

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

Институт электронного образования

Направление подготовки: Химическая технология органических веществ

Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов

Дипломный проект

Тема работы
Проект производства полиэтилена высокого давления

УДК 678.742.23

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5601	Тибейкина А.А.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
инженер	Попов В.А.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Антоневич О.А.	к.б.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
зав. кафедрой	Юсубов М.С.	д.х.н., профессор		

Томск – 2016 г.

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

Институт электронного обучения

Специальность Химическая технология органических веществ

Кафедра Технологии органических веществ и полимерных материалов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись)

(Дата)

М.С.Юсубов
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5601	Тибейкина Анна Александровна

Тема работы:

Проект установки производства полиэтилена

Утверждена приказом директора (дата, номер)

28.01.2016 №410/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

06.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

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

В проекте предусмотрен комплекс мероприятий химического и технологического характера, приводящие к повышению конверсии этилена в реакторе полимеризации, увеличению мощности и эффективности производства.

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>	1. Теоретическая часть 2. Инженерные расчеты 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение 4. Социальная ответственность
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Технологическая схема 2. План размещения оборудования 3. Реактор полимеризации этилена. Вид общий 4. Реактор полимеризации этилена. Сборочные единицы 5. График точки безубыточности
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение	к.э.н., доцент Т.Г.Рыжакина
Социальная ответственность	к.б.н., О.А. Антонец

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер	Попов В.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5601	Тибейкина Анна Александровна		

РЕФЕРАТ

Дипломная работа содержит 143 страниц, 4 рисунка, 43 таблиц, 33 источников, 6 листов графического материала.

Объектом расчета является производство полиэтилена высокого давления установка полимеризации этилена

Целью работы — является расчёт установки по производству полиэтилена.

В проекте были так же рассмотрены следующие вопросы: теоретические основы процесса полимеризации этилена, описание технологической схемы установки производства полиэтилена высокого давления в трубчатом реакторе. Дана количественная и качественная характеристика исходного сырья, реагентов и конечной продукции. Произведены материальный, тепловой расчет, технологический, гидравлический и механический расчёт основного аппарата, подобрано вспомогательное оборудование. Рассмотрены вопросы автоматизации, описан контур регулирования работы трубчатых реакторов, а также подобраны контрольно-измерительные приборы для обеспечения нормального течения процесса. В разделе «социальная ответственность» дана характеристика установки производства полиэтилена высокого давления и обращающихся в ней веществ с точки зрения нанесения ущерба человеческому организму и окружающей среде. Разработаны мероприятия по ведению безопасного технологического процесса, способствующие снизить данный ущерб. В разделе финансовый менеджмент произведен расчет и сравнительный анализ себестоимости получаемого продукта.

ESSAY

Thesis contains 143 pages, 4 figures, 43 tables, 33 sources, 6 sheets of graphic material.

The object of the calculation is the production of high-pressure polyethylene plant for ethylene polymerization.

The purpose of work - is the calculation of the production of polyethylene plant.

The project was also discussed the following issues: the theoretical foundations of the process of polymerization of ethylene, the description of the technological scheme of installation of the production of high density polyethylene in a tubular reactor. A quantitative and qualitative characteristics of raw material, reagents and the final products. Produced material, thermal design, process, hydraulic and mechanical calculation of the main unit, matched accessories. Considers automation issues described control loop operation of tubular reactors, as well as the chosen instrumentation to ensure the normal flow of the process. In the "Social Responsibility" the characteristic of the installation of high pressure polyethylene and applying it matter in terms of damage to the human body and the environment. Developed measures for managing process safety, contributing to reduce the damage. In the financial management of a calculation and comparative analysis of the cost of the resulting product.

Оглавление

Оглавление	6
1 Теоретическая часть.....	8
1.1 Техничко-экономическое обоснование проекта	8
1.2 Характеристика продукта, исходного сырья, материалов и полупродуктов	10
1.3 Физико-химические основы процесса	14
1.3.1 Химизм процесса.....	14
1.3.2 Основные кинетические закономерности процесса полимеризации этилена.....	16
1.3.3 Термодинамика полимеризации	20
1.3.4 Влияние основных параметров на процесс полимеризации этилена .	20
1.4 Выбор и обоснование технологической схемы производства.....	23
3 Финансовый менеджмент.....	24
3.1 Анализ эффективности действующего производства	24
3.1.1 Расчет производственной мощности и производственной программы	24
3.2 Расчет годового фонда заработной платы персонала установки	26
3.3 Расчёт стоимости основных производственных фондов и амортизационных отчислений от них	31
3.4 Планирование себестоимости продукции	36
3.5 Построение точки безубыточности	37

Введение

Полиэтилен является одним из более востребованным полимером. Технология переработки полиэтилена сравнительно проста, он перерабатывается всеми способами переработки пластмасс. Производство полимеров и полимерной продукции является одной из самых динамично развивающихся, основное производство полиэтилена в РФ сосредоточено в Татарстане, Ставропольском крае и Сибири. Изделия из полиэтилена пользуются широким спросом: в быту, для упаковки, для технических нужд, в сельском хозяйстве и строительстве.

По исследованиям рынка полимеров, производство полиэтилена занимает первое место. Основную долю рынка полиэтилена (как конечного продукта), до 50%, занимают производители пищевой и промышленной упаковки. 35% рынка полиэтилен приходится на производство тары и упаковки. 32% от всего потребления идёт на изготовление различных видов полиэтиленовых пакетов.

Полиэтилен производится несколькими способами, но наиболее распространёнными являются.

Производство полиэтилена: высокого давления; среднего давления; низкого давления.

1 Теоретическая часть

1.1 Технико-экономическое обоснование проекта

Полиэтилен обладает высокой химической стойкостью, высокой механической прочностью, высокой теплостойкостью. Благодаря легкости изготовления довольно сложных конструкционных и крупных деталей он широко применяется для изготовления оборудования химических производств. Полиэтилен устойчив к действию большинства агрессивных сред: кислот, щелочей, масел, поэтому его применяют для футеровки аппаратуры, арматуры, трубопроводов, кранов и т.д.

При введении в полиэтилен различных добавок, в промышленности получают разные композиции, которые обладают более высокой механической прочностью, химической стойкостью, морозостойкостью, огнестойкостью, высокими физико-механическими и конструкционными показателями, что дает возможность использовать его в новых областях промышленности.

На сегодняшний день в мировой промышленности есть четыре основных метода производства полиэтилена: один при высоком давлении и три при низком.

Производство полиэтилена при высоком давлении осуществляется полимеризацией этилена в массе, по свободно-радикальному механизму в интервале давлений 150-350 МПа.

Производство полиэтилена при низком давлении осуществляется полимеризацией этилена по ионно-координационному механизму при давлении 2-4 МПа в суспензии, в растворе или в газовой фазе.

