

Оглавление

Введение.....	4
1 Теоретическая часть.....	6
1.1 Характеристика производимой продукции, исходного сырья	6
1.2 Физико-химические основы процесса получения СВМПЭ.....	8
1.3 Выбор и обоснования основного аппарата.....	15
2 Инженерные расчеты	17
2.1 Описание технологической схемы	17
2.1.1 Приготовление раствора триэтилалюминия (ТЭА).....	18
2.1.2 Полимеризация этилена.....	20
2.1.3 Дегазация этилена из суспензии полимера	22
2.1.4 Разделение суспензии полимера.....	23
2.1.5 Сушка порошка СВМПЭ	24
2.1.6 Фасовка порошка полимера	25
2.2 Материальные расчет.....	26
2.3 Тепловой расчет основного аппарата	34
2.4 Механический расчет.....	37
2.5 Контроль производства	39
2.5.1 Аналитический контроль.....	39
2.5.1.1 Методика определения воды в гептане.....	39
2.5.1.2 Методика определения вязкости разбавленных растворов полимеров	40
2.5.2 Автоматический контроль.....	40
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Ошибка! Закладка не определена.

- 3.1 Анализ конкурентных технических решений**Ошибка! Закладка не определена.**
- 3.2 SWOT-анализ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
- 3.3 Планирование научно-исследовательских работ.....**Ошибка! Закладка не определена.**
- 3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования**Ошибка! Закладка не определена.**
- 3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ**Ошибка! Закладка не определена.**
- 3.3.3 Разработка графика проведения научного исследования**Ошибка! Закладка не определена.**
- 3.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) ..**Ошибка! Закладка не определена.**
- 3.3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ .**Ошибка! Закладка не определена.**
- 3.3.4.2 Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ **Ошибка! Закладка не определена.**
- 3.3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы **Ошибка! Закладка не определена.**
- 3.3.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) **Ошибка! Закладка не определена.**
- 3.3.4.5 Накладные расходы..... **Ошибка! Закладка не определена.**
- 3.3.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта **Ошибка! Закладка не определена.**
- 3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей),финансовой, бюджетной, социальной и экономическойэффективности исследования.....**Ошибка! Закладка не определена.**
- 4 Профессиональна социальная ответственность.....**Ошибка! Закладка не определена.**
- 4.1 Производственная безопасность..... **Ошибка! Закладка не определена.**

4.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.3 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследования.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.3.1 Опасности, связанные с высокими давлением и температурой..	Ошибка! Закладка не определена.
4.3.2 Опасности, связанные с нарушениями технологических параметров и техники безопасности	Ошибка! Закладка не определена.
4.3.3 Шум и вибрация	Ошибка! Закладка не определена.
4.4 Мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов	Ошибка! Закладка не определена.
4.5 Экологическая безопасность.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.5.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду .	Ошибка! Закладка не определена.
4.5.2 Мероприятий по защите окружающей среды	Ошибка! Закладка не определена.
4.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.7 Порядок действий при возникновении пожара.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.8 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Ошибка! Закладка не определена.
Список литературы	43

Введение

В мире широко используют в качестве материалов такой термопласт, как полиэтилен. Полиэтилен отличается от других термопластов весьма ценным комплексом свойств. Изделия из полиэтилена имеют высокие прочность, стойкость к действию агрессивных сред и радиации, не токсичность, хорошие диэлектрические свойства. Благодаря доступности сырья, сочетанию ценных свойств со сравнительно низкими затратами на его получение полиэтилен занимает среди пластмасс первое место.

В данном отчете отмечается важная роль сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ), как очень перспективного полимера, с большим комплексом специфических и технологических свойств.

Увеличение молекулярной массы до 1 млн. и выше резко меняют многие свойства полиэтилена низкого давления (СВМПЭ является одной из марок ПЭНД). С одной стороны, СВМПЭ обладает более высокими, чем

стандартные марки ПЭНД, физико- химическими и химическими свойствами, износостойкостью, низким коэффициентом трения, а также способностью сохранять свойства в широком интервале температур. С другой стороны, СВМПЭ, при нагревании выше температуры плавления, не переходит в вязкотекучее состояние, что характерно для термопластов, а лишь в высокоэластичное. Ввиду этой особенности СВМПЭ весьма трудно формуется.

Специфические свойства СВМПЭ обуславливают и особые области применения – СВМПЭ используется там, где обычные марки ПЭНД, и многих других термопластов, не выдерживают жестких условий эксплуатации. Область применения и потребность в нем непрерывно расширяется. Это объясняется превосходными свойствами и низкой стоимостью полимера.

СВМПЭ во многих случаях может заменять металл (сталь, бронзу и др.) и ряд других материалов, а также такой дорогостоящий полимер, как фторопласт. Кроме того, есть такие области применения СВМПЭ, где он используется не как заменитель, а как единственно пригодный для данной цели материал.

Низкий коэффициент трения в сочетании с высокой механической прочностью позволяет использовать СВМПЭ для изготовления лыжной ленты, листов для футеровки оборудования в горнорудной промышленности, кузовов автомобилей, бесшумных не смазываемых шестерней, деталей эндопротезов, гонков для ткацких станков и т.д.

Высокая химическая стойкость позволяет применить СВМПЭ для изготовления деталей насосов в химической промышленности, прокладок для агрессивных сред, сепараторов, аккумуляторов.

Особо высокая прочность ориентированных волокон высокомолекулярного полиэтилена позволяет использовать его для изготовления бронежилетов, парашютных строп, рыболовных тралов, тканей для легких самолетов – «невидимок».

Биологическая инертность и свойства, допускающие возможность стерилизации материала, позволяет применять СВМПЭ в медицинской и пищевой промышленности.

Таким образом, видно, что производство данного полимера очень выгодно, как с экономической точки зрения, так и с технической.

СВМПЭ сочетает в себе, и прочность стали и легкость титана, дешевизну и химическую стойкость фторопласта, износостойкость полиуретана и стойкость к таким условиям, в которых не может работать ни один полимер.

1 Теоретическая часть

1.1 Характеристика производимой продукции, исходного сырья

Полиэтилен сверхвысокомолекулярный (СВМПЭ) низкого давления высокой плотности, получаемый полимеризацией этилена в присутствии мтеорганических катализаторов циглерского типа при низком давлении, удовлетворяющий требованиям ТУ 2211-068-70353562-2006.

СВМПЭ- термопластичный линейный полимер, с химической формулой $-(\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n-$, со степенью полимеризации $n=30000 - 400000$.

СВМПЭ белый подвижный порошок с температурой плавления 137 - 145°C, проявляющий высокую химическую стойкость к органическим растворителям и агрессивным средам. При прямом контакте СВМПЭ с органическими растворителями наблюдается его набухание. Степень набухания зависит от природы растворителя, времени и температуры его воздействия.

Характеристика производимой продукции приведена в таблице 1.

Таблица 1– Характеристика производимой продукции

№ п/п	Наименование показателя	Нормы для марки 21606	
		1 сорт	2 сорт
1.	Плотность, г/см ³ , не менее	0,936	0,936
2.	Массовая доля золы, %, не более	0,05	0,1
3.	Массовая доля летучих, %, не более	0,25	0,5
4.	Разрушающее напряжение при растяжении, МПа, не менее	30,0	30,0
5.	Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	250	250

Метод определения показателей свойств СВМПЭ содержатся в технических условиях «Полиэтилен высокомолекулярный низкого давления».

