

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 86 листов, 38 таблиц, 3 рисунка, 3 листа графического материала.

Объектом работы является установка производства полиэтилена высокого давления.

Цель работы – проектирование установки производства полиэтилена высокого давления мощностью 230 тыс. тонн в год.

В процессе работы произведены расчёты материального баланса, тепловые расчёты оборудования, конструкционный расчёт аппаратов установки производства полиэтилена высокого давления. В данной работе приведена характеристика сырья, реагентов и готовой продукции, дано описание технологической схемы, рассмотрены аспекты безопасной эксплуатации производства, контроля качества выпускаемой продукции, автоматизации производства. Также произведен экономический анализ проекта.

Abstract

The graduate qualification work consists of 86 sheets, 38 tables, 3 figures, 3 sheets of graphic matter.

The object of the present research is a technology for producing [high pressure polyethylene](#).

The purpose of the present research is to design a technological set having a capacity of 230.000 tons per year for producing high pressure polyethylene.

In the course of work the following calculations have been realized: material balance, heat calculation of the equipment, design calculation of the equipment of a set for producing high pressure polyethylene.

The present research includes: 1) the characteristics of the raw, of the reactants and of the end product; 2) the description of the design scheme; 3) the aspects concerning a safe operation of the production process, the quality control of the output products, the industrial automation. The research includes also an economic analysis of the project.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....
1.ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....
1.1Физико-химические основы технологического процесса производства полиэтилена.....	5
1.2. Основные кинетические закономерности процесса полимеризации этилена.....	6
1.3. Влияние основных параметров на процесс полимеризации этилена.....	9
1.3. Выбор и обоснование технологической схемы производства.....	14
2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	19
2.1. Характеристика производимой продукции.....	19
2.2. Характеристика исходного сырья.....	19
3.ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ.....	23
3.1. Описание технологического процесса производства полиэтилена.....	23
3.2. Материальный баланс.....	24
3.3. Конструкционный расчет.....	38
3.4. Тепловой баланс.....	40
3.5. Аналитический контроль.....	46
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	50
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	84
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	85

Спецификация технологического оборудования

На отдельных листах:

1. Технологическая схема
2. Общий вид реактора
3. Сборочный чертеж

Введение

В последние годы полимерный рынок - один из самых быстрорастущих сегментов нефтехимии в России. Потребление пластиков растет в среднем на 20 % в год. Благодаря новейшим технологиям удается добиться увеличения мощности установки, за счет чего ускоренными темпами возрастает импорт полимеров.

В мире синтезировано огромное число полимеров, из которых очень многие освоены промышленностью.

Изделия из полимеров применяются в машиностроении, строительстве, на транспорте, авиации, кабельной промышленности, производстве современных предметов и т.д. Без преувеличения можно сказать, что в настоящее время практически нет ни одной отрасли народного хозяйства, в которой бы не применялись полимеры.

Широкое применение определяется их ценными физическими и химическими свойствами. Для органических полимеров и пластмасс на их основе характерна низкая плотность — от 900 до 2300 кг/м³. Поэтому пластмассы обладают наибольшей из конструкционных материалов удельной прочностью. Среди выпускаемых промышленностью полимерных материалов, большое значение имеет полиолефин - полиэтилен. Это один из наиболее распространенных и дешевых полимеров. Из этого полимера также получают разного вида и предназначения пленки - термоусадочные, морозостойкие, накрывные, парниковые и т.д. Самым химически чистым, эластичным и дешевым является полиэтилен высокого давления (ПЭВД), а потому он и является наиболее востребованным.

1. Теоретическая часть

1.1 Физико-химические основы технологического процесса производства полиэтилена

В процессе полимеризации сначала кислород действует на молекулы этилена с образованием свободных радикалов R·, легко реагирующих с этиленом (зарождение цепи):



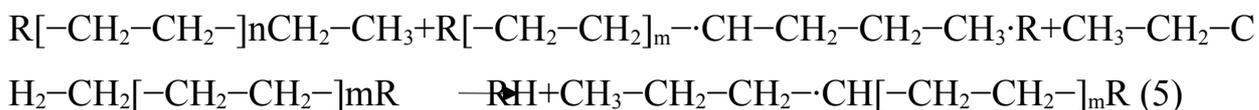
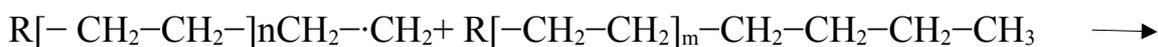
Образовавшиеся при этом крупные радикалы присоединяются к другим молекулам этилена. Этот процесс носит название роста цепи



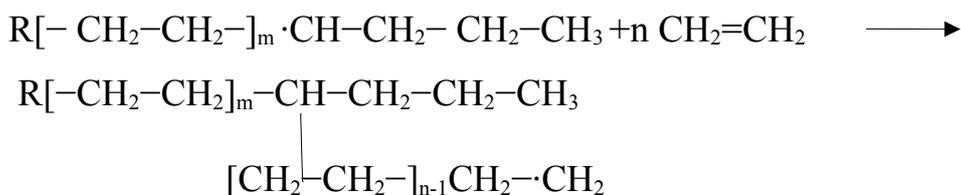
получающиеся до гибели растущих полимерных радикалов, обычным для радикальных процессов путем: рекомбинацией (3), диспропорционированием (4), и передачей цепи (5)



Полимеризация этилена характеризуется протекающей в значительной степени побочной реакцией передачи кинетической цепи от растущего полимерного или первоначального радикала на неактивный полимер по схеме:



Активизированные макромолекулы полимера присоединяют молекулы этилена, что приводит к образованию боковых коротких и более длинных цепей (C₂-C₆) [2, с.10].



1.2. Основные кинетические закономерности процесса полимеризации этилена

Полимеризация этилена при высоком давлении подчиняется обычным закономерностям реакции полимеризации винильных соединений, протекающей по свободнорадикальному механизму. Особенность полимеризации этилена, инициированной свободными радикалами, заключается в том, что полиэтилен с высоким молекулярным весом получается лишь при высоких концентрациях мономера. При малых концентрациях этилен присоединяется к свободным радикалам, но с реакцией их роста конкурируют реакции дезактивации свободных радикалов, и образующийся полимер имеет невысокий молекулярный вес [7, с.24].

Кислород служит инициатором полимеризации. Скорость реакции зависит от количества кислорода в газе, но поскольку значительное влияние на нее оказывает также температура и давление, эта зависимость сложная.