Сравним свойства ПЭВД, получаемого методом радикальной полимеризации и ПЭНД, получаемого всеми методами [2]:

Таблица 1 - Сравнительная характеристика ПЭВД и ПЭНД

Показатель	ПЭНД	ПЭВД
Плотность, кг/ м ³	910 – 965	910 – 935
Показатель текучести расплава, г/10 мин., при массе груза		
2,16 кг	-	0,2 – 30
5,0 кг	0,01 – 80	0,8 – 70
Среднемассовая молекулярная масса $M_w \cdot 10^{-3}$	5000 – 50	800 – 100
Полидисперсность M_w / M_n	3 – 20	10 – 30
Предел текучести при растяжении, МПа	35 – 10	15 – 9
Прочность при разрыве, МПа	45 – 15	16 – 9
Относительное удлинение при разрыве, %	1200 – 25	700 – 400
Ударная вязкость (образец с надрезом), кДж/ м ²	150 – 2	Прогибается без разрушения
Модуль упругости при изгибе, МПа	1200 – 100	260 – 80
Теплостойкость по Вика, °С	130 – 110	110 – 100
Стойкость к растрескиванию под напряжением, ч	Более 1000 – 0,1	Более 500 – 0,1
Содержание экстрагируемых веществ, %	Отсутствие	0,1 – 1,4
Содержание золы, %	0,006 – 0,035	Отсутствие

В производстве полиэтилена при низком давлении получают полимер с широким диапазоном плотности и с возможностью регулирования молекулярно-массового распределения. У молекулы ПЭНД по сравнению с молекулой ПЭВД, при одинаковых значениях плотности и показателя текучести расплава, большая прочность и жесткость, более высокий модуль упругости и ударную вязкость, особенно при низких температурах [2].

ПЭВД используют для изготовления толстостенных эластичных изделий. Кроме того, только по методу синтеза при высоком давлении можно получать в промышленности сополимеры этилена с полярными.

Одним из главных условий при создании высокоэкономичных производств ПЭВД является повышение конверсии этилена. Это позволяет

снизить энергозатраты на компримирование этилена. Максимальная конверсия, в трубчатых реакторах, составляет 28 – 32%, а в автоклавных примерно 20 %.

На основании существующих данных для проектирования выбираем метод производства полиэтилена при высоком давлении как наиболее широко применяемого, в реакторе трубчатого типа как более экономичном при эксплуатации.

1.2 Характеристика продукта, исходного сырья, материалов и полупродуктов

По характеристике применяемых продуктов производство полиэтилена в соответствии с законом ФЗ №116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» относится к опасным.

Исходным сырьем являются: газообразный этилен, пропилен, изопар, масла, концентрированные перекиси.

Готовая продукция – гранулированный полиэтилен – относится к твердым горючим материалам.

Установка полимеризации этилена выпускает полиэтиленовый гранулят-сырец, который затем направляется на установку производства и дополнительной переработки полиэтилена на основе технического углерода для окончательной обработки и формирования партий готовой продукции. Полиэтилен высокого давления - высокомолекулярный продукт, состоящий из макромолекул с различной длиной полимерной цепи и различным количеством длинноцепных и короткоцепных разветвлений [1].

Химическая формула Полиэтилена: $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$,

где: $n = 600-1700$ - средняя степень полимеризации или число этиленовых звеньев.

Средняя молекулярная масса 17000 - 48000.

Полиэтиленовый гранулят-сырец выпускается установкой полимеризации этилена в соответствии регламентом, выпуск полиэтилена по ГОСТ 16337-77 осуществляется на установке производства и дополнительной

переработки полиэтилена. Базовые марки полиэтилена и требования, предъявляемые, к ним приведены в таблице 2 [1]

Главными показателями, характеризующими полиэтилен, являются плотность, показатель текучести расплава, которые отражают молекулярную структуру и их вязкотекучие свойства.

Таблица 2 - Показатели качества выпускаемых марок полиэтилена высокого давления [1]

Наименование показателя	Норма для марки					
	15303-003			15803-020		
	Высший сорт	1-й сорт	2-й сорт	Высший сорт	1-й сорт	2-й сорт
1	2	3	4	5	6	7
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
2. Стойкость к растрескиванию, ч., не менее.	500	500	500	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется
3. 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)
4. Количество включений, шт., не более.	2	8	30	2	8	30
5. Технологическая проба на внешний вид пленки.	А или В	В	С	А или В	В	С
6. 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)
7. Относительное удлинение при разрыве, %, не менее.	600	600	600	600	600	600
8. 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
9. Разброс показателей текучести расплава в пределах партии, %, не более.	± 6	± 12	± 15	± 6	± 12	± 15

Полиэтилен

Ниже приводятся свойства ПЭВД, охватывающие весь диапазон выпускаемых в нашей стране и за рубежом в промышленном масштабе базовых марок. 15803-020 ГОСТ 15139-69, 15303-003 ГОСТ 16337-77.

Этилен

Основным промышленным методом получения этилена ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) в настоящее время является пиролиз нефтяных углеводородов. Пиролиз роводят в печах высокой теплонапряженности при температуре 830-950 °С и продолжительности пребывания сырья в печи от 0,5 до 0,01 с., в зависимости от конструкции печи и свойств сырья. Единичная мощность большинства действующих установок по производству этилена составляет 300-450 тыс. т/год.

В России этилен выпускается по ГОСТ 25070–81. Этилен высшего сорта, используемый в производстве полиэтилена, имеет следующий объемный состав, %

Таблица 3 – Объемный состав этилена [1]

Этилен, не менее	99,9
Пропилен, не более	0,005
Метан и этан, не более	0,10
Ацетилен, не более	0,001
Водород, не более	0,001
Диоксид углерода, не более	0,0005
Оксид углерода, не более	0,0005
Серосодержащие соединения (в пересчете на серу), мг/м ³ , не более	2,0
Вода (массовая доля), не более	0,001
Диеновые углеводороды (пропадиен и бутадиен), не более	0,0005
Кислород, не более	0,0002
Аммиак, не более	0,0001
Метанол, не более	0,001

Для полимеризации необходима высокая степень чистоты этилена. Так как примеси, влияют на процесс полимеризации и свойства получаемого полиэтилена (метан и этан вызывают увеличение текучести расплава, серосодержащие примеси тормозят реакцию полимеризации и могут вызвать изменение окраски полиэтилена; очень опасно содержание кислорода, которое может вызвать неуправляемую реакцию и т.д.).

Модификаторы

Модификаторами являются агенты передачи цепи. Передача цепи не влияет на скорость процесса, но оказывает большое влияние на молекулярные и структурные характеристики образующегося полиэтилена.

Пропилен

Пропилен $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ является модификатором свойств полиэтилена. В промышленности пропилен получают путем выделения его из газообразных продуктов каталитического или термического крекинга нефти, а также вместе с этиленом при пиролизе керосина, низкооктановых фракций бензина или природного газа. Ниже приведены свойства пропилена:

Таблица 4 – Объемный состав пропилена [1]

Пропилен, не менее	97
Этилен, не более	0,005
Ацетилен и метилацетилен не более	0,001
Углеводороды C_4 не более	0,002
Диеновые углеводороды не более	0,001
Кислород не более	0,001
Водород не более	0,001
Диоксид углерода не более	0,001
Оксид углерода	0,0005
Серосодержащие соединения (в пересчете на серу) не более, мг/м^3	5
Вода (массовая доля), не более	0,0015

Инициаторы

Инициаторами полимеризации этилена могут быть как молекулярный кислород, так и вещества, которые легко подвергаются гомолитическому распаду, с образованием свободных радикалов. К ним относятся соединения, содержащие лабильные связи O-O, N-N, C-N, из которых наибольшее распространение получили пероксиды.

Пероксиды: Тригонокс-21S, трет-бутилперокси-2-этилгексаноат.

Тригонокс-42S, трет-бутил-перокси-3,5,5-триметилгексаноат.

Тригонокс-B, ди-трет-бутилпероксид.