СВМПЭ имеет средневязкостную молекулярную массу M не менее $1 \cdot 10^6$, чему соответствует характеристическая вязкость полимера не менее 9 дл/г. Плотность порошка полиэтилена изменяется в пределах 0,931-0,939 г/см³. Характеристика исходного сырья представлена в таблице 2.

Таблица 2– Характеристика исходного сырья

Наименование сырья	Показатели по стандарту	Регламентируемые показатели
Этилен на входе (ГОСТ 25070-87)	1. Объемная доля этилена, %, не менее	99,9
	2. Объемная доля пропилена, %, не более	0,005
	3. Объемная доля метана, этана, %, не более	0,1
	4. Объемная доля ацетилена, %, не более	0,001
	5. Массовая доля воды, %, не более	0,001
	6. Массовая концентрация серы, мг/м ³ , не более	1
	7. Объемная доля окиси углерода, %, не более	0,0005
Триэтилалюминий (Технические условия N 6-02-1-371-86, марка Б	1. Внешний вид	Прозрачная бесцветная жидкость
	2. Массовая доля механических примесей, %	Отсутствие
	3. Массовая доля общего алюминия, %, не менее	22
	4. Массовая доля три-н-бутилалюминия, %, не более	2
	5. Массовая доля гидрида алюминия, %, не более	1
	6. Массовая доля триэтоксисилиция, %, не более	2
	7. Массовая доля триэтилалюминия, %, не менее	93
Титанмагние- вый катализатор (Катализатор СО РАН)	1. Удельная активность катализатора, г полиэтилена/ (г катализатора*ч*атм.), при 70°С, не менее	5000
	2. Массовая доля титана, %, не более	1,5
	3. Гранулометрический состав порошка СВМПЭ при выходе, мкм	0-500
	4. Насыпной вес порошка СВМПЭ, г/см ³	0,32-0,42
	5. Характеристическая вязкость СВМПЭ, не менее	9

1.2 Физико-химические основы процесса получения СВМПЭ

Молекулярная масса полиэтилена, получаемого по классическому способу полимеризации этилена при высоком давлении, как правило, не превышает 500000. Это объясняется высокими скоростями обрыва растущих макроцепей при реакциях их рекомбинации и диспропорционирования, небольшим временем жизни полимерных радикалов в условиях синтеза полиэтилена.

Катализаторы Циглера-Натта позволяют проводить полимеризацию этилена при низких давлениях и получать полиэтилен с более высокой молекулярной массой, в отдельных случаях на порядок выше, чем при радикальном процессе. Возможность синтеза полиэтилена со степенью полимеризации $\geq 10^4$ определяется особым механизмом полимеризации под действием комплексных металл органических катализаторов. [1]

В общем виде к катализаторам Циглера-Натта относятся комплексные металлорганические системы, образуемые взаимодействием двух или более компонентов. Одним из компонентов является соединение переходного металла IV—VIII групп Периодической системы, вторым — органическое соединение металла главных подгрупп I—III групп. Для полимеризации олефинов предложено огромное число каталитических систем такого типа, различающихся природой входящих в них металлов, природой заместителей у металлов, количеством компонентов и др. Несмотря на большое разнообразие каталитических систем, общим для них является наличие химической связи между атомами переходного металла и углерода, образующейся при взаимодействии компонентов системы. Этот признак позволяет отнести их к одному и тому же типу катализаторов.

В процессе полимеризации этилена различие каталитических систем проявляется как в их различной активности, так и в получении полимеров с различными молекулярно-массовыми характеристиками.

Разработка новых каталитических систем, обладающих необходимой активностью и селективностью, проводится на основе знания механизма их действия: строения активных центров (АЦ), роли каждого компонента каталитического комплекса, места роста макроцепей, механизма их обрыва.

Восстановление Ti^{4+} может происходить и глубже до образования двух и менее валентного титана. Степень восстановления зависит от природы используемого алюминийорганического соединения, мольного отношения $Al:Ti$, от времени и температуры. [3]

Образовавшееся галогеналкильное соединение титана со связью металл-углерод весьма нестабильно и разрушается по этой связи с выделением этана и этилена:



Прочность металл-углеродной связи, имеющая существенное значение для процесса полимеризации этилена, зависит от лигандного окружения центрального атома, природы лигандов, природы и валентности переходного металла, а также от ряда других факторов. Так, из металлов переменной валентности наиболее устойчивые органические соединения образует титан, за ним следует хром; четырехвалентный титан дает более стабильные органические соединения по сравнению с менее окисленным титаном.

Алюминийорганическое соединение также входит в состав каталитического комплекса и, следовательно, существенно влияет на его активность в процессе полимеризации этилена и на молекулярную массу образующихся полимеров.

На второй стадии происходит внедрение молекулы мономера по связи металл-углерод.

Рост полимерной осуществляется путём внедрения молекулы мономера по связи переходный металл-углерод.

Координация молекулы мономера с активным центром (АЦ) может происходить, если в координационной сфере металла имеется вакансия, которая должна регенерироваться после каждого акта внедрения мономера, т. е. после каждого акта роста полимерной цепи.

Прочность связи металл-углерод в АЦ должна быть оптимальной: слишком прочная связь затрудняет внедрение по ней олефина, слишком неустойчивая разрушается раньше, чем происходит этот акт. Скорость роста макромолекулы существенно зависит также от размеров лигандов: слишком большие лиганды могут привести к пространственным затруднениям при координации мономера у АЦ. Подбирая соответствующие лиганды, можно в значительной степени варьировать активность катализатора.[1]

В настоящее время общепринятым для комплексных катализаторов Циглера-Натта является представление о координационно-анионном механизме полимеризации олефинов. В это понятие включается как двухстадийный механизм роста цепи через координацию мономера, так и нуклеофильное влияние со стороны отрицательно заряженного углеродного атома на конце растущей макромолекулы.

Состав АЦ в значительной степени определяет и молекулярно-массовые характеристики образующегося полиэтилена.

В присутствии любых каталитических систем молекулярная масса полимера определяется отношением скорости роста макроцепей к скорости их ограничения (за счет обрыва или переноса). Рост полимерных молекул у АЦ

происходит до тех пор, пока вследствие тех или иных причин материальная цепь не обрывается.

Механизм реакции обрыва при координационно-анионной полимеризации так же, как и механизм роста цепи, существенно отличается от таковых при радикальном процессе. Если в последнем случае обрыв в основном является бимолекулярной реакцией рекомбинации или диспропорционирования растущих свободных радикалов, то при полимеризации на катализаторах Циглера-Натта в присутствие специально добавленных агентов обрыва имеет место обрыв на алкиле металла, на мономере или спонтанный обрыв. Последний происходит за счет перехода атома водорода этиленового звена, находящегося в β -положении относительно металла, от углерода к металлу. β - Гидридный перенос имеет место и при обрыве на мономере.[3]

При всех указанных реакциях обрыва происходит обрыв лишь материальной цепи, так как ограничение цепи сопровождается ее переносом. Кинетическая цепь при этом продолжает существовать.