Таблица 1 - 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

В случае слишком высокой концентрации кислорода этилен разлагается со взрывом на углерод, водород и метан. Так, при 2000 атм. и 165 °С 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.

Процесс полимеризации этилена определяется следующими кинетическими зависимостями.

Скорость разложения инициатора:

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

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

$[I]$ - концентрация инициатора.

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

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

Тогда скорость образования мономерных радикалов будет выражаться уравнением: $V_{\text{рас}} = 2fk_{\text{рас}}[I]$

А скорость инициирования полимеризации уравнением

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

где $k_{\text{ини}}$ – 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:

$$V_n = k_n [R \cdot] [HS]$$

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

Суммарная скорость обрыва цепи определяется следующим уравнением:

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

В ходе полимеризации скорость изменения концентрации радикалов быстро становится равной нулю, а это равносильно тому, что скорость инициирования и скорость обрыва цепи равны между собой. Следовательно, уравнение скорости полимеризации:

$$V_{пол} = k_p \left[\frac{f \cdot k_{рас}}{k_o} \right]^{1/2} [I]^{1/2} [M]$$

Длина кинетической цепи может быть выражена уравнением:

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

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

Среднечисловая степень полимеризации выражается следующим 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.

Следовательно, степень полимеризации определяется отношением скорости роста цепи к сумме скоростей всех процессов ограничения роста цепи, т.е. обрыва и передачи цепи [5, с.116].

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:

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

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:

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

Для большинства перекисей энергия активации распада 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. Влияние основных параметров на процесс полимеризации этилена

Полимеризация этилена при высоком давлении имеет следующие особенности:

- Высокое давление 100 – 350 МПа (1000-3500 кгс/см²) и температуру 423-573 К (150-300 °С);
- Большую скорость полимеризации и выделение в зоне реакции большого количества тепла (тепловой эффект 3,55 кДж/кг);
- При некоторых условиях в реакторе происходит разделение двух фаз – этилена и полиэтилена;
- При недостаточно быстром отводе тепла из зоны реакции температура в реакторе быстро повышается и происходит разложение этилена со скоростью взрыва, с образованием метана, водорода и сажи.

Влияние давления.

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

С увеличением давления уменьшаются и все скорости реакции передачи цепи. Повышение давления так же благоприятствует образованию полиэтилена большей плотности, также увеличивается молекулярная масса полиэтилена. Давление влияет на структуру полимера: с его увеличением уменьшается разветвленность и количество непредельных групп [5, с.111].

Влияние температуры.

Повышение температуры реакции до определенного значения способствует ускорению процесса полимеризации и увеличению выхода полимера, но оно во избежание взрыва может быть произведено лишь при снижении концентрации кислорода в газе.

Высокая температура реакции способствует не только основной реакции, но и побочной реакции – взаимодействию растущего полимерного радикала с ранее образованным полимером. Так, например, при 170 °С скорость побочной реакции в три раза ниже скорости аналогичной реакции при 240 °С [2, с. 22].

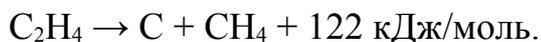
От температуры полимеризации зависит разветвленность макромолекул, в значительной мере определяющая характер кристаллических образований и свойства полиэтилена. Степень разветвленности тем больше, чем выше температура полимеризации. Основной причиной образования ответвлений являются реакции передачи цепи, скорость которых возрастает с повышением температуры. Образующиеся в результате этих реакций ответвления могут иметь различную длину. Связь распределения длин ответвлений с условиями полимеризации в достаточной мере не изучена, однако предполагается, что чем выше температура полимеризации, тем больше длина боковых цепей.

С увеличением числа боковых ответвлений снижаются кристалличность и связанные с нею физико-механические показатели полиэтилена: плотность, теплостойкость, прочность, жесткость и др. От длины боковых цепей также зависят свойства полиэтилена как в твердом, так и в расплавленном состоянии.

Проведение полимеризации этилена при сравнительно низких температурах (60 °С) и достаточно высоком давлении (1500 кгс/см²) позволяет резко снизить скорость реакций передачи цепи на полимер и получать полимер с малым числом ответвлений (3 группы СН₃ на 1000 атомов углерода) и высокой плотностью (940 г/см³) [7, с.118].

Повышение температуры приводит к увеличению скорости распада инициатора. Эффективность применяемых инициаторов колеблется в

пределах от 0,5 до 1,0. в связи с тем, что реакция полимеризации этилена экзотермична, возможны случаи, когда процесс выходит из-под управления и повышение температуры может превысить критическое значение – произойдет термическое разложение:



Т.к. эти реакции экзотермичны, то произойдет резкое повышение температуры в реакторе. Такое разложение сопровождается еще и резким подъемом давления (это может привести к отрыву предохранительного клапана реактора и выбросу большого количества газа в атмосферу). С повышением температуры в процессе полимеризации увеличивается скорость полимеризации, но скорость роста цепи увеличивается медленнее, чем скорость передачи цепи. При этом с повышением температуры молекулярная масса полимера уменьшается; уменьшится и плотность продукта.

Температура в реакторе может регулироваться количеством подаваемого в реакционную зону инициатора и давлением этилена.

Влияние фазового состояния реакционной системы

Этилен и полиэтилен в процессе полимеризации в зависимости от давления, температуры и количества полимера могут составлять как одну фазу, так и две фазы. Условия, при которых происходит расслоение, играют весьма важную роль при техническом осуществлении процесса и управления им.

При расслоении реакционной смеси кинетика полимеризации изменяется, так как при наличии двух фаз концентрации мономера, инициатора, регулятора и полимера в обеих зонах будут зависеть от их 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 вызывать взрывоподобное разложение этилена.

Фазовое состояние влияет также и на свойства полимера. В гомофазной системе преобладает процесс роста молекулярной цепи, образуются молекулы с небольшим числом коротких боковых ответвлений.

В гетерофазной системе образуется большое число молекул с длинными боковыми ответвлениями; возможно также образование и частично сшитого полимера большей молекулярной массы, который сильно ухудшает качество полимера. Скорость процесса полимеризации при этом значительно ниже, чем при гомофазной полимеризации этилена.

Фазовое состояние зависит от молекулярной массы полиэтилена и его степени кристалличности; снижение значений этих величин благоприятствует образованию гомогенной системы этилен – полиэтилен [5, с.147].

Влияние инициатора

Инициатор должен хорошо растворяться в растворителях, обладать стабильностью при хранении и безопасностью при работе. Инициаторы подразделяются на низкотемпературные (140 - 180 °С), среднетемпературные (180 - 260 °С) и высокотемпературные (200 - 280 °С).