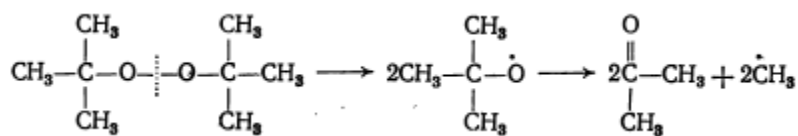
1.3 Физико-химические основы процесса

1.3.1 Химизм процесса

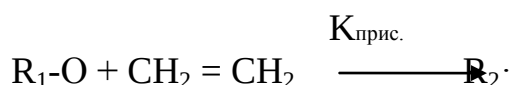
Полимеризация этилена при высоком давлении протекает по свободно-радикальному механизму и состоит из следующих стадий:

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

Органические соединения инициаторов, разлагаются при разных температурах, и образуют два радикала. Рассмотрен пример разложение ди-трет-бутилпероксида: [3]:



Свободный радикал $\text{R}_1-\text{O}\cdot$ присоединяет молекулу этилена и, тем самым, дает начало росту цепи молекулы полиэтилена [1]

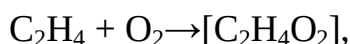


Перекисные инициаторы, в зависимости от строения молекул, периода полураспада, подаются с одинаковой скоростью при различных температурах.

Используемые в процессе получения полиэтилена пероксиды имеют одинаковый период полураспада - 1 минуту при разных температурах.

Полимеризация с использованием в качестве инициатора кислород: при иницировании кислородом процесс полимеризации также протекает по цепному свободно-радикальному механизму.

Образование радикалов:



где $[\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2]$ – промежуточное, неустойчивое, под воздействием температуры и давления соединение этилена с кислородом, которое способно распадаться подобно перекиси давая радикалы:



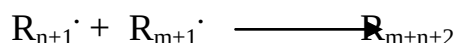
где $\text{R}\cdot$ - радикал, способный к реакции роста.

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

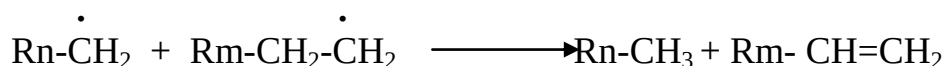


Обрыв цепи: происходит при взаимодействии растущих радикалов вследствие уничтожения активных групп рекомбинаций или диспропорционированием.

Рекомбинация:



Диспропорционирование:



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

1.3.2 Основные кинетические закономерности процесса полимеризации этилена

Полимеризация этилена при высоком давлении, подчиняется закономерностям реакции полимеризации винильных соединений, протекающей по свободно-радикальному механизму. Особенностью полимеризации этилена, при инициированной свободными радикалами, заключается в том, что полиэтилен с высоким молекулярным весом получается только при высоких концентрациях мономера. При малых концентрациях этилен присоединяется к свободным радикалам, образующийся полимер имеет невысокий молекулярный вес.

Инициатором полимеризации кислород служит. Скорость реакции зависит от количества кислорода в газе, но поскольку значительное влияние на нее оказывает также температура и давление, эта зависимость сложная. На рисунке 1,2 видно, что для каждого значения температуры и давления в системе соответствует содержанию кислорода в газе, при котором наблюдается максимальный выход полимера:

Таблица 8 - Зависимость содержания кислорода от температуры и давления

Температура, °С	Давление, атм.	Содержание кислорода, %
160	1000	0,023
160	1150	0,026
160	1350	0,021
170	1150	0,022

Выход полимера, %

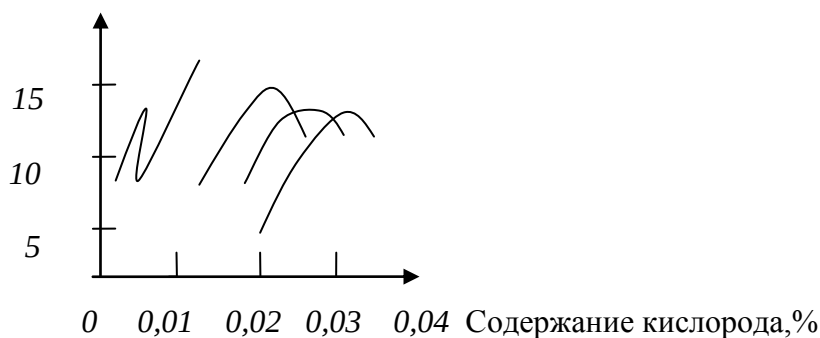


Рис.1 Влияние содержания кислорода в газе на выход полимера при давлении 1150 атм. и различных температурах реакции.

Выход полимера, %

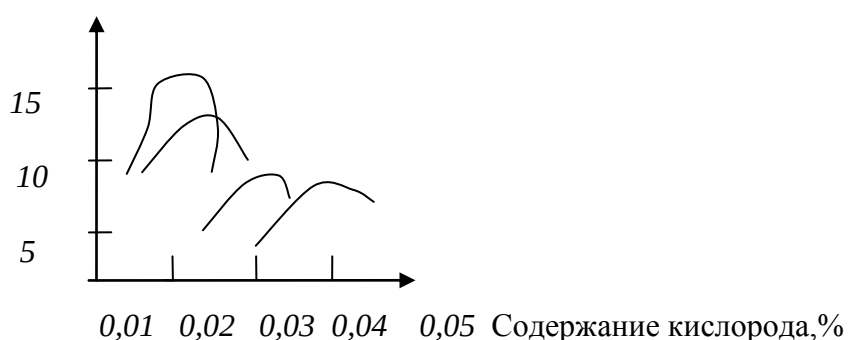


Рис.2 Влияние содержания кислорода в газе на выход полимера при температуре 160 °C и различных давлениях.

В случае слишком высокой концентрации кислорода этилен разлагается со взрывом на углерод, водород и метан. Так, при 2000 атм. и 165 °C разложение происходит уже при 0,075 % кислорода.

В общем, чем больше кислорода в газе, тем энергичнее протекает процесс, тем выше выход полимера (до определенного момента) и тем ниже его молекулярный вес.

В процессе полимеризации этилена существуют следующие кинетические зависимости..

Скорость разложения инициатора:

$$V_{\text{рас}} = k_{\text{рас}}[I]$$

где $k_{\text{рас}}$ - константа скорости распада инициатора;

$[I]$ - концентрация инициатора.

Так как при разложении одной молекулы инициатора возникают два радикала, их скорость образования равна $2 k_{\text{рас}}[I]$. Но не все образовавшиеся радикалы присоединяются к этилену по его двойным связям, так доля радикалов инициатора, выражает эффективность (f) инициатора, т.е.

$$f = \frac{V_{\text{ии}}}{V_{\text{пра}}}$$

Тогда скорость образования мономерных радикалов будет выражаться уравнением:

$$V_{\text{рас}} = 2fk_{\text{рас}}[I]$$

А скорость инициирования полимеризации уравнением

$$V_{\text{ин}} = k_{\text{ин}}[R\cdot][M]$$

где $k_{\text{ин}}$ – константа скорости реакции инициирования;

$[R\cdot]$ – концентрация радикалов;

$[M]$ – концентрация мономера.

Скорость роста цепи определяется по уравнению:

$$V_p = k_p[R\cdot][M]$$

где K_p – константа скорости роста цепи.

Скорость реакции передачи цепи определяется по уравнению:

$$V_{\text{п}} = k_{\text{п}}[R\cdot][HS]$$

где $[HS]$ – концентрация агента передачи цепи.