Образующиеся в результате β - гидридного переноса металл-гидриды обладают пониженной полимеризационной активностью. Однако при взаимодействии с олефинами или алкилалюминием связь металл-углерод регенерируется.

Вероятность переноса β - атома водорода при спонтанном обрыве или при обрыве цепи на мономере определяется природой металла и связанных с ним лигандов, а также степенью окисления металла. Так, β - перенос осуществляется легче, если в состав АЦ входит четырехвалентный, а не трехвалентный титан; соответственно и ограничение растущих макроцепей за счет β - гидридного переноса в большей степени происходит в первом случае. [3]

Вследствие того, что вероятность всех актов ограничения растущих цепей при полимеризации олефинов по координационно-анионному механизму невелика, в принципе может быть синтезирован полимер с очень высокой молекулярной массой.

При ограничении растущих цепей водородом скорость полимеризации несколько снижается, во-первых, из-за лимитирования ее медленной реакцией взаимодействия металлгидрида с олефином, а, во-вторых, в результате снижения концентрации олефина при добавлении в зону реакции водорода.

Скорость обрыва цепи водородом примерно на два порядка выше, чем скорости всех других реакций обрыва цепи.

Помимо введения в зону реакции агентов обрыва цепи молекулярную массу полимера можно регулировать, изменяя тип металла в АЦ, а также его лигандное окружение. Так, электроноакцепторные лиганды увеличивают относительную частоту протекания реакции переноса водорода и, следовательно, понижают молекулярную массу полимера. Экспериментальные данные показывают, что если в соединении титана в активном центре заменить сильный донорный лиганд (например, C_2H_5O) на атом хлора, то молекулярная масса полиэтилена падает. На этом основан способ регулирования молекулярной массы полимера добавлением к катализатору различных модификаторов.

Существенную роль играет также степень окисления металла (которая меняется в зависимости от температуры и продолжительности взаимодействия алюминийорганического соединения с $TiCl_4$): более высокая степень окисления способствует переносу β - атома водорода. Поэтому при одинаковых условиях проведения процесса классический катализатор Циглера-Натта, содержащий четырехвалентный титан, приводит к образованию полимера с меньшей молекулярной массой, чем катализатор, содержащий Ti^{3+} .

При полимеризации олефинов под действием комплексных катализаторов Циглера-Натта специфическим является не только образование высокомолекулярных полимеров, но и, как правило, широкое молекулярно-массовое распределение (ММР) их. Если оценивать полидисперсность отношением среднемассовой (M_m) к среднечисленной (M_n) молекулярной массе, то для классических гетерогенных катализаторов это отношение имеет значение от 5 до 20.

Столь широкое ММР связано, прежде всего, с наличием различных центров полимеризации. Это в свою очередь объясняется одновременным присутствием в зоне реакции АД с переходным металлом различной степени окисления и с различным лигандным окружением, а также со множественными причинами ограничения растущих полимерных цепей. Например, в каталитической системе, состоящей из $TiCl_4$ и $AlEt_2Cl$, неоднородность АЦ проявляется в наличии центров Ti^{3+} и Ti^{4+} . Эти центры обуславливают разные скорости реакций роста и ограничения. Так, активным центрам с Ti^{4+} , вследствие большей электрофильности титана, свойственны частые β -гидридные переходы, что приводит к образованию значительного количества низкомолекулярных фракций. АЦ, содержащие Ti^{3+} , напротив, дают начало образованию высокомолекулярных фракций полимера.

Если заменить хлорный лиганд у титана на электронодонорный типа OR, то из-за снижения скорости актов передачи цепи средняя молекулярная масса полимера повысится. Наличие в каталитической системе АЦ, содержащих атомы титана с лигандами Cl и OR, вызывает высокую полидисперсность полимера. [3]

Каталитические системы, АЦ которых обладают большой степенью однородности (гомогенные на основе ванадиевых соединений, нанесенные катализаторы), обеспечивают получение полимеров с $M_w/M_n \approx 2-4$. Эти системы обладают существенно большей активностью, чем классические катализаторы Циглера-Натта. Поэтому в последние годы значительно

увеличивается число производств, применяющих новые высокоэффективные катализаторы.

Высокая активность нанесенных катализаторов обусловлена как большой поверхностью пористых носителей (органических или неорганических), покрытой катализатором, так и химическим взаимодействием титана с носителем, выступающим в роли сложного лиганда при АЦ.

В соединении переходного металла, нанесенном на поверхность носителя (чаще всего это окислы или галогениды магния), металл сохраняет высшую степень окисления, с чем связана высокая постоянная активность катализатора в течение длительного времени. Однородные центры этой каталитической системы обуславливают узкое ММР синтезируемого ПЭНД.

Основной причиной высоких молекулярных масс ПЭНД, полученного на нанесенных катализаторах, является большое значение константы скорости роста полимерных цепей в этом процессе и малое значение константы скорости обрыва. Константа скорости роста цепей при полимеризации этилена в присутствии TiCl_4 , нанесенного на окись магния, в 6- 30 раз выше, чем константа скорости роста при использовании классических катализаторов Циглера-Натта. В процессе полимеризации этилена на нанесенных катализаторах маловероятно ограничение растущих цепей за счет бимолекулярного обрыва. Поэтому в отсутствие специально добавляемых агентов обрыва цепей катализаторы на носителях позволяют получать СВМПЭ с молекулярной массой до 11×10^6 .

1.3 Выбор и обоснования основного аппарата

При выборе основного аппарата руководствовался влиянием основных факторов, в таблице 3 показано влияние различных факторов на тип реактора.

Таблица 3 - Факторы, определяющие тип реактора

Фактор	Что определяет
1. Температура реакции	Конструкцию элементов поверхности теплообмена, выбор теплоносителя
2. Давление	Материал и тип реактора
3. Среда реакционная	Материал реактора, элементы защиты его от коррозии
4.Состояние реагирующих масс	Способ организации процесса, интенсивность перемешивания, конструкция мешалки и тип реактора
5. Фазовое состояние реагентов	Тип реактора

Так как, в реакторе непрерывного действия все стадии процесса- подача реагентов, химическая реакция, вывод готового продукта- осуществляется одновременно, т.е. параллельно друг другу, он характеризуется высокой производительностью, исходя из этого был выбран непрерывный способ организации процесса полимеризации.

Процесс полимеризации этилена является суспензионным, в связи с этим необходимо поддерживать стабильность гетерогенной системы, поэтому целесообразнее использовать реактор с эффективным перемешивающим устройством и внешней теплообменной поверхностью.

На основании наиболее важных факторов, влияющих на процесс проведения синтеза, был выбран емкостной реактор с мешалкой.

При проектировании реактора, выбрано эллиптическое днище, так как, процесс происходит под давлением и оно наиболее легко в изготовлении.

Для более эффективного проведения полимеризации необходима большая поверхность теплообмена, это можно получить используя гладкую рубашку. Для очистки и ремонта внутренней поверхности корпуса реактора, крепление крышки и корпуса разъемное.

Как было замечено выше, для поддержания стабильности гетерогенной системы, необходимо интенсивное перемешивание, для этих целей была выбрана лопастная механическая мешалка, так как реактор имеет небольшой объем- 4 м^3 , установлена одна пара лопастей.