Количество подаваемого инициатора в реактор обычно мало и для обеспечения равномерности подачи его вводят в реактор в виде раствора в нейтральном растворителе. Растворителем инициатора могут быть очищенный керосин или 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

Не всегда варьируя условия процесса полимеризации, можно получить полиэтилен с заданными свойствами. Часто оказывается необходимым применять специальные агенты передачи цепи, которые определенным образом влияют на молекулярную массу полимера и его структуру.

Тепловые эффекты процесса. Энергия Гиббса

Тепловой эффект полимеризации этилена составляет 95 кДж/моль. При степени превращения 25 % и при постоянном давлении этого количества тепла достаточно, чтобы повысить температуру более чем на 573 К. в закрытых реакционных сосудах нагревание происходит практически в постоянном объеме и повышение температуры несколько выше, чем, если бы процесс протекал при постоянном давлении; в таких условиях могут протекать реакции разложения этилена. Эти реакции вызываются высокой температурой тем интенсивнее, чем выше давление.

1.3. Выбор и обоснование технологической схемы производства

В промышленности наиболее распространен непрерывный метод полимеризации этилена в трубчатом реакторе змеевикового типа или в реакторе автоклавного типа. Технологический процесс включает в себя следующие стадии:

- Смещение этилена с раствором инициатора и возвратным газом;
- Компримирование этилена;
- Полимеризация этилена;
- Дегазация этилена;
- Гранулирование полиэтилена.

Трубчатый реактор типа «труба в трубе» состоит из отрезков труб, соединенных друг с другом последовательно калачами, где в межтрубное пространство подается перегретая вода, для нагрева или съема тепла. Внутренний диаметр труб по ходу газа увеличивается (например, с 16-24 до 34-75 мм), а их длина может достигать до 1500 м. В настоящее время степень конверсии этилена при полимеризации этилена в трубчатых реакторах составляет 20- 30 %. Это достигается путем усовершенствования реактора, повышения давления до 300 МПа, использование высокотемпературных перекисных инициаторов.

Автоклавный способ получения этилена высокого давления осуществляется по схеме, близкой к схеме производства в трубчатом реакторе. Отличия заключаются в самом реакторе, который представляет собой автоклав с мешалкой внутренним диаметром 0,3-0,4 м, в подготовке инициаторов (чаще всего используют перекиси и пероксиэфиры, растворенные в масле и подают в автоклав при помощи плунжерных насосов) и в установке холодильника типа «труба в трубе» между автоклавом и отделителем высокого давления для охлаждения расплава полиэтилена, который может содержать остаток инициатора. Температура подаваемого этилена 35-40 °С, температура реакции 150-280 °С, давление 100-300 МПа. Марка выпускаемого полиэтилена определяется температурой процесса, давлением в автоклаве, и количеством

подаваемого инициатора. При использовании смеси инициаторов процесс проводят таким образом, чтобы поддерживалась разная температура по зонам (двухзонный процесс). Температура в автоклаве замеряется в четырех-шести точках по высоте, перемешивание проводится мешалкой, вал которой соединен с электродвигателем. Обогрев автоклава в период пуска осуществляется горячим воздухом через циклонные рубашки, а охлаждение - охлажденным воздухом. Степень конверсии этилена в автоклаве составляет 14-16 %.

Полимеризация этилена при высокой температуре имеет ряд особенностей, влияющих на свойства полиэтилена. Эта реакция характеризуется высокой экзотермичностью. Эту теплоту следует отводить из зоны реакции, поскольку в противном случае из-за резкого повышения температуры и бурного течения процесса этилен разлагается, часто со взрывом.

Сравнивая технологии процесса производства полиэтилена в трубчатом реакторе и автоклавном, можно сделать вывод, что трубчатый реактор имеет ряд преимуществ. В отличие от автоклава трубчатка не имеет движущих частей, полимер менее загрязнен маслами, вносимыми инициаторами. В трубчатом реакторе осуществляется больший теплосъем через стенку (35 %), чем в автоклаве (10 %). В автоклаве конверсия этилена в полиэтилен значительно ниже, соответственно автоклав уступает в мощности производимой продукции. В трубчатом реакторе используется более дешевый инициатор – кислород. Также в нем возможно получение высококачественных пленочных материалов [2, с.12].

Существует четыре основных вида полиэтилена:

1. линейный полиэтилен высокого давления (ЛПВД)
2. полиэтилен низкого давления (с высокой плотностью) (ПНД)
3. полиэтилен среднего давления (ПСД)
4. полиэтилен высокого давления (с низкой плотностью) (ПВД)

Все виды полиэтилена - это совершенно разные материалы, отличающиеся друг от друга так же, как и от других полимеров.

При сополимеризации этилена с небольшим количеством α -олефинов-пропилена, бутилена и др., можно получать *линейный полиэтилен высокого давления*. Этой модификации полимер все чаще находит применение, поскольку совмещают положительные качества полиэтилена высокого и низкого давления

Полиэтилен низкого давления получают полимеризацией с применением катализатора типа Циглера-Натта, по ионно-координационному механизму при 80 °С и давлении 0,3-0,5 МПа в газовой фазе или суспензии. Обозначение марок начинается с цифры 2, плотность меняется в пределах от 0,945 до 0,955 г/см³, а показатель текучести расплава – от 0,1 до 17 г/10 мин. Выпускается в виде гранул или порошка. Способ полимеризации определяет малую разветвленность (количество разветвлений на 1000 атомов углерода составляет 3-6). Молекулярная масса составляет 50-3500 тыс. Низкая разветвленность приводит к высокой степени кристалличности (70-80 %), температура плавления равна 120-125 °С. Благодаря его более высокой степени кристалличности, полиэтилен с высокой плотностью обладает высокими прочностными характеристиками: жесткость, твердость, теплостойкость, морозостойкость и радиационную стойкость. Наличие остатков катализаторов не позволяет контактировать с пищевыми продуктами. Данный вид полиэтилена перерабатывается в изделия всеми основными методами, наиболее часто-литье под давлением. Он используется для изготовления труб, тары и различных изделий технического назначения.

Полиэтилен среднего давления- получают полимеризацией в растворителе в присутствии оксидов Со, Мо, V при 130- 170 °С и давлении 3,5-4 МПа. Разветвленность менее 3 на 1000 атомов углерода основной цепи. Молярная масса 70- 400 тыс. Значение плотности 0,950-0,976 г/см³, показатель текучести расплава от 0,3 до 20 г/10 мин. Обозначение марок совпадает с маркировкой полиэтилена низкого давления.