Суммарная скорость обрыва цепи определяется следующим уравнением:

$$V_o = (k_{\text{рек}} + k_{\text{дисп}}) \cdot [R\cdot]^2$$

В ходе реакции, скорость изменения концентрации радикалов снижается до нуля, так же скорость инициирования и скорость обрыва цепи равны между собой. Следовательно, уравнение скорости полимеризации:

$$V_{\text{пол}} = k_p \left(\frac{f \cdot k_{\text{ддн}}}{k_t} \right)^{1/2} [I]^{1/2} [M]$$

Длину кинетической цепи можно выразить уравнением:

$$V = \frac{k_p^2}{2 \cdot k_o} \cdot \frac{[M]^2}{V_p}$$

Среднечисловая степень полимеризации выражается уравнением:

$$P = \frac{V_p}{V_{o.p.} + V_{o.d.} + V_n}$$

где $V_{o.p.}$ - скорость реакции обрыва цепи рекомбинацией;

$V_{o.d.}$ - скорость реакции обрыва цепи диспропорционированием.

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

Изменение концентрации мономера или превращение этилена за один проход α определяется уравнением:

$$\alpha = k [I_p]^n P^m \frac{1}{V}$$

где k – эффективная константа скорости полимеризации, которая зависит от температуры

$$k = k_0 e^{-\frac{E}{RT}}$$

P – давление, V – объемная скорость, E – энергия активация, R – универсальная газовая постоянная, T – температура.

Концентрация инициатора в реакторе может быть вычислена на основании материального баланса по инициатору по уравнению:

$$I_p = \frac{Q}{Q + k_g V} I_0$$

где Q – количество подаваемого газа, м³/ч; I_p – концентрация инициатора в реакторе, моль/л; I_0 – концентрация инициатора во входящем потоке (начальная), моль/л; V – объем реактора; t – время, ч.

Общая энергия активация реакции скорости полимеризации выражается уравнением:

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

Энергия активации распада для многих перекисей составляет 125 кДж/моль, энергия активации роста - 25 кДж/моль, энергия активации обрыва - 8 кДж/моль. В этом случае общая энергия активации реакции полимеризации этилена будет равна: $E_{\text{общ}} = 125/2 + 25 - 8/2 = 83,5$ кДж/моль.

1.3.3 Термодинамика полимеризации

Главными термодинамическими данными хим взаимодействия представлены модификация энергии Гиббса:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S,$$

где T - абсолютная температура процесса; ΔS - изменение энтропии.

Согласно сведениям уравнениям возможно установить требование, присутствие каковых допустимо течение взаимодействия и стойкое наличие товаров взаимодействия. С целью действий аддитивной полимеризации ΔG и ΔS , равно как принцип, негативны, так как, в убеждении, полимер имеет наименьшую энтропию, чем подходящий мономер, а полимеризация разрушает двойную связь, с образованием одинарной. Из уравнения видно, что в случае, когда $\Delta G < 0$ и $\Delta S < 0$, существует такая температура, при которой $\Delta G = 0$. Выше этой температуры, называемой предельной и равной

$$T_{\text{пр}} = \Delta G / \Delta S$$

значение ΔG становится положительным, полимеризация не происходит, а полимер является термодинамически неустойчивым [2].

1.3.4 Влияние основных параметров на процесс полимеризации этилена

Получение полиэтилена при высоком давлении имеет следующие особенности:

Давление реакции достигает 100 – 350 МПа и температуру 150-300 °С;

Большое выделение тепла в зоне реакции, при высокой скорости полимеризации (тепловой эффект 3,55 кДж/кг);

При определенных условиях в реакторе может происходить разделение двух фаз – этилена и полиэтилена;

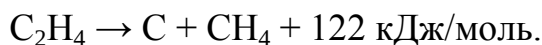
Отвод тепла из зоны реакции необходим, так как в реакторе быстро повышается температура и происходит разложение этилена, при котором образуются: метан, водород, сажа

Влияние давления.

С увеличением давления, этилена так же возрастает концентрация, при большом давлении, плотность этилена достигает 400-500 кг/м³. Концентрацию этилена необходимо определять с учетом плотности, при соответствующем давлении и температуре. Так же при увеличении давления уменьшаются скорость реакции передачи цепи. При повышении давления образуется полиэтилен большей плотности, также увеличивается молекулярная масса. Давление влияет на структуру полимера так как, с его увеличением уменьшается разветвленность, а так же уменьшается количество непредельных групп.

Влияние температуры.

Повышение температуры приводит к увеличению скорости распада инициатора. Так как реакция полимеризации этилена экзотермична, процесс выйти из-под контроля, повышение температуры может превысить критическое значение, тогда может произойти термическое разложение:



Скорость полимеризации увеличивается с повышением температуры реакции, но скорость роста цепи увеличивается медленнее, чем скорость передачи цепи. С повышением температуры молекулярная масса и плотность полимера уменьшается.

Температура в реакторе регулируются подаваемым количеством инициатора в реакционную зону и давлением этилена.

Влияние фазового состояния реакционной системы

Этилен и полиэтилен в процессе полимеризации в зависимости от параметров реакции, могут составлять одну или две фазы.

Кинетика полимеризации меняется при расслоении реакционной смеси, т.к. при наличии двух фаз концентрации мономера, инициатора, регулятора и полимера в обеих фазах будут зависеть от взаимной растворимости. Кроме того, расслоение может привести к отложению полимера на стенках реактора, что ухудшает теплопередачу через стенки реактора, нарушает нормальное протекание процесса и может вызвать взрывоподобное разложение этилена.

В гомофазной системе образуются молекулы с небольшим числом коротких боковых ветвей.

В гетерофазной системе образуется большее число молекул с длинными боковыми ответвлениями; также образование и частично сшитого полимера большей молекулярной массы.

Влияние инициатора

Инициатор должен хорошо растворяться в растворителях, быть стабильным при хранении и безопасным при работе. Инициаторы делятся на три группы: низкотемпературные (140 - 180 °C), среднетемпературные (180 - 260 °C) и высокотемпературные (200 - 280 °C).

Для реакции нужно малое количество инициатора, в реактор его подают, предварительно растворенным в нейтральном растворителе. Растворителем инициатора могут быть очищенный керосин, нефтяное масло или другие инертные углеводороды.

Расход инициатора зависит от давления в зоне реакции, скорости подачи этилена и скорости перемешивания (в случае реактора с мешалкой).

Влияние агентов передачи цепи

Получение полиэтилена с заданными свойствами, моно получать варьируя условия процесса. Для этого не обходимо применять специальные агенты передачи цепи, которые определенным образом влияют на структуру и молекулярную массу полимера.

1.4 Выбор и обоснование технологической схемы производства

На сегодняшний день, выпуск ПЭВД осуществляют в основном в трубчатых реакторах. Современные промышленные трубчатые реакторы полимеризаторы - это последовательно соединенные теплообменники типа «труба в трубе». Диаметр трубок реактора переменный от 34 до 75 мм. Длина реакционной зоны может варьироваться от 360 до 1600 м. Для поддержания температурного режима в реакторе и обеспечения эффективного теплосъема проводится дополнительный ввод этилена и инициатора в различные зоны по длине реактора.

В реакторе с одной зоной реакции, при максимальной температуре реакции 300 °С, конверсия за один проход составляет 16%. В двухзонном реакторе при этой температуре конверсия увеличивается до 21÷24 %, а в реакторе с тремя зонами, при двух боковых вводах степень превращения увеличится до 26÷30 %, четырехзонный аппарат по сравнению с трехзонным увеличивается незначительно, потому практически не используется.

Трубчатые реакторы являются реакторами «идеального вытеснения», так как в них реакционная масса движется в одном направлении. Единичная мощность полимеризационных агрегатов трубчатого типа достигла в настоящее время 125000 т/год и продолжает увеличиваться.