Тип уплотнения выбран – торцевой, так как, он обладает большой износостойкостью и долговечностью, а так же хорошо работает при перекосе и биения вала, при этом обладает высокой герметичностью, чего не может дать сальниковое уплотнение.

2 Инженерные расчеты

2.1 Описание технологической схемы

Технологический процесс полимеризации этилена включает в себя следующие узлы:

1. Узел приема и подготовки сырья;
2. Узел полимеризации этилена;
3. Узел дегазации этилена из суспензии полимера;
4. Узел разделения суспензии полимера;
5. Узел сушки порошка;
6. Узел фасовки порошка полимера.

Принципиальная технологическая схема производства СВМПЭ представлена на рисунке 1.

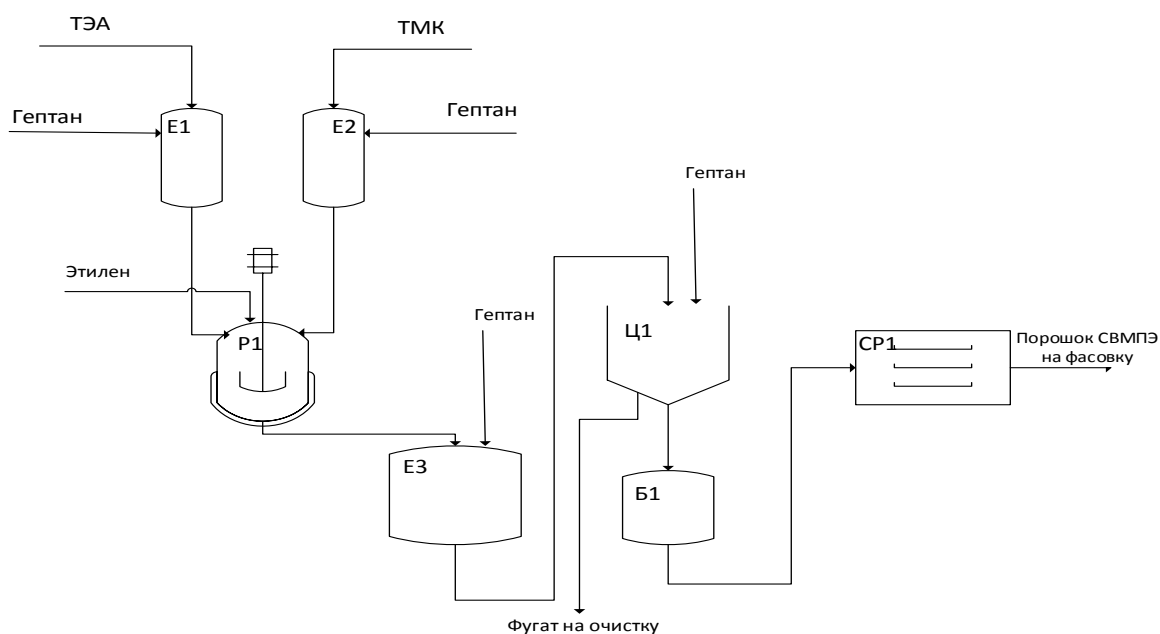


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема производства СВМПЭ:

E1, E2-мерник; P1-реактор; E3- дегазатор; Ц1- центрифуга; Б1- бункер;
СР1-сушилка.

2.1.1 Приготовление раствора триэтилалюминия (ТЭА)

Триэтилалюминий (ТЭА) - сокатализатор реакции полимеризации этилена. Раствор ТЭА в гептане с массовой долей ТЭА 10-15% (максимальная непироформная массовая доля ТЭА 15%) поступает на установку в специальном контейнере.

Приготовление раствора ТЭА производится в аппарате Е-1. Сначала в мерник Е-1 подаётся гептан насосом Н-3 из сборника растворителя, а затем раствор ТЭА перекачивается азотом с давлением 3,0 кгс/см (0,3 МПа). Количество ТЭА, подаваемое в аппарат Е-1, выбирается из условия приготовления раствора ТЭА с массовой концентрацией ТЭА. Мерная емкость Е-1 представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат с коническим дном, рубашкой и якорной мешалкой для перемешивания раствора ТЭА и улучшения теплосъёма.

Дозировка раствора ТЭА в реакторы полимеризации Р-1 производится из нижней части корпуса аппарата Е-1 дозирующими насосами Н-/2. Для охлаждения раствора ТЭА, в рубашку мерника Е-1 подаётся холодная обратная вода, расход которой регулируется вручную.

Контейнер с раствором ТЭА после разгрузки промывается гептаном и продувается азотом.

Титаномагнийевый катализатор (ТМК) поступает на установку в специальном контейнере, в виде суспензии в гептане. Количество катализатора, загруженное в контейнер, выбирается из требования получения в аппарате Е-2 его суспензии. Выгрузка суспензии катализатора из контейнера производится самотёком в атмосфере азота через систему двух шаровых клапанов в мерник Е-2. Мерная емкость Е-2 представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат с коническим дном, рубашкой и турбинной мешалкой для перемешивания раствора ТМК и улучшения теплосъёма.

Для охлаждения раствора ТМК в рубашку мерника Е-2 подаётся холодная оборотная вода, расход её регулируется вручную. Приготовление суспензии в аппарате Е-2 проводят периодически по мере надобности.

Контейнер с раствором ТМК после разгрузки промывается гептаном и продувается азотом.

Гептан поступает по трубопроводу с установки приема и осушки растворителя производства полипропилена с давлением 2 кгс/см (0,2 МПа) в емкость с последующей подачей в ёмкость, откуда насосом) подается на регенерацию, а затем в сборник растворителя.

Этилен поступает на установку по трубопроводу с производства "ПС и ГП» с давлением 1,4-1,6 МПа.

Азот поступает на установку по трубопроводу с азотно-кислородного цеха с давлением 8,0 кгс/см (0,8 МПа), редуцируется до 3,0 кгс/см (0,3 МПа) для проведения продувок технологического оборудования. Защита трубопровода азота от превышения давления осуществляется предохранительным клапаном со сбросом давления азота на свечу.

2.1.2 Полимеризация этилена

Суспензионная полимеризация этилена проводится в среде гептана в непрерывном режиме с использованием металлоорганического катализатора, состоящего из твердого компонента - титаномагниевого катализатора ($n\text{MgCl}_2(m\text{TiCl}_4)$) и сокатализатора - триэтилалюминия ($\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$).

Титаномагниевый катализатор представляет собой продукт, полученный нанесением четырех хлористого титана (активный компонент) на поверхность носителя - безводного хлорида магния. Комплекс каталитических и технологических показателей катализатора полностью определяется способом получения хлорида магния, определяющего его состав, удельную поверхность, текстуру и гранулометрическое распределение по размерам его частиц.

Полимеризация этилена ведётся в реакторах Р-1, вместимостью 4 м³. Реактор представляет собой вертикальный аппарат, оборудованный мешалкой с регулируемым числом оборотов для перемешивания и создания достаточного контакта, реагирующих веществ. У реактора имеется система термостатирования, включающая теплообменную рубашку.

Процесс протекает при температуре 50-80°C и давлении 0,2-0,4 МПа.