Комплекс свойств полиэтилена *высокого давления* определяется разветвленной структурой его макромолекул (15-20 ответвлений на 1000 атомов углерода цепи). Молекулярная масса 30-50 тыс. Полиэтилен,

полученный данным методом способен кристаллизироваться. Наличие разветвлений ограничивает степень кристалличности (менее 40%). Температура плавления 108-110 °С. Температура деструкции – 320 °С. При перегреве возможно сшивание полиэтилена, приводящее к образованию «геликов». При 20 °С вследствие кристалличности он не растворяется в известных органических растворителях, при нагревании выше 80 °С растворяется в ароматических растворителях. Стоек к кислотам и щелочам, нестоек к сильным окислителям. Полиэтилен высокого давления (низкой плотности) относят к термопластам общетехнического назначения. Он отличается сравнительной дешевизной, морозостоек, сохраняет эластичность при минус 70 °С, обладает высокой химической стойкостью. Полиэтилен инертен к физиологическим средам и пищевым продуктам, кроме жиров. Он является хорошим изоляционным материалом и используется для низко- и высокочастотной изоляции. Полиэтилен высокого давления перерабатывается всеми основными методами, используемыми для термопластов, не склеивается без специальной обработки поверхности, но хорошо сваривается. Низкая стоимость позволяет использовать его для изготовления изделий культурно- бытового и медицинского назначения. Более половины производимого полиэтилена высокого давления перерабатывается в пленки для упаковки и нужд сельского хозяйства.[4, с.14]

Марочный состав определяется способом получения, плотностью, и показателем текучести расплава (ПТР). Обозначение базовых марок полиэтилена состоит из названия «ПОЛИЭТИЛЕН», восьми цифр, сорта и обозначения настоящего стандарта. Первая цифра указывает на то, что процесс полимеризации этилена протекает при высоком давлении в трубчатом реакторе и реакторе с перемешивающим устройством. Две следующие цифры означают порядковый номер базовой марки. Четвертая цифра указывает на степень гомогенизации полиэтилена (гомогенизация – вторичная переработка полиэтилена, приведение к однородному состоянию):

- 1- без гомогенизации в расплаве,
- 2- гомогенизированный в расплаве.

Пятая цифра условно определяет группу плотности полиэтилена:

1 от 0,900 до 0,909 г/см³ **3** от 0,917 до 0,921 г/см³ **5** от 0,927 до 0,930 г/см³

2 от 0,910 до 0,916 г/см³ **4** от 0,922 до 0,926 г/см³ **6** от 0,931 до 0,939 г/см³

Следующие цифры, написанные через тире, указывают на десятикратное значение показателя текучести расплава.

Например, ПОЛИЭТИЛЕН 11503-070, сорт 1, ГОСТ 16337-77. Порядковый номер марки 115, 0- без гомогенизации в расплаве, 3- с плотностью 0,917-0,921 г/см³ и номинальным значением показателя ПТР 7 г/10 мин [10, с.5].

Ниже, в таблице 2 приводятся свойства полиэтилена, полученного полимеризацией этилена при высоком давлении.

Таблица 2 - Свойства полиэтилена высокого давления

Показатели свойств	ПЭВД
Плотность, кг/м ³ Молекулярная масса Степень кристалличности, %	910–930 30 тыс.–500 тыс. 50–65
Разрушающее напряжение, МПа: при растяжении при изгибе	9,8–16,7 11,8–16,7
Относительное удлинение при разрыве, % Модуль упругости, МПа: при растяжении при изгибе	500–600 147–245 118–255
Твердость по Бринеллю, МПа Число перегибов на 180 °С	43,7–24,5 3000

Продолжение таблицы 2

Температура плавления, °С	103–110
Теплостойкость, °С	105–115
Удельная теплоемкость, кДж/(кг·К)	1,9–2,5
Теплопроводность, Вт/(м·К)	
Температура хрупкости (морозостойкость), °С	0,29 минус 80 до минус 120
Диэлектрическая проницаемость при 1 МГц	
Водопоглощение за 30 суток при 20 °С, %	2,2–2,3 0,04

2. Объект и методы исследования

2.1. Характеристика производимой продукции

В процессе полимеризации этилена готовым продуктом является полиэтилен $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$, где $n = 600-1700$ - средняя степень полимеризации или число этиленовых звеньев.

Средняя молекулярная масса 17000 - 48000.

Полиэтилен – представляет собой простейший полимер, мономером которого является алифатический непредельный углеводород олефинового ряда – этилен. Изготавливается в виде 2-5 миллиметровых стабилизированных гранул, окрашенных и неокрашенных. Среди его главных отличительных свойств – термопластичность, синтетичность и неполярность.

2.2. Характеристика исходного сырья

Этилен ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$)

Этилен получают из продуктов переработки нефти, чаще всего термическим разложением смеси этана и пропана при 800 °С в трубчатых печах.

Наряду с этиленом также образуется пропилен, бутилен, бутадиен, ацетилен и другие газы. Для получения индивидуальных соединений высокой частоты (не менее 99,9 %) производится их очистка от серосодержащих соединений, влаги, ацетилена и других примесей, а затем последовательная низкотемпературная ректификация. Высокая частота

этилена обуславливается скоростью его полимеризации, а примеси значительно ухудшают качество готового продукта. Этилен высшего сорта, используемый в производстве полиэтилена, имеет следующий объемный состав, % об и свойства, представленные в таблице 3 и таблице 4 соответственно.

	Содержание
Таблица 3- Объемный состав этилена	
Вещество	
Этилен, не менее	99,99
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

Таблица 4- Свойства этилена

Свойство	Показатель
Молекулярная масса, г/моль	28,06
Физическое состояние	Газ
Температура кипения, °С	-103,71
Критическая температура, °С	9,50
Критическое давление, МПа	5,064

Продолжение таблицы 4

Критическая плотность, кг/м ³	223
Область воспламенения в воздухе, % (об.)	2,8-36,35
Температура самовоспламенения, °С	540

Модификаторы

Модификаторы- это агенты передачи цепи. Передача цепи не влияет на скорость процесса, но оказывает большое влияние на молекулярные и структурные характеристики обрааующегося полиэтилена.

Пропилен (СН₂=СН-СН₃)

Пропилен используется для модификации 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. Пропилен, используемый в производстве полиэтилена, имеет следующий объемный состав, и свойства, представленные в таблице 5 и таблице 6 соответственно.