3 Финансовый менеджмент

3.1 Анализ эффективности действующего производства

Целью экономического расчёта является определение расходов на производство полиэтилена с учетом увеличения мощности, рассчитать себестоимость 115 тыс тонн полиэтилена и сравнить её с себестоимостью 125 тыс. тонн полиэтилена.

3.1.1 Расчет производственной мощности и производственной программы.

Производственная мощность – это максимально возможный выпуск продукции в определенной номенклатуре и ассортименте при наиболее полном использовании в течение года оборудования и производственных площадей, применении прогрессивных технических норм производительности оборудования и удельных норм расхода сырья и материалов. Под производственной мощностью оборудования следует понимать его максимальную способность выпускать продукцию за определенный календарный период времени при наилучших организационно-технических условиях. Производственная мощность выражается количеством выпускаемой продукции и измеряется в натуральных единицах.

Все аппараты цехов химических предприятий делятся на несколько групп:

1. основное оборудование;
2. вспомогательное оборудование;
3. аппараты, выполняющие подготовительные функции.

Поскольку производственный процесс является непрерывным, на предприятии планируется общая остановка на капитальный ремонт.

Расчет производственной мощности осуществляется по формуле:

$$M = P_{\text{час}} \cdot T_{\text{эфф}} \cdot n,$$

где $P_{\text{час}}$ – часовая производительность ведущего оборудования, кг/час;

$P_{\text{час}}=16276,04$ кг/ч из данных материального баланса;

n - количество однотипного оборудования, $n=1$.

$T_{эфф}$ – эффективное время работы оборудования за год, час;

Эффективный фонд времени оборудования:

$$T_{эфф} = T_{ном} - T_{ППР},$$

где $T_{ном}$ – номинальный фонд работы оборудования;

$$T_{ном} = 8760 \text{ часов}$$

$$T_{эфф} = 8760 - 1080 = 7680 \text{ часов}$$

$$M = P_{час} \cdot T_{эфф} \cdot n = 16276,04 \cdot 7680 \cdot 1 = 125000 \text{ т / г.}$$

Чтобы проанализировать использование оборудования необходимо рассчитать экстенсивный и интенсивный коэффициенты.

Коэффициент экстенсивного использования оборудования будет равен:

$$K_{экс} = T_{эфф} / T_{н}.$$

$$K_{экс} = 7680 / 5280 = 0,83$$

Коэффициент интенсивного использования оборудования равен

$$K_{инт} = Q_{пп} / Q_{мах},$$

$$K_{инт} = 0,92 / 1 = 0,92$$

где $Q_{пп}$ – производительность единицы оборудования в единицу времени;

$Q_{мах}$ – максимальная производительность в единицу времени.

Интегральный коэффициент использования мощности:

$$K_{им} = K_{экс} \cdot K_{инт},$$

$$K_{им} = 0,83 \cdot 0,92 = 0,75$$

Для определения фактического выпуска продукции рассчитывается производственная программа ($N_{год}$):

$$N_{год} = K_{им} \cdot M,$$

$$N_{год} = 0,75 \cdot 125000 = 93750 \text{ т/год}$$

Таблица 22 - Производственная программа выпуска продукции.

Наименование Показателя	Величина показателя по годам	
	2014	2015
1. Этапы загрузки мощности, %	92%	100%
2. Объем производства, тыс. т/год	115	125

3. Цена за единицу продукции, руб./т	37640,00	37640,00
4. Объем продаж, тыс.руб.	4328600	4705000

3.2 Расчет годового фонда заработной платы персонала установки

На предприятиях химической промышленности в зависимости от условий труда и степени вредности производства длительность рабочего дня составляет 12 часов. Поэтому возникает потребность в организации постоянной работы. Для этого на заводе организована 2-х сменная работа и составляется график сменности, т.к. работает 4 бригады (А, Б, В, Г) с дополнительными днями отдыха.

Таблица 23 - График сменности рабочих

Смена	Время	Дни выходов																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	8-20	Б	Б	А	А	Г	Г	В	В	Б	Б	А	А	Г	Г	В	В	Б	Б	А
2	20-8	Г	В	В	Б	Б	А	А	Г	Г	В	В	Б	Б	А	А	Г	Г	В	В
Отсыпной			Г		В		Б		А		Г		В		Б		А		Г	
Выходной		В		Г		В		Г		В		Г		В		Г		В		Г
		А	А	Б	Г	А	В	Б	Б	А	А	Б	Г	А	В	Б	Б	А	А	Б

Из графика сменности можно рассчитать величину сменооборота:

$$T_{см-о} = a \cdot b,$$

где $T_{см-о}$ - длительность сменооборота;

a - количество бригад;

b - количество дней, в течение которых бригада работает одну смену.

$$T_{см-о} = 4 \cdot 2 = 8 \text{ дней}$$

Сменооборот позволяет нам определить количество выходных дней:

$$T_{вых} = \frac{T_{кал}}{T_{см-о}} \cdot n,$$

где $T_{вых}$ - количество выходных за год;

$T_{кал}$ - время календарное;

n - количество выходных за один сменоборот.

$$T_{вых} = \frac{365}{8} \cdot 2 = 91 \text{ день}$$

Зная количество выходных за год, можно определить эффективное время работы за год:

$$T_{эфф} = T_{кал} - T_{вых} - T_{отп} - T_{нев},$$

где $T_{эфф}$ - эффективное время рабочего;

$T_{нев}$ - количество невыходов.

$$T_{эфф} = 365 - 91 - 31 - 10 = 233 \text{ дня}$$

Рассчитаем количество эффективного времени в часах:

$$T_{эфф} = 233 \cdot 12 = 2796 \text{ часов}$$

Количество производственного персонала, работающего посменно:

$$- \text{явочная численность: } H_{яв} = H_{штат} \cdot S,$$

где $H_{штат} = 4$ человек - штатное количество человек, работающих в смену;

$S=2$ - число смен в сутки.

Тогда явочная численность равна: $H_{яв} = 2 \cdot 4 = 8 \text{ человек.}$

- списочная численность:

$$H_{спис} = \frac{H_{яв} \cdot T_{эфф.обор.}}{T_{эфф.раб.} \cdot S},$$

где $T_{эфф.обор.}$ - эффективный фонд рабочего времени оборудования, час ;

$T_{эфф.раб.}$ - эффективный фонд работы одного среднесписочного рабочего, час .

Тогда списочная численность равна:

$$H = \frac{1150 \cdot 8}{2796 \cdot 2} = 22,9 = 23 \text{ человека}$$

Структура промышленного производственного персонала установки по производству полиэтилена.

Таблица 24 – Рабочий состав

№ п/п	Группы ППП	Количество человек
1	ИТР	3
2	Основные рабочие: операторы	16
3	Вспомогательные рабочие: слесари ремонтники;	2
4	МОП	2
	Итого по установке	23

Тарифная заработная плата включает в себя:

$$ЗП_{тар} = T_{ст} \cdot T_{эфф},$$

где $T_{ст}$ - тарифная ставка данной категории рабочих;

$T_{эфф}$ - эффективное годовое время одного среднесписочного работника.

Тарифный коэффициент рабочих цеха представлен в таблице 23

Таблица 25 - Часовая тарифная ставка рабочих

Категории рабочих	Часовая тарифная ставка, руб.	
	5 разряд	6 разряд
1. Оператор технологической установки	40	45
2. Слесарь ремонтник	-	45

Премииальные рассчитывается по формуле:

$$Д_{прем} = 0,3 \cdot З_{тар}$$

Доплата за работу в ночное время определяется по формуле:

$$Д_{н.вр} = 0,4 \cdot T_{ст} \cdot t_{н.вр},$$

где $t_{н.вр}$ - время ночной работы, которое для каждого рабочего в год составляет 1092 часа .