Для проведения реакции полимеризации в реакторы Р-1 непрерывно поступают:

Суспензия катализатора ТМК подаётся из емкости-мерника Е-2 при помощи насоса Н-1/2 или перекачивается азотом;

Раствор сокатализатора ТЭА в гептане подаётся из емкости- мерника Е-1 насосами-дозаторами Н-1/3. Расход сокатализатора задается в зависимости от расхода этилена;

Этилен подаётся через клапанную сборку. Расход этилена задается по прибору на ЦПУ, исходя из диапазона давления в реакторе 0-0,4 МПа в зависимости от марки полимера и регулируется автоматически регулирующими клапанами;

Гептан подаётся насосом Н-3 из сборника. Расход гептана регулируется автоматически регулирующими клапанами, заданием массового соотношения этилен : гептан (1,0 : 1,5).

Полимеризация этилена - экзотермическая реакция с тепловым эффектом 3,5 МДж/кг. Для снятия тепла в рубашки реакторов подаётся обратная вода. Расход обратной воды регулируется автоматически. Для запуска реакции полимеризации необходима подача тепла, для этого в рубашки реакторов подаётся обратная вода с температурой, которая выбирается в зависимости от интенсивности ведения процесса, либо в зависимости от количества тепла, выделяемого в результате реакции. Горячая вода поступает после теплообменников, горизонтальные, кожухотрубчатые с поверхностью теплообмена, в которых обратная вода нагревается насыщенным водяным паром с давлением 0,3 МПа. Температура обратной воды на выходе из теплообменников регулируется автоматически.

2.1.3 Дегазация этилена из суспензии полимера

Количество суспензии СВМПЭ в гептане поддерживается на определённом уровне, соответствующем (70-80) % вместимости реактора. Выгрузка суспензии из реакторов Р-1 производится в дегазатор Е-3, представляющий собой вертикальную цилиндрическую емкость, снабженную мешалкой. В нем за счет перепада давления происходит выделение растворенного этилена и паров гептана. В дегазаторе производится разбавление суспензии гептаном до необходимой концентрации. Для получения необходимого соотношения полимера и растворителя в суспензии предусмотрено регулирование подачи гептана. Часть суспензии с линии циркуляции подается насосом на центрифуги Ц-1.

Парогазовая фаза из Е-3 поступает в теплообменник, вертикальный, кожухотрубчатый, где конденсируются пары гептана, а для этилена предусмотрена сдувка на выходе из теплообменника.

2.1.4 Разделение суспензии полимера

Через окна в роторе суспензия подается в барабан, вращающийся со скоростью (5000-5800) об./мин, и под действием центробежных сил разделяется на две фазы. Жидкая фаза - фугат сливается через окно в корпусе центрифуги и поступает самотеком в емкость. Предусмотрена возможность поступления фугата напрямую в ёмкость. Твердая фаза - влажный порошок с помощью шнека на роторе продвигается к выгрузочному окну в корпусе центрифуги и выгружается в бункера, представляющие собой конические, вертикальные аппараты. Выгрузка порошка и слив фугата производятся непрерывно.

Сдувки отводятся через гидрозатвор поз. Г-1, представляющий собой вертикальный аппарат, на узел улавливания. При понижении давления продувочного азота менее 0,13 кгс/см² (0,013 МПа) подается сигнал, по которому необходимо приступить к разгрузке центрифуги и ее остановке.

Накопление влажного порошка в бункерах ведется до тех пор, пока датчики верхнего предельного уровня не дадут сигнал. По этому сигналу необходимо с пульта на ЦПУ закрыть клапан на подаче суспензии, разгрузить центрифугу и остановить ее. На линии подачи суспензии в центрифуги Ц-1 установлен трехходовой вентиль, для направления потока суспензий на одну из двух центрифуг, и при наполнении бункера производится переключение на пустой бункер. Хранение порошка в бункерах осуществляется под азотным "дыханием". Сдувка азота с бункеров производится через гидрозатвор, представляющий собой вертикальный аппарат, на узел улавливания. Для предотвращения накопления порошка в гидрозатворе необходимо производить его периодическую чистку.

2.1.5 Сушка порошка СВМПЭ

Сушка полимера производится в роторно-вакуумной сушилке СР- 1, представляющей собой горизонтальный аппарат с рубашкой. Пока идёт наработка порошка в бункеры, проводится подготовка сушильного аппарата к работе. Его дважды "полоскают" азотом с последующим стравливанием азота на свечу. Затем сушилку равномерно разогревают, подавая одновременно горячий конденсат пара с температурой 95 °С от насосов в рубашку корпуса и в ротор. Ротор при этом должен вращаться на загрузку.

После разогрева сушилки, в корпус сушилки производится загрузка порошка с помощью вакуума из заполненного бункера. После загрузки корпус сушилки герметизируется (закрываются клапаны на загрузочных и выгрузочных линиях порошка, а также на линии азота для "промывки" сушилки и воздушника). С помощью вакуумной системы корпус сушилки вакуумируется.

Вакуумный насос создаёт разрежение в сушилке СР-1, и пары гептана с азотом поступают из сушилки в теплообменник, охлаждаются оборотной водой, и далее поступают в вакуумную ёмкость. Разрежение в сушилке определяется количеством жидкости, подаваемой в рабочую камеру вакуум-насоса в зависимости от марки полимера.

После вакуумного насоса парогазовая смесь с унесенной капельной влагой поступает в теплообменник, где пары гептана и влаги охлаждаются водой до 30°С и конденсируются. Смесь сконденсированного гептана и его паров с азотом поступает в сепаратор С-1, где разделяется на жидкую и парогазовую фазы. Парогазовая фаза идет на узел улавливания, а жидкая фаза - гептан отстаивается от унесенной влаги и из нижней зоны сепаратора выгружается периодически в линию фугата, далее - в емкость.

Операция сушки заканчивается при остаточной влажности порошка не более 0,15 % массовой доли влаги по данным анализа на содержание летучих в

пробах, периодически отбираемых из пробоотборника. Далее останавливается вакуум-насос, стравливается вакуум с помощью азота. Сухой порошок выгружается самотёком в из бункера Б-1. Хранение порошка осуществляется под азотным "дыханием".

2.1.6 Фасовка порошка полимера

Узел фасовки состоит из бункеров Б-1, представляющих собой вертикальные конические аппараты, для временного хранения и расфасовки товарного порошка СВМПЭ. Хранение порошка в бункерах осуществляется под азотным "дыханием" 0,13 кгс/см² (0,013 МПа).

Сдувка азота производится в атмосферу через гидрозатвор, представляющий собой вертикальный аппарат. Для предотвращения накопления порошка в гидрозатворе необходимо производить его периодическую чистку. После заполнения бункера Б-1 до заданного уровня аппаратчик вручную по месту закрывает клапан на входе в бункер и открывает загрузочный клапан на входе в свободный бункер Б-4. В течение времени заполнения бункера поз, Б-4 производится выгрузка порошка СВМПЭ из бункера Б-3. Для этого аппаратчик открывает клапан на выходе из бункера. Порошок полимера поступает в мешок, взвешивается на весах по 25 кг.

Порошок СВМПЭ упаковывается в полиэтиленовые мешки по 25 кг, которые вкладываются в мешки из полипропилена и затем прошиваются.