Таблица 5- Объемный состав пропилена

Вещество	Содержание
Пропилен, не менее	97
Этилен, не более	0,005
Ацетилен и метилацетилен не более	0,001
Углеводороды С 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

Продолжение таблицы 5

Серосодержащие соединения (в пересчете на серу) не более, мг/м ³	5
Вода (массовая доля), не более	0,0015
Этан, пропан, азот, не более	0,2

Таблица 6- Свойства пропилена

Свойство	Показатель
Молекулярная масса	42
Физическое состояние	Газ
Температура кипения, °С	-47,7
Критическая температура, °С	92
Критическое давление, МПа	4,54
Критическая плотность, кг/м ³	233
Область воспламенения в воздухе, % (об.)	2,3-11,1
Температура самовоспламенения, °С	458
Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	300

Инициаторы

В качестве инициаторов полимеризации этилена используются молекулярный кислород O₂ и различные вещества, легко подвергающиеся гомолитическому распаду с образованием свободных радикалов. К ним относятся соединения, содержащие лабильные связи O-O, N-N, C-N и другие, из которых наибольшее распространение получили пероксиды.

Пероксиды:

Тригнокс-21S, трет-бутилперокси-2-этилгексаноат.

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

Тригнокс-С, трет-бутипероксибензоат.

Тригнокс-В, ди-трет-бутилпероксид.

3. Инженерные расчеты

3.1. Описание технологического процесса производства полиэтилена



Рисунок 1 -Принципиальная блочная схема

Свежий этилен чистоты не менее 99,9% в смесителе смешивается с кислородом и возвратным этиленом низкого давления. Далее этилен сжимается в шестиступенчатом компрессоре до 25 МПа (250 кгс/см²). После каждой ступени сжатия этилен охлаждается в холодильниках и отделяется в сепараторе от смазки, затем в смесителе смешивается с возвратным этиленом высокого давления. Из смесителя этилен высокого давления подается в двухступенчатый компрессор, в котором сжимается до 150МПа (1500 кгс/см²). После первой стадии сжатия этилена охлаждается в холодильнике, очищается от смазки, а после второй ступени при температуре около 70⁰ С (без охлаждения) через фильтр и огнепреградитель поступает в трубчатом реакторе для полимеризации. Реактор состоит из трех зон: первая зона подогрева этилена от 70 до 180⁰ С, вторая зона дополнительного подогрева этилена и полимеризации и третья зона охлаждения. Для нагревания и отвода избыточного тепла этилена

используют перегретую воду с температурой 190°C для первой зоны, 225°C для второй зоны и 200°C для третьей зоны.

Во вторую зону реактора для повышения степени конверсии дополнительно вводят свежий этилен. Это значительно увеличивает производительность установки.

Из реактора полиэтилен вместе с непрореагировавшим этиленом под давлением 25 МПа (250 кгс/см^2) поступает в отделитель высокого давления, в котором за счет разности плотностей этилена и полиэтилена происходит разделение этилена и полимера. Жидкий полиэтилен через дросселирующий клапан по обогреваемому трубопроводу направляется в отделитель низкого давления $0,15\text{--}0,60\text{ МПа}$ ($1,5\text{--}6\text{ кгс/см}^2$). Этилен из отделителя высокого давления поступает в систему очистки и охлаждения возвратного газа, а затем в смеситель высокого давления. Накапливающийся в сепараторах и фильтре низкомолекулярный полимер, унесенный из аппарата, периодически сбрасывается в сборник. Этилен из отделителя низкого давления проходит через сепаратор, холодильник и фильтр и поступает в смеситель низкого давления.

Расплав полиэтилена из отделителя низкого давления при 180-190⁰С направляется через загрузочный штуцер в гранулятор, выдавливается через фильеру гранулятора и разрезается вращающимися ножами, находящимися внутри гранулирующей головки, на гранулы размером 2-5 мм. Для предотвращения слипания гранул в гранулирующую головку подается вода. Охлажденные до 60-70⁰ С гранулы полиэтилена выносятся водой на вибросито, на которое после удаления основного количества влаги, подается теплый воздух для окончательной сушки. Готовый полиэтилен упаковывают в мешки.3.5.

Аналитический контроль

Таблица 21- График аналитического контроля

Наименование сырья, материалов, продукта и места его отбора	Контролируемый показатель	Частота контроля	Нормы и технические показатели	Методы контроля	Кто отбирает пробу	Кто контролирует
Этилен ГОСТ 25070-87 с изм.1.	1. Объемная доля этилена, %	по требованию	Не менее 99,9	ГОСТ 24975.1-89 п.6.5 или ASTM D 6159-97	Машинист компрессорных установок	Лаборант химического анализа
Пропилен ГОСТ 25043-87 с изм.1	Объемная доля пропилена, %	по требованию	Не менее 99,0	ГОСТ 24975.1-89 п.6.5 или МХКА 30-14-01-94	Машинист компрессорных установок	Лаборант химического анализа
Возвратный газ после сепараторов	Объемная доля пропилена, %	по требованию	Не нормируется (определение обязательно)	МХКА 30-14-08-30	Аппаратчик полимеризации	Лаборант химического анализа
Кислород газообразный технический 2-й сорт ГОСТ 5583-78	Объемная доля кислорода, %	по требованию, но не реже 1 раза в год	Не менее 99,5	ГОСТ 5583-78 с изм.1-4, п.3.2	Аппаратчик полимеризации	Лаборант химического анализа
Воздушная среда в помещениях, на наружных установках перед проведением огневых и газоопасных работ.	Взрывопожароопасная концентрация горючих газов и паров, %	По требованию	отсутствие	Сигнализатор типа СГГ или эксплозиметр ЭТХ	Аппаратчик полимеризации	Лаборант химического анализа
Рабочая среда из	Объемная доля	По требованию	Не более 0,2	МХКА 30-14-08-	Аппаратчик или	Лаборант