Доплата за работу в праздничные дни определяется по формуле:

$$Д_{пр} = T_{пр} \cdot T_{ст} \cdot H_{яв},$$

где $T_{пр}$ - количество часов, отработанных в праздник;

$H_{яв}$ - явочная численность рабочих.

Доплата из фонда мастера рассчитывается по формуле:

$$D_{\text{фм}} = 0,03 \cdot Z_{\text{тар}}.$$

Доплату за бригадирство определяется по формуле:

$$D_{\text{бр}} = 0,15 \cdot ZП_{\text{тар}},$$

Заработную плату рабочих за год определяется по формуле:

$$\Phi ZП_{\text{год}} = (ZП_{\text{осн}} + ZП_{\text{доп}}) \cdot K_p,$$

где $ZП_{\text{осн}}$ - плата за труд;

$ZП_{\text{доп}}$ - дополнительная плата за нерабочее время;

K_p - районный коэффициент (для Томска он равен 1,3).

$$ZП_{\text{осн}} = ZП_{\text{тар}} + D_{\text{прем}} + D_{\text{н.вр.}} + D_{\text{праз}} + D_{\text{бр}};$$

$$ZП_{\text{доп}} = (t_{\text{отп}} + t_{\text{зос.об}} + t_{\text{уч}}) \cdot ZП_{\text{осн}} / T_{\text{эфф}},$$

где $ZП_{\text{тар}}$ - зарплата по тарифу;

$D_{\text{прем}}$ - доплата премиальная;

$D_{\text{н.вр.}}$ - доплата за ночное время;

$D_{\text{праз}}$ - доплата за работу в праздничные дни;

$D_{\text{бр}}$ - доплата за бригадирство.

Начисления на зарплату за год определяется по формуле:

$$H_{\text{зач.}} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) / 100 \cdot 30$$

Таблица 26 - Заработная плата рабочих на установке

Категории рабочих	Количество человек	ЗП тар	Д прем	Д н.вр	Д празд	Д фм	Д бр	ЗП осн	ЗП доп	ЗП год	ЗП с учетом районного коэффициента	ЗП с учетом численности	Начисления на зарплату
Основные рабочие:													
1. Оператор технологической установки:													
- 5-го разряда	12	111840	33552	17472	42240	3355,2	_	208459	36681,6	245140,8	318683	3824196	63736,6
- 6-го разряда	4	125820	37746	19656	47520	3774,6	_	234516	41266,9	275783,5	358518,5	1434074	71703,7
Сумма:												5258270	135440,3
Вспомогательные рабочие:													
2. Слесарь ремонтник 6-го разряда	2	125820	37746	19656	47520	3774,6	_	234516	41266,9	275783,5	358518,5	551567	71703,7
Сумма:												551567	71703,7
Итого:	18	363480	109044	54784	137280	10904,4	_	677582	119215	796707,8	1035720	5809837	207144

Расчет заработной платы ИТР

Примем, ИТР в количестве 3 человек работают только в день.

Расчет ЗП ИТР(оклад 10000 руб/мес), проводим аналогично расчету ЗП рабочих, принимая для них тот же график работы и такое же эффективное время работы. Результаты расчета заработной платы ИТР приведены в таблице:

Таблица 27 - Заработная плата ИТР

Количество человек	ЗПтар	Д прем	Д н.вр	Д празд	ЗП осн	ЗП доп	ЗП год	ЗП с учетом районного коэффициента	ЗП с учетом численности
3	165168	46553,4	—	21978	233700	41123	274823	357270	1071809,7

Расчет заработной платы МОП

Расчет ЗП МОП (оклад 5500 руб/мес) производим по тем же формулам, что использовались при расчете ЗП основных рабочих. Результаты расчета приведены в таблице:

Таблица 28 - Заработная плата МОП

Количество человек	ЗПтар	Д прем	Д н.вр	Д празд	ЗП осн	ЗП доп	ЗП год	ЗП с учетом районного коэффициента	ЗП с учетом численности	Отчисления на социальные нужды
2	85278	25583,4	—	8052	118913,4	20924,7	139838,1	181789,5	363579	36357,9

Полученные расчеты представим в таблице 28

Таблица 29 - Потребность в заработной плате.

Основные рабочие	Вспомогательные рабочие	ИТР	МОП	Сумма
5258270	717037	1071809,7	363579	7410695,7

3.3 Расчёт стоимости основных производственных фондов и амортизационных отчислений от них

Производственные фонды представляют собой совокупность средств труда, необходимых для осуществления непрерывного процесса производства.

Производственные фонды обслуживают производство в течение длительного времени, они участвуют в процессе производства продукции и переносят стоимость на готовый продукт по частям, по мере своего износа и не меняют своей натуральной формы.

Оборотные фонды в химической промышленности составляют 20-25% от основных фондов.

Таблица 30 - Стоимость основных фондов.

Наименование	Стоимость, руб.	Норма амортизации, %
Здания	700 000 000	5
Машины и оборудование	250 000 000	15
Приборы КИП и А, лабораторное оборудование	376 500 000	10,3
Инвентарь и инструменты	15 000 000	1,6
Итого	1 241 500 000	

Амортизационные отчисления от зданий:

$$A_{год} = 700000000 * 5 / 100 = 35000000$$

От машин и оборудования:

$$A_{год} = 250000000 * 15 / 100 = 37500000$$

От приборов КИП и А и лабораторий:

$$A_{год} = 376500000 * 10,3 / 100 = 38779500$$

От инвентаря и инструментов:

$$A_{год} = 15000000 * 1,6 / 100 = 240000$$

Итого: $A_{год} = 152065000$ руб.

Основные фонды представляют собой средства труда, которые многократно используются и не меняют натурально-вещественную форму. Основные фонды делятся на производственные (здания, сооружения, рабочие машины) и непроизводственные (жилые дома, больницы, детские сады).

1. Величина капитальных затрат на строительство здания может быть определена укрупнено:

$$C_{зд} = C_{1м^3} \cdot V_{зд},$$

где $C_{1м^3}$ - стоимость одного м³ производственного здания, руб/м³; $V_{зд}$ - объем здания, м³.

$$C_{зд} = 2250 \cdot 10000 = 22500000 \text{ руб.}$$

2. Величина капитальных затрат на приобретение и монтаж оборудования может быть рассчитана, исходя из стоимости материалов на изготовление оборудования плюс дополнительные затраты на приобретение и монтаж оборудования.

Рабочие машины и оборудование:

По данным Интернета находим стоимость трубчатого реактора, теплообменников и насосов записываем в таблицу

Таблица 31 – Цена оборудования

наименование основных фондов	кол-во	стоимость, руб, $C_{т.п.}$	Стоимость с учетом количества, руб.
Реактор трубчатый	2	9 000 000.	18 000 000
Теплообменники	10	250 000.	2 500 000
Насос	9	40 000.	360 000
Емкость	5	150 000	750 000
Сепаратор	8	450000	3 600 000
Итого:	34		25 210 000

Таблица 32 Расходы на наладку и монтаж оборудования

Наименование нормативов	% от стоимости материалов оборудования	Сумма, руб.
1.На устройство фундаментов	10	2 521 000
2.На технологические трубопроводы	20	5 042 000
3.На антикоррозионные работы	5	1 250 500
4.На кабельные разводки	5	1 250 500
5.На КИПиА	10	2 521 000
6.На монтаж оборудования	22	5 546 200
8.На вспомогательное оборудование	5	1 250 500
Итого:		13 139 620

Расчет необходимой массы исходного сырья, материалов и энергии.

$$C_{\text{ед.с.}} = C_{\text{ед.}} \cdot H_p,$$

где: $C_{\text{ед.с.}}$ - стоимость сырья на единицу продукта, руб/т.