Полипропилен-порошок хранят в закрытом помещении, исключающем попадание прямых солнечных лучей, на расстоянии не менее 1м от нагревательных приборов при температуре не более 30 °С и относительной влажности не более 80 %.

Готовая продукция отправляется на склад для хранения и отправки потребителю.

2.2 Материальные расчет

Процесс синтеза СВМПЭ включает в себя следующие стадии: приготовление и загрузка сырья, полимеризация, дегазация, центрифугирование, сушка и упаковка.

Годовая производительность $N=8000$ т/год, процесс непрерывный. Число рабочих дней в году – $D=365-20=360$.

Производительность в сутки без учета потерь составляет:

$$P_c = \frac{N}{D} = \frac{8000}{365} = 23,19 \text{ Т/сутки} = 966,25 \text{ КГ/Ч} \quad (1)$$

Потери по стадиям равны:

1. Стадия полимеризации $\alpha_1=0,7\%$;
2. Стадия дегазации $\alpha_2=0,3\%$;
3. Стадия центрифугирования $\alpha_3=0,1\%$;
4. Стадия сушки $\alpha_4=0,2\%$;
5. Стадия упаковки $\alpha_5=0,2\%$.

Производительность в час с учетом потерь составляет величину, равную [4]:

$$P_c^П = \frac{P_c}{\left(1-\frac{\alpha_1}{100}\right)\left(1-\frac{\alpha_2}{100}\right)\left(1-\frac{\alpha_3}{100}\right)\left(1-\frac{\alpha_4}{100}\right)\left(1-\frac{\alpha_5}{100}\right)} = \frac{23,19}{\left(1-\frac{1,5}{100}\right)} = 23,54 \text{ Т/сутки} = 980,83 \text{ КГ/Ч}; \quad (2)$$

Производительность в сутки без учета потерь на абсолютно сухой полимер (влажность продукта – 0,15%) [4]:

$$P'_c = P_c \cdot \left(1 - \frac{\phi}{100}\right) = 23,19 \cdot \left(1 - \frac{0,15}{100}\right) = 23,16 \text{ Т/сутки} = 965 \text{ КГ/Ч}; \quad (3)$$

Производительность в сутки с учетом потерь на абсолютно сухой полиэтилен составляет[4]:

$$\Pi_{\text{с}}^{\text{П}} = \Pi_{\text{с}}^{\text{П}} \cdot \left(1 - \frac{\Phi}{100}\right) = 23,50 \text{ Т/сутки} = 979,167 \text{ КГ/ч} ; \quad (4)$$

Общие потери полимера составляют [4]:

$$\Pi_0 = \Pi_{\text{с}}^{\text{П}} - \Pi_{\text{с}}' = 23,50 - 23,16 = 14,167 \text{ КГ/ч} \quad (5)$$

Таблица 3 – Приготовление раствора триэтилалюминия в аппарате Е-1 (периодический процесс)

Приход	кг/сут	%	Расход	кг/сут	%
1.Раствор триэтилалюминия в гептане из контейнера, в т.ч.:			1.Раствор триэтилалюминия в гептане, в т.ч.:		
- триэтилалюминий	6,36	4,37	-триэтилалюминий	6,3617	4,37
- гептан	16,9	11,62	- гептан	134,34	92,39
- азот	0,03	0,02	- азот	0,2	0,14
2. Гептан, в т.ч.:			2.Парогазовая смесь на узел очистки газовых сбросов, в т.ч.:		
- гептан	117,74	80,98	- гептан	0,3	0,21
- триэтилалюминий	0,0017		- азот	4,2	2,89
- азот	0,17	0,12			
3. Азот	4,2	2,89			
Итого:	145,402	100	Итого:	145,402	100

Примечание: приготовление раствора ТЭА производится 1 раз в сутки.

Таблица 4 – Приготовление суспензии триэтилалюминия ТМК в аппарате Е-2 (периодический процесс)

Приход	кг/сут	%	Расход	кг/сут	%
1.Титанмагнийевый катализатор из контейнера	0,61	0,42	1.Суспензия ТМК, в т.ч.:		
			-ТМК	0,61	0,42
2. Гептан, в т.ч.:			- гептан	140,1	96,34
- гептан	140,4	96,55	- азот	0,2	0,14
- триэтилалюминий	0,002		- ТЭА	0,002	
- азот	0,2	0,14			
			2.Парогазовая смесь на узел очистки газовых сбросов, в т.ч.:		
3. Азот	4,2	2,89	- гептан	0,3	0,21
			- азот	4,2	2,89
Итого:	145,412	100	Итого:	145,412	100

Примечание: приготовление суспензии ТМК производится 1 раз в сутки.

Таблица 4 – Полимеризация этилена в реакторе Р-1

Приход	кг/ч	%	Расход	кг/ч	%
1.Раствор триэтилалюминия в гептане, в т.ч.:			1.Суспензия полиэтилена в гептане, в т.ч.:		
-триэтилалюминий	2,082	0,08	- полиэтилен	991,058	37,564
- гептан	42,47	1,61	- гептан	1586,61	60,14
- азот	0,061	0,0023	- этилен	14,7	0,5572
			- катал.комплекс	2,279	0,0864
2.Суспензия ТМК, в т.ч.:			- водород	0,166	0,01
-ТМК	0,197	0,0075	- азот	1,852	0,07
- гептан	44,31	1,68	Потери полимера:	41,667	1,579
- азот	0,061	0,0023			
3. Гептан	1499,83	56,848			
4.Этилен	1047,425	39,7			
5.Азот	1,73	0,066			
6.Водород	0,166	0,0063			
Итого:	2638,332	100	Итого:	2638,332	100

Таблица 5 – Дегазация полиэтилена в дегазаторе Е-3

Приход	кг/ч	%	Расход	кг/ч	%
1.Суспензия полиэтилена гептане, в т.ч.: - полиэтилен - гептан - этилен - катал.комплекс - водород - азот	 991,058 1586,61 14,7 2,279 0,166 1,852	 37,564 60,14 0,5572 0,0864 0,01 0,07	1.Суспензия полиэтилена в гептане, в т.ч.: - полиэтилен - гептан - этилен - катал.комплекс	 988,228 1574,17 0,1952 2,279	 38,058 60,62 0,0075 0,0875
			2.Пары гептана и газы на узел очистки газовых сбросов, в т.ч.: - гептан - этилен - водород - азот	 12,44 14,505 0,166 1,852	 0,479 0,5586 0,071 0,0064
			3.Потери полимера	2,83	0,109
Итого:	2596,665	100	Итого:	2596,665	100

Таблица 6 – Центрифугирование суспензии полиэтилена в центрифуге Ц-1

Приход	кг/ч	%	Расход	кг/ч	%
1.Суспензия полиэтилена в гептане, в т.ч.:			1.Влажный полиэтилен на сушку, в т.ч.:		
- полиэтилен	988,228	38,058	- полиэтилен	984,58	38,387
- гептан	1574,17	60,62	- гептан	143,49	5,59
- этилен	0,1952	0,0075			
- катал.комплекс	2,279	0,0875			
			2.Фугат после центрифуги в сборник, в т.ч.:		
			- полиэтилен	2,69	0,1049
			- гептан	1430,68	55,78
			- этилен	0,1952	0,089
			- катал.комплекс	2,279	0,0076
			3.Потери полимера	0,958	0,0374
Итого:	1128,07	100	Итого:	1128,07	100

