

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)


Факультет Инженерно-физический
Кафедра Химии и химической технологии
Направление подготовки 18.03.01 – Химическая технология
Направленность (профиль) образовательной программы Химическая
технология природных энергоносителей и углеродных материалов

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Зав. кафедрой
_____ Ю.А. Гужель
« ____ » _____ 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Расчёт установки полипропилена на ООО «ЗапСибНефтехим»

Исполнитель
студент группы 618-об



(подпись, дата)

Дубинин Д.В.

Руководитель
канд.техн.наук



(подпись, дата)

Ю.А. Гужель

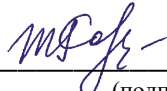
Консультант:
по безопасности
жизнедеятельности
доцент, канд.техн.наук



(подпись, дата)

А.В. Козырь

Нормоконтроль
доцент, докт.хим.наук



(подпись, дата)

Т.А. Родина

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет Инженерно-физический
Кафедра Химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой
_____ Ю.А. Гужель
« ____ » _____ 20__ г.

З А Д А Н И Е

К выпускной квалификационной работе студента Дубинина Дмитрия Витальевича

1. Тема выпускной квалификационной работы: «Расчёт установки полипропилена на ООО «ЗапСибНефтехим» утверждена Приказом от 30.04.2020 г № 810-уч
2. Срок сдачи студентом законченной работы 04.07.2020 г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: Производительность установки полипропилена – 500 тыс. т/год. Годовое время работы установки – 8000 часов. Температура в реакторе 70 °С. Температура свежего пропилен 20 °С. Технологическая документация, нормативная документация, литературные данные
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов): Литературный обзор по производству полипропилена. Характеристика сырья и готовой продукции установки полимеризации. Описание технологической схемы производства полипропилена. Составление материального баланса. Расчет петлевого реактора, конденсатора, сушилки, насоса
5. Перечень материалов приложения: Технологическая схема производства полипропилена
6. Консультанты по выпускной квалификационной работе Козырь А. В., канд. техн. наук, доцент; раздел «Безопасность и экологичность производства»
7. Дата выдачи задания 13.05.2020 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы: Гужель Юлия Александровна,
канд. техн. наук

Задание принял к исполнению 13.05.2020 г.



РЕФЕРАТ


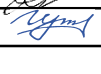

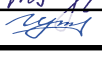
Бакалаврская работа содержит 66 с., 2 рисунка, 7 таблиц, 23 источника.

ПРОПИЛЕН, СЫРЬЁ, ПОЛИМЕР, КАТАЛИЗАТОР, ПРОДУКТЫ, ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ, РЕАКТОР, ПРОИЗВОДСТВО, ЭКСТРУЗИЯ

В работе изучена жидкофазная технология производства полипропилена (гомополимера) в петлевых реакторах полимеризации.

Цель работы – разработка технологической схемы установки жидкофазной полимеризации, а также составление материального и теплового балансов узла полимеризации и выполнение расчётов основного и вспомогательного оборудования.

На основе технологического регламента была рассмотрена установка производства полипропилена ООО «ЗапСибНефтехим», её схема, принцип работы и технология производства. Рассмотрены характеристики сырья и основных продуктов. Изучены параметры и устройство основных аппаратов, их назначение и особенности эксплуатации. Выполнен расчёт материального и теплового балансов, а также технологические расчёты основного и вспомогательного оборудования.

					ВКР.161863.180301.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Дубинин Д.В			Расчёт установки полипропилена на ООО «ЗапСибНефтехим»	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Гужель Ю.А				У	3	66
Н. Контр.		Родина Т.А.				АмГУ ИФФ гр. 618-об		
Утверд.		Гужель Ю.А.						