$C_{\text{ед.}}$ - цена за единицу сырья, руб.

Цена за единицу сырья взяты по данным предприятий «Томскводоканал» и «Томскэнерго».

H_p - норма расхода сырья взята из данных ООО «Томскнефтехим»

$$H_{\text{с.вып}} = H_p \cdot M_{\Gamma},$$

где: $H_{\text{с.вып}}$ - количество сырья на весь выпуск.

M_{Γ} - годовая мощность выпуска продукта, 10000 тонн в год

$$C_{\text{с.вып}} = H_{\text{с.вып}} \cdot C_{\text{ед.с.}}$$

где: $C_{\text{с.вып}}$ - стоимость сырья на весь выпуск, тыс. руб.

Расчет необходимой массы исходного сырья, материалов и энергии на год.

Таблица 33 - Потребность в оборотных средствах

Наименование сырья, материалов и энергии.	Цена за единицу сырья, руб.	Норма расхода сырья, ед. /т.	Стоимость сырья на единицу продукта, руб./т.	Количество сырья на весь выпуск,		Стоимость сырья на весь выпуск, тыс. руб.	
				115	125	115	125
Этилен, т	11819,5	1,05	12410,47	120,75	131,25	1427204,05	1551309,38
Пропилен, т	15179,5	0,095	1442,05	10,925	9,5	165835,75	180256,56
Вспомогательное сырье	1069698,3	0,00249	2663,47	0,28635	0,249	306299,05	332943,60
Вода деминерализованная, т*м³.	16642	0,42	6989,64	48,3	42	803808,6	873705,00
Электроэнергия, кВт* ч.	1092,1	0.91	993,8	104,65	91	114287	124226,38
Пар, Гкал.	238,62	0.389	92,58	44,735	38,9	10646,7	11602,90
Вода оборотная, т*м	577,1	0,48	277,008	55,2	48	31855,92	34626,00
Итого:						960627,45	1044160,2725

3.4 Планирование себестоимости продукции

Калькуляция себестоимости 1 тонны продукции

$N_{2014} = 115$ тыс.т/год, $N_{2015} = 125$ тыс.т/год

Таблица 34 - Калькуляция себестоимости

Наименование затрат	115000		125000	
	Сумма на 1 т, тыс. руб.	Сумма затрат на объем производства , тыс. руб	Сумма на 1 т, тыс. руб.	Сумма затрат на объем производства , тыс. руб
Прямые переменные затраты				
1. Сырье и материалы	16,516076	1899348,7707 1	16,516076	2064509,533
2. Электроэнергия на технологические цели	8,353282	960627,4507	8,353282	1044160,273
Итого переменные затраты:	24,869358	2859976,221	24,869358	3108669,806
Постоянные затраты				
Заработная плата				
1.1 Заработная плата основных работающих	0,051698687	5945	0,04756279	5945
1.2 Отчисления на социальные нужды основных рабочих	0,015664696	1801,44	0,01441152	1801,44
Общепроизводственные расходы				
Заработная плата ИТР, МОП	0,013419139	1543,201	0,012345608	1543,201
Отчисления на социальные нужды ИТР, МОП	0,004066	467,59	0,00374072	467,59
амортизация	0,969734783	111519,5	0,892156	111519,5
ремонт	0,114257565	13139,62	0,10511696	13139,62
цеховая себестоимость	1,168841	134416,700	1,0753336	134416,700

общезаводские расходы	0,058442043	6720,835	0,05376668	6720,835
коммерческие расходы	0,00058442	67,20835	0,000537667	67,20835
Итого постоянные затраты:	2,396708203	275621,4434	2,204971547	275621,4434
Полная себестоимость:	27,266	3135598	27,074	3384291

Расчет цены

Цену 1 тонны продукта рассчитываем по формуле:

$C = C \cdot (1 + P/100)$; где P – рентабельность 20 %; C – себестоимость;

$C_{115} = 27,266 \cdot (1 + 20/100) = 32,719$ руб.

$C_{125} = 27,074 \cdot (1 + 20/100) = 32,489$ руб.

Выручку от продажи на 125 тыс. тонн продукта рассчитываем по формуле:

$C_{\text{год}} = C \cdot Q$; где

$Q_{2014} = 115$ тыс.т. (объем продаж).

$Q_{2015} = 125$ тыс.т. (объем продаж).

$V_{\text{реал.2014}} = 32,719 \cdot 115000 = 3762717,198$ тыс. руб.

$V_{\text{реал.2015}} = 32,489 \cdot 125000 = 4061149,499$ тыс. руб.

3.5 Построение точки безубыточности

Точка безубыточности - минимальный объем продаж, начиная с которого предприятие не несет убытков.

2014 год

$U_{\text{пост}} = 2,396708203$ тыс.руб.

$U_{\text{перем.}} = 24,869358$ тыс.руб.

$Q = 115$ тыс.т. (объем продаж).

$U_{\text{пост}} \cdot Q = 2,396708203 \cdot 115 = 275621,443$ тыс.руб.

$U_{\text{перем.}} \cdot Q = 24,869358 \cdot 115 = 2859976,221$ тыс.руб.

$$U = U_{\text{пост}} + U_{\text{перем.}} = 275621,443 + 2859976,221 = 3135597,665 \text{ тыс.руб.}$$

$$Q_{\text{кр}} = U_{\text{пост}} / \Pi_{\text{1т}} - U_{\text{перем.1т.}}$$

$$Q_{\text{кр}} = 275621,443 / (32,719 - 24,869358) = 35,1 \text{ тыс.т}$$

2015 год

$$U_{\text{пост}} = 2,20497155 \text{ тыс. руб.}$$

$$U_{\text{перем.}} = 24,869358 \text{ тыс. руб.}$$

$$Q = 125 \text{ тыс.т. (объём продаж).}$$

$$U_{\text{пост}} \cdot Q = 2,20497155 \cdot 125 = 275621,443 \text{ тыс. руб.}$$

$$U_{\text{перем.}} \cdot Q = 24,869358 \cdot 125 = 3108669,806 \text{ тыс.руб.}$$

$$U = U_{\text{пост}} + U_{\text{перем.}} = 275621,443 + 3108669,8 = 3384291,249 \text{ тыс.руб.}$$

Тогда точка безубыточности определится следующим образом:

$$Q_{\text{кр}} = U_{\text{пост}} / \Pi_{\text{1т}} - U_{\text{перем.1т.}}$$

$$Q_{\text{кр}} = 275621,443 / (32,719 - 24,869358) = 35,1 \text{ тыс.т}$$

По результатам вычислений строим график безубыточности.