Таблица 7 – Сушка полиэтилена в роторно-вакуумной сушилке СР-1

Приход	кг/ч	%	Расход	кг/ч	%
1.Влажный полиэтилен на сушку, в т.ч.: - полиэтилен - гептан	984,58 143,49	87,28 12,719	1.Высушенный полиэтилен в т.ч.:	982,705 0,215	87,1138 0,0191
			- полиэтилен		
			- влага (0,15%)		
			2.Потери в т.ч.:	1,875 143,275	0,1662 12,7009
			-полиэтилен		
			- гептан		
Итого:	1128,07	100	Итого:	1128,07	100

Таблица 8 – Упаковка гранул полиэтилена

Приход	кг/ч	%	Расход	кг/ч	%
1.Полиэтилен после сушки в т.ч.:			1.Полиэтилен готовый т.ч.:		
- полиэтилен	982,705	99,978	- полиэтилен	980,83	99,787
- влага (0,15%)	0,215	0,0219	-влага (0,15%)	0,215	0,0219
			2.Потери	1,875	0,1908
Итого:	982,92	100	Итого:	982,92	100

2.3 Тепловой расчет основного аппарата

Во время пуска в реактор загружается 2638,332 кг смеси.

1. Количество тепла, которое необходимо подвести для разогревания реакционной массы до 60°C, рассчитывается по формуле [4]:

$$Q_{\text{пр.}} = \sum G_i \cdot C_{pi} \cdot t_i, \quad (6)$$

где G_i – количество, кг;

C_{pi} – теплоемкость, кДж/кг·С°;

t_i – температура поступающая в реактор, С°.

В таблице 9 приведены значения прихода, теплоемкости и температуры поступающих веществ в реактор.

Таблица 9 – Тепловые характеристик поступающих в реактор веществ

Поступающее вещество	Количество, кг	Теплоемкость, кДж/кг·С°	Температура, С°
1.Этилен	1047,425	1,53	60
2.Гептан	1586,61	0,65	60
3.Водород	0,166	14,3	30
4.Азот	1,852	1,05	30
5.ТМК	0,1972	0,702	18
6.ТЭА	2,08182,0818	2,0818	18

Исходя из значений приведенных в таблице 9, расчетное количество тепла прихода составит, $Q_{\text{прихода}} = 158244,32$ кДж/ч=43,975 кВт.

Количество тепла химической реакции[4]:

$$Q_{x.p} = \Delta H_{\text{этилен}}^0 \cdot n_{\text{этилен}} = 93,97 \text{ кДж/моль} \cdot \frac{1047,425}{28} \text{ моль} = 3515,23 \text{ кДж} = 0,976 \text{ кВт}; \quad (7)$$

Количество тепла выделяемое в процессе синтеза[4]:

$$Q_{\text{проц.}} = Q_{\text{прих.}} + Q_{x.p} + Q_{\text{мешал.}} = 43,957 + 0,976 + 8,7914 = 53,7244 \text{ кВт} = 193407,84 \text{ кДж}; \quad (8)$$

Количество тепла расходуемое рассчитываем по формуле[4]:

$$Q_{\text{расх.}} = \sum G_i \cdot C_{pi} \cdot t_i, \quad (9)$$

где G_i – количество, кг;

C_{pi} – теплоемкость, кДж/кг·С°;

t_i – температура поступающая в реактор, С°.

Следовательно, количества тепла расходуемое составит:

$$Q_{\text{расх.}} = 119335,59 \text{ кДж} = 33,149 \text{ кВт.}$$

Следовательно:

$$Q_{\text{изб.}} = Q_{\text{проц.}} - Q_{\text{расх.}} = 38908,73 \text{ кДж}; \quad (10)$$

Рассчитаем расход воды для разогревания реакционной массы[4]:

$$G_{\text{воды}} = \frac{Q_{\text{изб.}}}{C_{p \text{ воды}} \cdot \Delta t_{\text{ср.}}} = \frac{38908,73}{4,19 \cdot 10} = 464,3 \text{ кг}, \quad (11)$$

где $\Delta t_{\text{ср.}} = \frac{(40-20)}{2} = 10^\circ\text{C}$; $C_{p \text{ воды}} = 4,19 \text{ кДж/кг} \times \text{К.}$

Площадь поверхности нагрева:

$$F = \frac{Q_{\text{изб.}}}{\Delta t_{\text{ср.}} \cdot K} = \frac{10807}{120 \cdot 10} = 9,0 \text{ м}^2 \quad (12)$$

где $K = 120 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$

По справочнику «Основы конструирования и расчета химической аппаратуры» А.А.Лещинский принимаю $F=9,4 \text{ м}^2$, а следовательно $V = 4 \text{ м}^3$.

2.4 Механический расчет

Плотность суспензии нашел по формуле[4]:

$$\frac{1}{\rho_{\text{сусп.}}} = \frac{x_1}{\rho_{\text{гепт.}}} + \frac{x_2}{\rho_{\text{этил.}}} + \frac{x_3}{\rho_{\text{к.к.}}} + \frac{x_4}{\rho_{\text{ПЭ}}} = \frac{0,6014}{683} + \frac{0,0056}{1260} + \frac{0,000864}{974} + \frac{0,376}{936} = 0,00129; \quad (13)$$

Следовательно, $\frac{1}{\rho_{\text{сусп.}}} = 0,0013 \Rightarrow \rho_{\text{сусп.}} = 776,66 \text{ кг/м}^3$.

$$q_c = \frac{G \cdot t}{\rho_{\text{сусп.}} \cdot 3600} = 4,3 \frac{\text{кг}}{\text{с}}; \quad (14)$$

$$f = \frac{q_c}{\omega} = \frac{4,3}{1,5} = 2,9 \text{ м}^2 \quad (15)$$

Найдем внутренний диаметр обечайки:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot f}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,9}{3,14}} = 1,8 \text{ м} \quad (16)$$

Объем рубашки:

$$V = \frac{G \cdot t}{\rho_{\text{сусп.}}} = \frac{2636,32 \cdot 5400}{776,66} = 4 \text{ м}^3 \quad (17)$$

По справочнику «Основы конструирования и расчета химической аппаратуры» А.А.Лацинский принимаю, $D=1800 \text{ мм}$, $D_1=1900 \text{ мм}$, $F=9,4 \text{ м}^2$, а следовательно $V=4 \text{ м}^3$.

Диаметр штуцеров рассчитывал по формуле[4]:

$$D_{\text{штуц.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}} \quad (18)$$

В таблице 10 приведены значения расхода, плотности, скорости и рассчитанные диаметры штуцеров для всех вводимых компонентов и вывода суспензии из реактора.

Таблица 10 – Диаметры штуцеров

Вещество	Расход, кг/с	Плотность, кг/м ³	Скорость, м/с	Диаметр штуцера, мм
1. Этилен	0,291	1260	20	50
2. Гептан	0,417	683	1	100
3. Азот	0,00048	1,25	20	50
4. Водород	$4,6 \cdot 10^{-5}$	0,09	20	50
5. Суспензия ТМК	$5,5 \cdot 10^{-5}$	974	0,2	50
6. Раствор ТЭА	0,00058	974	0,2	50
7. Выгрузка суспензии	0,73287	776,66	0,2	200
8. Вода	0,129	1000	1,5	100

2.5 Контроль производства

2.5.1 Аналитический контроль

2.5.1.1 Методика определения воды в гептане

Сущность метода заключается во взаимодействии йода с сернистым ангидридом в присутствии воды с образованием йодистоводородной кислоты и серного ангидрида в среде метанола.

