен ГОСТ 25070-87 с изм.1. на выходе с производства мономеров	4. Объемная доля двуокиси углерода, %	Не более 0,001		ГОСТ 24975.1-89 п.4.5	
	5. Объемная доля диеновых углеводородов, %	Не более 0,0005		ASTM D 6159-97	
	6. Массовая доля воды в продукте, поставляемом по трубопроводу, %	Не более 0,001		ГОСТ 24975.5-91 или автоматический влагомер типа ШОУ	По данным лаборатории производства мономеров
Пропилен ГОСТ 25043-87 с изм.1 на выходе с производства мономеров	1. Объемная доля пропилена, %	<u>В.с</u> Не менее 99,8	<u>1.с</u> Не менее 99,0	ГОСТ 24975.1-89 п.6.5 или МХКА 30-14-01-94	По данным лаборатории производства мономеров
	2. Объемная доля этилена, %	Не более 0,005	Не более 0,01	ГОСТ 24975.1-89 п.6.1 или МХКА 30-14-01-94	
	3. Объемная доля ацетилена и метилацетилена, %	Не более 0,001	Не более 0,005	ГОСТ 24975.1-89 п.6.2 или МХКА 30-14-01-94	По данным лаборатории производства мономеров
	4. Объемная доля углеводородов в С ₄ , %	Не более 0,002	Не более 0,05	МХКА 30-14-01-94	
	5. Объемная доля диеновых углеводородов (пропадиена и бутадиена), %	Не более 0,001	Не более 0,015	МХКА 30-14-01-94	
Кислород газообразный технический 2-й сорт ГОСТ 5583-78	1. Объемная доля кислорода, %	Не менее 99,5		ГОСТ 5583-78 с изм.1-4, п.3.2	Лаборант химического анализа

Продолжение таблицы 27

Наименование сырья, материалов, продукта и места его отбора	Контролируемый показатель	Нормы и технические показатели	Методы контроля	Кто контролирует
1	2	3	4	5
Кислород газообразный технический 2-й сорт ГОСТ 5583-78	2. Объемная доля водяных паров, %	Не более 0,009	ГОСТ 5583-78 с изм.1-4, п. 3.3 или автоматический влагомер типа ШОУ	То же
Деминерализованная вода на входе на УПЭ	1. Солесодержание, мкг/дм ³	Не нормируется (определение обязательно)	МХКА 30-14-02-29 с изм.2	По данным лаборатории производства мономеров
	2. Показатель рН	Не нормируется (определение обязательно)	МХКА 043-2008	По данным лаборатории производства мономеров
	3. Жесткость общая, мкг/дм ³	Не нормируется (определение обязательно)	МХКА 30-14-08-39	По данным лаборатории производства мономеров
	4. Кислород растворенный, мкг/дм ³	Не нормируется (определение обязательно)	МХКА 30-14-03-17	По данным лаборатории производства мономеров
	5. Железо общее, мкг/дм ³	Не нормируется (определение обязательно)	МХКА 30-14-08-33	По данным лаборатории производства мономеров

ЧАСТЬ 4. Экономические расчеты

4.1 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 1 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические разработки в области производства ПВД.

Таблица 28 – 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		
		B_{ϕ}	B_{k1}	B_{k2}	K_{ϕ}	K_{k1}	K_{k2}
Технические критерии обогащаемого материала							
1. Выход продукта	0,4	4	5	5	1,6	2,0	2,0
2. Энергоемкость процессов	0,3	5	4	4	1,5	1,2	1,2
Экономические критерии оценки эффективности							
3. Цена	0,1	5	2	3	0,5	0,2	0,3
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				4,1	4,4	4,5

4.2 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 2.

Таблица 29 – 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 исследованиях		
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 3,4,5 и 6.

Таблица 30 – 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 31 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

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

Таблица 32 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

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

Таблица 33 – 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 7.

Таблица 34 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>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)</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Большой срок поставок материалов, используемых при проведении научного исследования</p>
<p>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</p>	<p>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 ТВТг.Томск.</p>	<p>По причине большого срока поставок необходимых для исследований материалов возможно отставание от конкурентов с последующим падением спроса на продукцию</p>
<p>Угрозы: У1. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У2. Развитая конкуренция технологий производства</p>	<p>Ресурсоэффективность выбранной технологии, а также низкая по стоимости технология производства способны ослабить влияние этих угроз.</p>	<p>При задержках в сроках поставок используемых материалов и одновременном развитии конкуренции технологии производства полимера есть риски потери занятой ниши рынка.</p>

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1 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 8.

Таблица 35 – 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

4.3.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

В таблице 36 представлена морфологическая матрица для способов получения полиэтилена.

Таблица 36 – Морфологическая матрица для для способов получения полиэтилена

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

4.3.3 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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5},$$

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

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

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной

i – ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел. – дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

$t_{ожі}$ – 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 37.

Таблица 37 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работ	Трудоёмкость работ									Исполнители	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 целесообразности 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
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

№	Название работ	Трудоемкость работ									Исполнители	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							
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

4.4 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 11, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Данный график строится на основе таблицы 10.

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 38 – 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 полимера	Бакалавр	3,0								■	■	■					
Оценка эффективности производства	Бакалавр, консультант ЭЧ	4,0										■	■	■	■	■	■

4.5 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.

4.5.1 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 11.

Таблица 39 – 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-бутилперокси)циклогексан	кг	0	25	0	0	1600	0	0	40000	0
Итого:								60760	79240	78520

4.5.2 Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

В таблице 40 приведены затраты на оборудование.

Таблица 40 – Затраты на оборудование для научно-экспериментальных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	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

Продолжение таблицы 40 – Затраты на оборудование для научно-экспериментальных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Сумма амортизационных отчислений,руб.
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:

$$A_{\text{год}} = \frac{C_{\text{перв}}}{T_{\text{пи}}}, \quad (8)$$

где $C_{\text{перв}}$ – первоначальная стоимость, руб; $T_{\text{пи}}$ – время полезного использования, год.

Результаты расчетов приведены в таблице 12.

4.5.3 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:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

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

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}},$$

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

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

В таблице 41 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ.

Таблица 41 – 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:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;
 $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{мс}$);
 k_d – 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 42.

Таблица 42– Расчет основной заработной платы

Категория	$Z_{мс}$, руб.	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, 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 43.

Таблица 43 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{зн}$, 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

4.5.4 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:

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

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 44.

Таблица 44 – 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	

4.5.5 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:

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

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

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

4.5.6 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 45.

Таблица 45 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НИИ	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 НИИ	675125,41	696562,21	695727,00	Сумма ст. 1-6

Как видно из таблицы 45 основные затраты НИИ приходятся на закупку оборудования для создания действующего производства.

4.6 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 46 – 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 47 – 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, так как это повышает степень превращения этилена в полиэтилен, и выход конечного продукта.