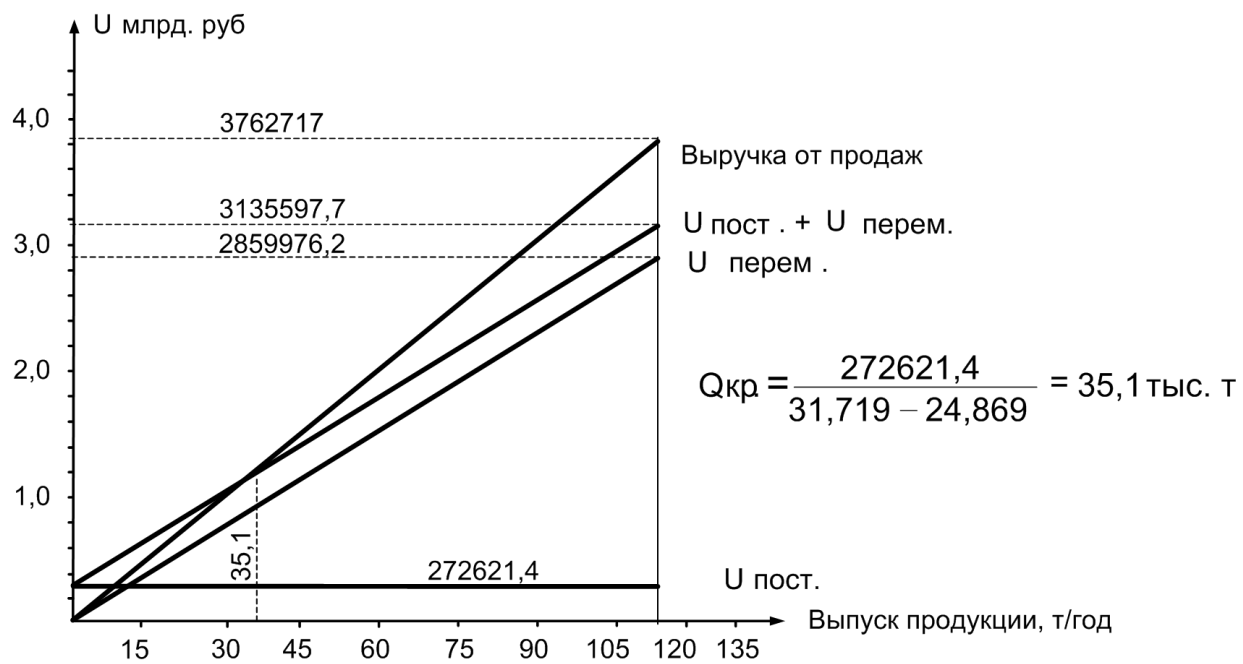


График точки безубыточности 2014 год.

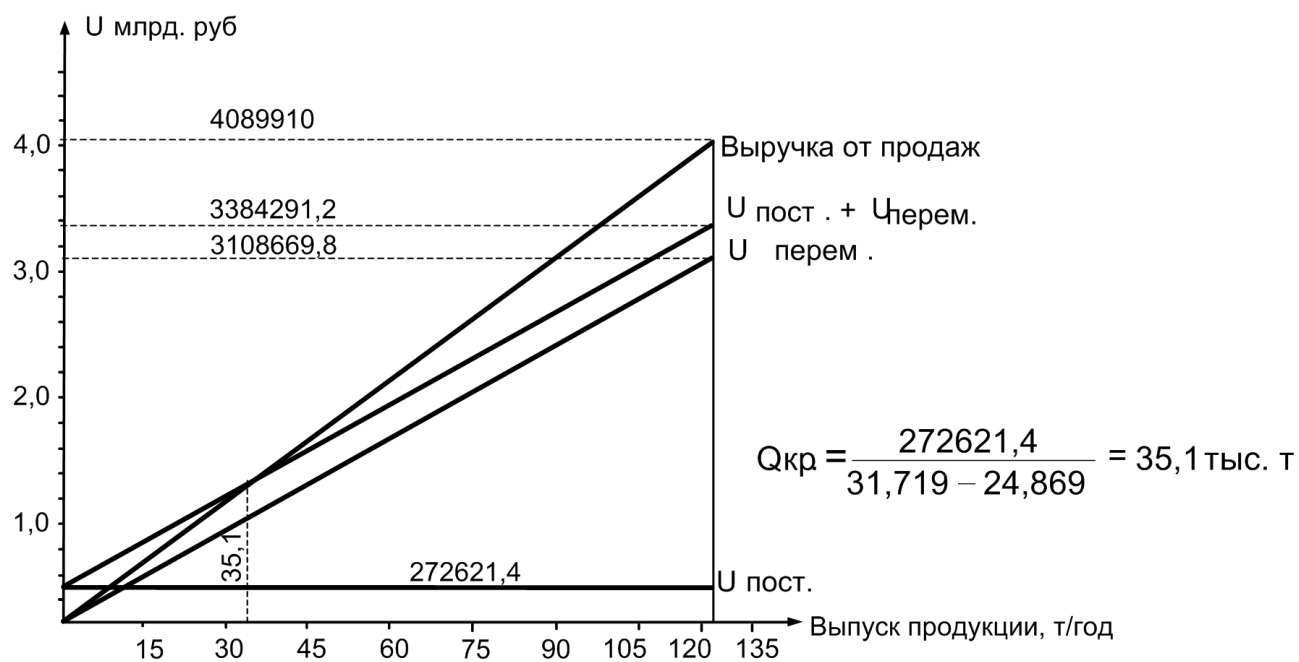


График точки безубыточности 2015 год

Технико-экономические показатели

Таблица 35 – Технико- экономические показатели

Наименование показателя	Ед. изм.	2014	2015
Объем производства	тыс. т	115	125
Объем продаж	тыс. т	115	125
Цена за тонну	тыс. руб.	32,719	32,719
Выручка от продаж	тыс. руб.	3762717	4089910
Суммарные издержки,	тыс. руб.	3135597,7	3384291,2
в т.ч переменные издержки	тыс. руб.	2859976,2	3108669,8
в т. ч. постоянные издержки	тыс. руб.	275621,4	275621,4
Операционная прибыль	тыс. руб.	627119,5	705618,7
Налог на прибыль	тыс. руб.	163051,1	183460,9
Чистая прибыль	тыс. руб.	464068,5	522157,9
Себестоимость 1 тонны продукции	тыс. руб.	27,266	27,074
Стоимость основных средств	тыс. руб.	37500,0	37500,0
Численность основных рабочих	чел.	21	21
Фондовооруженность	тыс. руб./чел	1785,7	1785,7
Фондоотдача	руб./руб.	3,1	3,3
Фондоёмкость	руб./руб.	0,326	0,300
Производительность труда	тыс. руб./чел	179177,01	194757,62
Рентабельность производства	%	20	21
Рентабельность продаж	%	12	13
Qкр. (критический объем продаж)	тыс. т	35,1	35,1
Qкр. (критический объем продаж)	тыс. руб.	1148,8	1148,8

Вывод:

В результате увеличения загрузки производственной мощности на 8 % рентабельность производства увеличилась, а себестоимость продукции снизился на 1 %. Выручка от продаж так же выросла на 9 %, а чистая прибыль на 13 %. Поэтому увеличение мощности работающего производства будет рентабельным.

Заключение

В данном дипломном проекте была рассчитана установка полимеризации этилена при высоком давлении, на количество продукции 125 000 тонн в год.

В ходе работы было рассчитано следующее: материального баланса, гидравлический и тепловой расчёты оборудования, технологический и механический расчёт аппаратов установки производства полиэтилена высокого давления. Так же в данной работе были приведены: характеристика сырья, реагентов и готовой продукции, описание технологической схемы, рассмотрены аспекты безопасной эксплуатации производства, контроля качества выпускаемой продукции, автоматизации производства.

В расчетной части данного проекта была рассчитана длина трубчатого реактора для производства полиэтилена высокого давления. Произведены расчеты на прочность. Подобраны диаметры патрубков длина реактора.

Экономический анализ проекта показал, что целесообразным является выпуск 125 000 тонн полиэтилена в год, что обусловлено снижением себестоимости 1 тонны, и повышением рентабельности производства.