Масса навески анализируемого препарата указана в нормативно – технической документации на анализируемый препарат.

Установка титра реактива Фишера по раствору воды в метаноле.

В сухую колбу для титрования помещают 10 см³ раствора воды в метаноле, отмеренных пипеткой или бюреткой, и титруют реактивом Фишера до появления красноватого – коричневой окраски. Одновременно титруют 10 см³ метанола, применяемого для приготовления раствора воды. Титр реактива Фишера в мг воды/см³ вычисляют по формуле:

$$q_c = \frac{m}{(V - V_1) \cdot 10}; \quad (19)$$

Где m – масса воды, взятая для приготовления раствора воды в метаноле, г;

V – объем реактива Фишера, израсходованного на титрование воды, см³;

V₁ - объем реактива Фишера, израсходованного на титрование метанола, см³.

Затем в колбу для титрования вводят анализируемый препарат, отмечая время ввода пробы в ячейку. Включают магнитную мешалку, перемешивают смесь в течении 1- 2 мин и титруют реактивом Фишера до первоначального установления стрелки микроамперметра на определенном делении шкалы. Таким образом титруют в течении 10 – 15 мин с интервалом, при этом каждый раз необходимо отмечать время титрования и объем израсходованного реактива. По полученным результатам строят график.

2.5.1.2 Методика определения вязкости разбавленных растворов полимеров

Сущность метода заключается в измерении времени истечения разбавленных растворов полимеров через капилляр вискозиметра.

Испытания должны проводиться при температуре, указанной в ТУ на материал. Вискозиметр устанавливается вертикально в термостат, уровень которого должен быть на 3-4 см³ ниже верхнего конца колена вискозиметра. Чистый сухой вискозиметр заполняют растворителем или раствором в количестве 13 -39 мл концентрацию растворов полученных разбавлением в вискозиметре.

После 15 мин термостатирования определяют время истечения растворителя. Далее определяют динамическую вязкость разбавленных растворов полимеров.

2.5.2 Автоматический контроль

Для качественного ведения процесса полимеризации сверхвысокомолекулярного полиэтилена разработана система автоматического управления. Данная система выполнена на основе влияния параметров на эффективность процесса полимеризации. Данная система автоматизации выполняет следующие функции: собирает информацию о ходе технологического процесса (первичные измерительные преобразователи) и предоставляет ее в форме удобной для наблюдения (вторичные приборы), а так же позволяет быстро и точно корректировать режим работы при изменении параметров и стабилизирует их (регуляторы, исполнительные механизмы и регулирующие органы).

Система автоматизации представлена на схеме автоматизации. САУ включает следующие контуры контроля и регулирования:

1. Контур регулирования температуры в рубашке реактора путем изменения подачи теплоносителя в рубашку;

2. Контур регулирования уровня в мерниках путем изменения подачи реагентов (гептан, каталитический комплекс);
3. Контур регулирования расхода реагентов путем изменения подачи реагентов;
4. Контур контроля давления в реакторе.

В качестве первичных измерительных преобразователей применил современные, конкурентоспособные датчики фирмы «Метран». В качестве вторичных преобразователей и регуляторов применил приборы ДИСК 250, преобразователь разности давления фирмы «Метран» и «Львовприбор». В качестве исполнительных механизмов и регулирующих органов применил механизм электроисполнительный прямоходный (МЭП).

Типы выбранных приборов и средств автоматизации, сгруппированные по параметрам, представлены в спецификации.

Разберем работу одного из контуров регулирования, а именно контур регулирования температуры в реакторе. Для эффективности процесса полимеризации СВМПЭ, необходимо поддерживать температуру при 60°C, это осуществляется путем подачи теплоносителя (воды) в рубашку реактор. Для этого температуру смеси измеряют термопреобразователем сопротивления медным фирмы «Метран» (ТСМ Метран- 204 (100М), с диапазоном измерения -50...150°C, после чего электрический сигнал поступает на вторичный электрический прибор, показывающий, регистрирующий с ПИ- регулированием ДИСК 250-1431, после чего на задатчик ручной РЗД- 12, далее на блок ручного управления БРУ- 22, далее на пускатель бесконтактный реверсивный и далее с помощью механизма электроисполнительного прямоходного (МЭП 2500/100-50Х-00К) установленного на линии подачи теплоносителя (воды), регулируют приток воды в рубашку, тем самым стабилизируют температуру в реакторе.

Заключение

В данной работе были рассмотрены имеющиеся способ получения полиэтилена. На основании технико-экономических данных был выбран способ производства сверхвысокомолекулярного полиэтилена. Процесс рекомендовано проводить в суспензии в присутствии ТМК И ТЭА. Для выбранного способа получения были выполнены инженерные расчеты: материальный, тепловой баланс и технологические расчет основного аппарата - емкостного реактора с мешалкой. На основе расчетов предложены конструктивные решения. Проведен финансовый анализ проекта и выявлены опасные факторы производства и пути их устранения.

Список литературы

1. Андреева И.Н., Веселовская Е.В. и др. – Сверхвысокомолекулярный полиэтилен высокой плотности. – Л.: Химия, 1982. – 80с.
2. Постоянный технологический регламент 501-1-06 Опытной промышленной установки полимеризации этилена
3. Тугов В.И., Костыркина Г.И. – Химия и физика полимеров. – М.: Химия, 1989. – 432 с.
4. Сутягин В.М., Лопатинский В.П., Ляпков А.А. Основы проектирования и оборудование производства полимеров. Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, Часть 1. – 1998. – 118 с., Часть 2. – 1999. – 114 с., Часть 3. – 2004. – 68 с.
5. В.В.Бочкарев, А.А.Ляпков. Выполнение графической части курсового и дипломного проектов. Методическое пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 1997. – 56 с.
6. Голосов А.П., Динцес А.И. Технология производства полиэтилена и полипропилена. – М.: Химия, 1978. – 216 с.
7. Кукин П. П., Лапин В. Л., Пономарев Н. Л., Сердюк Н. И. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): Учеб. Пособие для вузов. – 5-е изд., стер. М.: Высш. Шк., 2009. – 335 с.;
8. Постоянный технологический регламент 501-1-06 Опытной промышленной установки полимеризации этилена
9. Максименко Г.Т., Техника безопасности при применении пожароопасных, взрывоопасных и токсичных материалов / Г. Т. Максименко, В. М. Покровский. — 3-е изд., перераб. и доп. — Киев: Будівельник, 1987. — 150 с.: ил.: 22 см. — Библиогр.: с. 148
10. Пряников, Виктор Иванович. Техника безопасности в химической промышленности : учебное пособие / В. И. Пряников. — Москва: Химия, 1989. — 288 с.: ил. — Библиогр.: с. 240-242.

- 11.ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
- 12.ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
- 13.ГН 2.2.5.1313–03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы.
- 14.ГН 2.2.5.1313 – 03. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
- 15.ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.
- 16.Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.