Наименование сырья, материалов, продукта и места его отбора	Контролируемый показатель	Частота контроля	Нормы и технические показатели	Методы контроля	Кто отбирает пробу	Кто контролирует
аппаратов и трубопроводов перед приемом взрывопожароопасных сред	кислорода, %			24 или МХКА 30-14-08-27	машинист	химического анализа
Азот или этилен перед пуском или остановкой производств.	Объемная доля азота, %	При пуске, остановке, по требованию	Не нормируется (определение обязательно)	МХКА 30-14-08-30	Аппаратчик или машинист	Лаборант химического анализа
	Объемная доля этилена, %	При пуске, остановке, по требованию	Не нормируется (определение обязательно)	МХКА 30-14-08-30	То же	То же
Деминерализованная вода	Солесодержание, мкг/дм ³	По требованию	Не нормируется (определение обязательно)	МХКА 30-14-02-29 с изм.2	Аппаратчик или машинист	Лаборант химического анализа
	Показатель pH	По требованию	Не нормируется (определение обязательно)	МХКА 043-2008	То же	То же
	Жесткость общая, мкг/дм ³	По требованию	Не нормируется (определение обязательно)	МХКА 30-14-08-39	То же	То же
	Железо общее, мкг/дм ³	По требованию	Не нормируется (определение обязательно)	МХКА 30-14-08-33	То же	То же
Полиэтилен гранулят сырец	Показатель текучести расплава, г/10 мин с допуском в % 15303-003 15803-020	1 раз в 4 часа и по требованию	0,3±30 2,0±25	ГОСТ 11645-73 с изм.1 - 3 и ГОСТ 16337-77 с изм.1 – 3 п.3.12	То же	То же
	Определение массовой доли серых и окисленных гранул, %:	1 раз в сутки, при отклонении от режима по требованию	Не более 0,1 для второго сорта	ГОСТ 16337-77 с изм.1 – 3 п.3.9	То же	То же

Наименование сырья, материалов, продукта и места его отбора	Контролируемый показатель	Частота контроля	Нормы и технические показатели	Методы контроля	Кто отбирает пробу	Кто контролирует
	Определение количества включений, шт	Один раз в час и по требованию при отклонении от режима	30 шт для второго сорта	ГОСТ 16337-77 с изм.1 – 3 п.3.14	То же	То же

Таблица 22 – Технологический контроль производства

полиэтилена высокого давления

Поз.	Обозначение	Контролируемый параметр	Тип прибора	Производитель
1-1 2-1	TIRC	Температура этилена после холодильников	Термопреобразователь микропроцессорный ТХАУ Метран 271 МП-Е4	ПГ «МЕТРАН, г. Челябинск
1-2 2-2 5-2 3-2 22-2		Задвижка с электроприводом	ЗН 1125-08	ПЗТА Пензенский завод трубопроводной арматуры
3-1	QIRC	Концентрация полиэтилена после первой ступени	Газовый хроматограф MiCompaund в комплекте с камерой и датчиком M2-8	«KOSTIP» Ltd
4-1 4-2 4-3	QA	Концентрация этилена возле компрессоров	Газовый хроматограф MiCompaund в комплекте с камерой и датчиком M2-8	«KOSTIP» Ltd
5-1	PIRC	Давление газа перед реактором	Датчик давления МЕТРАН 150-Е4	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск
6-1	QIRCS HA	Контроль качества полиэтилена на выходе из реактора	Газовый хроматограф MiCompaund в комплекте с камерой и датчиком M2-8	«KOSTIP» Ltd
7-1 7-2 7-3	TIR	Температура газа после компрессоров	Термопреобразователь микропроцессорный ТХАУ Метран 271 МП-Е4	ПГ «МЕТРАН, г. Челябинск
8-1	TIRA	Температура внутри реактора и на выходе	Термопреобразователь микропроцессорный ТХАУ Метран 271 МП-Е4	ПГ «МЕТРАН, г. Челябинск
9-1	PIRA	Давление внутри реактора	Датчик давления МЕТРАН 150-Е4	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск
10-1	FIR	Расход газа из циклона	Кориолисовый расходомер Micro Motion серии CMFH-B2	ПГ «МЕТРАН, г. Челябинск

11-1	FIR	Расход этилена	Кориолисовый расходомер Micro Motion CMFH-B2 серии	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск
12-1 12-2	FIR	Расход циркуляционного этилена	Кориолисовый расходомер Micro Motion CMFH-B2 серии	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск
13-1	FIR	Расход полиэтилена	Кориолисовый расходомер Micro Motion CMFH-B2 серии	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск
14-1 14-2	FQIR	Счетчик низкомолекулярного полиэтилена	Датчик расхода Метран 310-ВР	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск
15-1 15-2	LIA	Уровень в емкостях инициатора и модификатора	Датчик гидростатического давления Rosemount 3051S-L	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск
17-1	FIR	Расход свежего этилена	Кориолисовый расходомер Micro Motion CMFH-B2 серии	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск
18-1	PSA	Блокировка работы компрессора по превышению давления перед реактором	Датчик давления МЕТРАН 150-Е4	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск
19-1	FQIR	Счетчик полиэтилена	Датчик расхода Метран 310-ВР	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск
20-1	PDIRA	Гидравлическое сопротивление реактора	Датчик давления МЕТРАН 150-Е4	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск
21-1 21-2	FQIS	Счетчики модификатора и инициатора	Датчик расхода Метран 310-ВР	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск
22-1	FIRC	Расход этилена	Кориолисовый расходомер Micro Motion CMFH-B2 серии	ПГ «МЕТРАН», г. Челябинск

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Анализ конкурентных решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки с имеющимися аналогами и определить направления для ее будущего совершенствования. Целесообразнее проводить данный анализ с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 23.

Таблица 23 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _{к1}	К _ф	К _{к1}
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Чистота получения	0,18	4	4	0,72	0,9
2. Фазовый состав продукта	0,15	3	3	0,45	0,6
3. Удельная поверхность	0,07	5	5	0,35	0,28
4. Энергозатраты	0,05	4	4	0,2	0,2
5. Пористая структура	0,1	2	2	0,2	0,5
6. Безопасность	0,05	4	4	0,2	0,2
7. Лёгкая контролируемость процесса	0,08	5	5	0,4	0,32
8. Простота аппаратурного оформления процесса	0,09	4	4	0,38	0,45
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0,09	4	4	0,36	0,36
2. Цена	0,04	5	3	0,2	0,12
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	4	0,5	0,4

Итого	1			4,51	3,78
--------------	---	--	--	------	------

$B_{к1}$ –полимеризация этилена высокого давления.

Балы выставляются от 0 до 5. Конкурент, набравший максимальное количество баллов, является главным.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i'$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i' – балл i -го показателя.

SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Результаты SWOT-анализа представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Расширенная SWOT-матрица

	<p>Сильные стороны:</p> <ol style="list-style-type: none"> Наличие собственного производства Наличие патентов Известность рынка, развитая сбытовая сеть Команда высококвалифицированных специалистов Возможность расширения производства 	<p>Слабые стороны:</p> <ol style="list-style-type: none"> Устаревшие основные фонды Наличие элементов экологической опасности производства Неустойчивое финансовое положение предприятия Слабая маркетинговая политика, и как следствие неритмичность и непредсказуемость получения заказов Стандартные методы продвижения на рынке
<p>Возможности:</p> <ol style="list-style-type: none"> Возможность расширить ассортимент продукции для удовлетворения запросов потребителей в более широком диапазоне Выход на новые рынки в новых географических районах 	<ol style="list-style-type: none"> Дифференциация хозяйственного портфеля Выход на новые рынки Разработка комплекса маркетинга «4P» для каждого сегмента Повышение рентабельности активов 	<ol style="list-style-type: none"> Модернизация оборудования Проведение анализа окружающей среды на наличие вредных веществ Активные продажи Изучение рынков Применение нестандартных методов продвижения на рынке

Продолжение таблицы 24

<p>Угрозы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Высокие импортные пошлины 2. Политическая нестабильность 3. Неблагоприятное изменение курсов иностранных валют и политики иностранных правительств в области внешней торговли 4. Дефицит молодых специалистов 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Укрепление имиджа предприятия 2. Заключение долгосрочных договоров с иностранными партнерами. 3. Заключение договоров с ВУЗами на обучение молодых специалистов по целевым программам. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Модернизация оборудования 2. Проведение анализа окружающей среды на наличие вредных веществ 3. Активные продажи 4. Изучение рынков 5. Применение нестандартных методов продвижения на рынке 6. Укрепление имиджа предприятия 7. Заключение долгосрочных договоров с иностранными партнерами.
---	---	---

Таким образом, по итогам SWOT-анализа, можем сказать, что предприятию необходимо применение нестандартных методов продвижения на рынке. Кроме того, в условиях нестабильно политической ситуации, очень желательно заключение долгосрочных договоров с иностранными партнерами. Также, одной из основных проблем является устаревающее оборудование – необходима его модернизация.

2. Планирование и формирование бюджета научных исследований

Расчет затрат на оборудование, сырье и материалы

По данным Интернета находим стоимость трубчатого реактора, теплообменников и насосов записываем в таблицу 25

Таблица 25- Стоимость оборудования

Наименование основных фондов	Количество	Стоимость, руб, С.т.п.	Стоимость с учетом количества, руб.
Реактор трубчатый (блок)	2	9 000 000	2*9 000 0000
Теплообменники	10	250 000	10*250000
Насос	9	40 000	9*40000
Емкость	5	150 000	5*150000
Сепаратор	8	450000	8*450000
Итого	34		25 210 000

Таблица 26 - 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
7. На вспомогательное оборудование	5	1 250 500
Итого:		13 139 620

Расчет необходимой массы исходного сырья, материалов и энергии.

$$C_{ед.с.} = C_{ед.} \cdot N_p,$$

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

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

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

N_p - норма расхода сырья взята из данных завода «Томскнефтехим»

$$N_{с.вып} = N_p \cdot M_{г.},$$

где $N_{с.вып}$ - количество сырья на весь выпуск.

$M_{г.}$ - годовая мощность выпуска продукта, 10000 тонн в год

$$C_{с.вып} = N_{с.вып} \cdot C_{ед.с.}$$

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

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

Таблица 27- Потребность в оборотных средствах

Наименование сырья, материалов и энергии.	Цена за единицу сырья, руб.	Норма расхода сырья, ед. /т.	Стоимость сырья на единицу	Количество сырья на весь выпуск,	Стоимость сырья на весь выпуск, тыс. руб.

			продукта , руб./т.		
Этилен, т	11819,5	1,05	12410,47	105	1241047,5
Пропилен, т	15179,5	0,095	1442,05	9,5	144205,2
Вспомогательное сырье	1069698,3	0,00249	2663,47	0,249	266354,8
Вода деминерализованная, т*м ³ .	16642	0,42	6989,6	42	698964
Электроэнергия, кВт*ч.	1092.1	0.91	993,8	91	109210
Пар, Гкал.	238.62	0.389	92.9	38,9	9282,3
Вода оборотная, т*м	577,1	0.48	277	48	27700,8
Итого:					2496764,1

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 28 - 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	А	Г	Г	В	В	Г	Б	В	А	Г	Г	В	В	Г	Б	Б	В	А	Г	Б

Из графика сменности можно рассчитать величину сменоборота:

$$T_{см-о} = a \cdot b'$$

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

a - количество бригад;

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

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

Сменоборот 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:

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

Баланс времени одного среднесписочного рабочего на год при 12-ми часовом рабочем дне и 4-х бригадном графике

Таблица 29- Баланс рабочего времени

Показатели	Дней	Часов
1. Календарный фонд рабочего времени	365	4380
2. Нерабочие дни:		
выходные	91	1092
праздничные дни	10	132
3. Номинальный фонд рабочего времени	274	3288
4. Планируемые выходные:		
отпуск	31	372
невыходы по болезни	10	120
отпуск в связи с учебой без отрыва от производства	-	-
5. Эффективный фонд рабочего времени	233	2796

Количество производственного персонала, работающего посменно:

– 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: $H_{яв.} = 2 \cdot 4 = 8$ 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:

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

Таблица 30 - Структура промышленного производственного персонала установки по производству полиэтилена

№ 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 31.

Таблица 31- 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:

$$D_{\text{прем}} = 0,3 \cdot Z_{\text{тар}}$$

Доплата за работу в ночное время определяется по формуле:

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

где $t_{\text{н.вр}}$ - время ночной работы, которое для каждого рабочего в год

составляет 1092 часа.

Доплата за работу в праздничные дни определяется по формуле:

$$D_{\text{пр}} = T_{\text{пр}} \cdot T_{\text{ст}} \cdot H_{\text{яв}}$$

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

$H_{\text{яв}}$ - 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:

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

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

$ЗП_{доп}$ - дополнительная плата за нерабочее время;

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

$$ЗП_{осн} = ЗП_{тар} + Д_{прем} + Д_{н.вр.} + Д_{праз} + Д_{бр} ;$$

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

где $ЗП_{тар}$ - зарплата по тарифу;

$Д_{прем}$ - доплата премиальная;

$Д_{н.вр.}$ - доплата за ночное время;

$Д_{праз}$ - доплата за работу в праздничные дни;

$Д_{бр}$ - доплата за бригадирство.

Начисления на зарплату за год определяется по формуле:

$$Н_{зач.} = (З_{осн} + З_{доп}) / 100 \cdot 26$$

Заработная плата рабочих установки по производству полиэтилена, рассчитанная по формулам, изложенным выше, представлена в таблице 32.

Таблица 32- 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	-	208459,2	36681,6	245140,8	318683	3824196	63736,6
- 6-го разряда	4	125820	37746	19656	47520	3774,6	-	234516,6	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	-	234516,6	41266,9	275783,5	358518,5	551567	71703,7
Сумма:												551567	71703,7
Итого:	18	363480	109044	54784	137280	10904,4	-	677582,4	119215,4	796707,8	1035720	5809837	207144

Планирование себестоимости продукции

Затраты на установку полимеризации производится путем составления калькуляции по разным статьям затрат всех видов необходимых ресурсов. Калькуляция – это основной документ, на основании которого осуществляется планирование и учет затрат на научные исследования.

Калькуляция себестоимости 1 тонны продукции

$N_{2013} = 115$ тыс.т/год

Таблица 33 -Калькуляция себестоимости

Показатели	2013г. q=115000	
	на 1 т готовой продукции	на весь объем
1 Сырье и материалы	24967,6	2871274000
2 Электроэнергия на технологические цели	91	10465000
3 Заработная плата основных рабочих	657,3	75589500
4 Отчисления на соц. нужды основных рабочих	16,9	1943500
5.1 Амортизация зданий технологического назначения	19,25	2213750
5.2 Амортизация оборудования	47,42	5453300
5.3 Производственная (цеховая) себестоимость	2676,99	307853850
6.1 Заводская себестоимость	3078,549	354033135
6.2 Коммерческие расходы (5 %)	153,92	17700800
6.3 Общехозяйственные расходы.	427,24	49132600
$U_{\text{перем.}}$	25058,6	2881739000
$U_{\text{пост}}$	6403,37	736387435
Полная себестоимость	31461,97	3618126435

3.Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Расчет цены

Цену 1 тонны продукта рассчитываем по формуле:

$$Ц = C \cdot (1 + P/100);$$

где P – рентабельность 20 %;

C – себестоимость;

$$Ц_{115} = 31461,97 \cdot (1+20/100) = 37640,00 \text{ руб.}$$

Цену одной тонны полиэтилена при производстве 115 тонн в год оставляем 37640,00руб.

Построение точки безубыточности

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

2013 год

$$U_{\text{пост}} = 6403,37 \text{ руб./т.}$$

$$U_{\text{перем.}} = 25058,6 \text{ руб./т.}$$

$Q = 115$ тыс.т. (объём продаж).

$$U_{\text{пост}} \cdot Q = 6403,37 \cdot 115 = 736387,44 \text{ тыс. руб.}$$

$$U_{\text{перем.}} \cdot Q = 25058,6 \cdot 115 = 2881739 \text{ тыс.руб.}$$

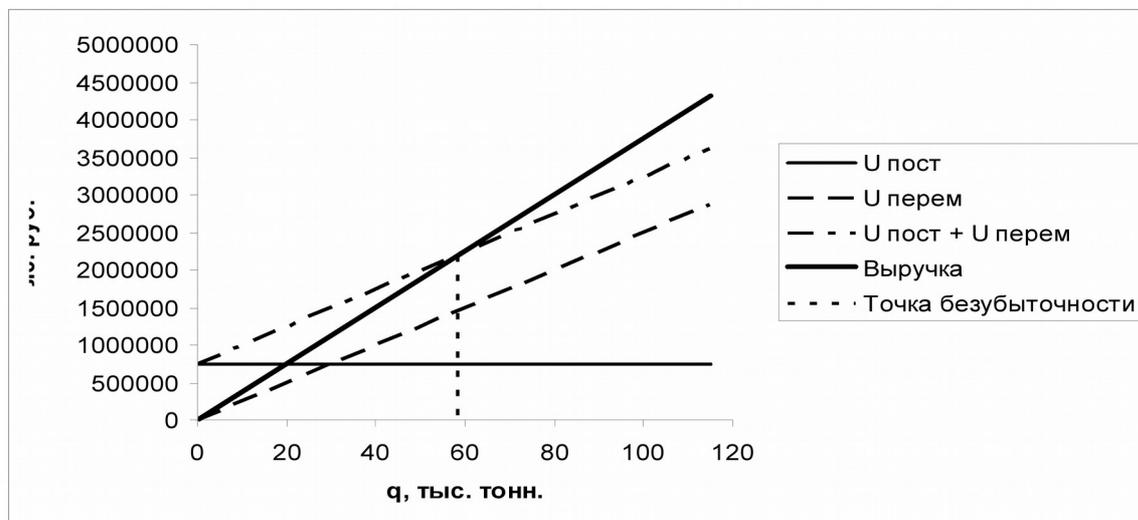
$$U = U_{\text{пост}} + U_{\text{перем.}} = 736387,44 + 2881739 = 3618126,4 \text{ тыс.руб.}$$

Тогда точка безубыточности определится следующим образом:

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

$$Q_{\text{кр}} = 736387,44 / (37640,00 - 25058,6) = 58,5 \text{ тыс. т.}$$

По результатам вычислений строим график безубыточности.



Рисуно

к 3- График безубыточности на 2013 год.

Технико-экономические показатели

Таблица 34- Технико-экономические показатели

Наименование показателей тыс. руб.	Ед. измерения	Величина показателя по годам	
		Отч. год	Плановый год
1. Объем производства	тыс.т	115	125
2. Объем продаж	тыс.т.	115	125
3. Цена 1т.	руб.	37640	37640
4. Выручка от продажи	т.руб.	4328600	4705000
5. Издержки	т.руб.	3618126,4	3868712,4
5.1. Издержки переменные	т.руб.	2881739	3132325
5.2. Издержки постоянные	т.руб.	736387,44	736387,44
6. Балансовая прибыль	т.руб.	710473,56	836287,56
7. Налог на прибыль	т.руб.	92361,563	108717,38
8. Чистая прибыль	т.руб.	618112	727570,18
9. Себестоимость 1 тонны	т.руб.	31461,97	30949,7
10. Среднегодовая стоимость основных средств.	т.руб.	4742300	4742300
11. Численность основных рабочих	чел.	16	16
12. Фондовооружённость.	т.руб/ чел.	296393,75	296393,75
13. Фондоотдача	т.руб/т.руб	0,91	0,99
14. Фондоёмкость	т.руб./т.руб	1,10	1,01
15. Производительность труда	т.руб/ Чел.	270537,5	294062,5
16. Рентабельность производства	%	17,08	18,81
17. Рентабельность продаж	%	14,28	15,46
18. Точка безубыточности Qкр.	тыс. т.	58,5	58,5
19. Точка безубыточности Qкр.	тыс.руб	2201940	2201940