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Литературный обзор	7
1.1 Основные свойства полипропилена	7
1.2 Закономерности полимеризации полипропилена	11
1.2.1 Катализаторы процесса	17
1.3 Технология производства	20
1.4 Применение полипропилена	22
1.4.1 Как конструктивный материал	22
1.4.2 Тара и упаковка	23
1.4.3 Волокно	24
1.4.4 Как антикоррозионный материал	25
1.4.5 Применение машиностроении	25
1.4.6 Применение в электротехнике	26
2 Технологическая часть	28
2.1 Технология производства полипропилена	28
2.2 Характеристика сырья	31
2.3 Характеристика готовой продукции	33
2.4 Описание технологической схемы	36
2.5 Материальный и тепловой баланс	44
2.6 Технологический расчёт оборудования	51
2.6.1 Расчёт реактора	51
2.6.2 Расчёт конденсатора	53
2.6.3 Расчёт сушилки	54
2.6.4 Расчёт насоса	57

					ВКР.161863.180301.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Расчёт установки полипропилена на ООО «ЗапСибНефтехим»	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Дубинин Д.В.					У	4	66
Провер.	Гужель Ю.А.					АмГУ ИФФ зр. 618-об		
Н. Контр.	Родина Т.А.							
Утверд.	Гужель Ю.А.							

3 Безопасность и экологичность производства	59
3.1 Требования безопасной эксплуатации установки	60
3.2 Средства индивидуальной защиты	61
Заключение	63
Библиографический список	64

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

ВВЕДЕНИЕ





Производство полипропилена стало одной из наиболее развитых отраслей промышленности в России. Материал применяется практически во всех сферах деятельности человека, таких как медицина, автомобилестроение, строительство, электротехника и других областях.

Причина широкого потребления обусловлена низкой себестоимостью, более легким способом утилизации, по сравнению с другими видами полимеров, а также химическими, физическими и механическими свойствами. Всё это создает радужные перспективы для сбыта полипропилена в качестве сырья для изготовления готовой продукции.

Цель бакалаврской работы – приобретение профессиональных компетенций путем изучения регламента существующей установки, проведение научных исследований и вычислений для решения задач, связанных с разработкой инновационных методов создания химико-технологических процессов, веществ и материалов.

Для реализации цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить технологию производства полипропилена на ООО «ЗапСибНефтехим»;
2. Составить технологическую схему установки и её описание;
3. Составить материальный и тепловой балансы;
4. Выполнить расчёты основного и вспомогательного оборудования.

					ВКР.161863.180301.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Расчёт установки полипропилена на ООО «ЗапСибНефтехим»	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Дубинин Д.В.				У	6	66
Провер.		Гужель Ю.А.						
Н. Контр.		Родина Т.А.						
Утверд.		Гужель Ю.А.						АмГУ ИФФ гр. 618-об

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Основные свойства полипропилена

Полипропилен – термопластичный полимер пропилена, получаемый полимеризацией в присутствии металлокомплексных катализаторов, например, катализаторов Циглера-Натта (смесь $TiCl_4$ и AlR_3).

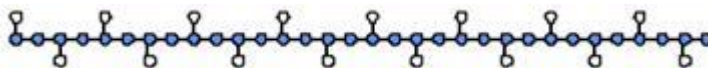
Параметры, необходимые для получения полипропилена близки к тем, при которых получают полиэтилен низкого давления. При этом, в зависимости от конкретного катализатора, может получаться любой тип полимера или их смеси. Готовый полипропилен выпускают в виде порошка белого цвета или стабилизированных, окрашенных и неокрашенных гранул.

Полипропилен обладает ценным сочетанием свойств, изучение которых привлекает внимание многих исследователей, работающих как в области теории макромолекулярной химии и физики, так и в области переработки и применения полимерных материалов.

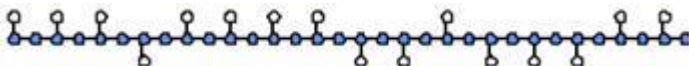
Полипропилен характеризуется более сложной молекулярной структурой, чем большинство производимых промышленностью полимеров, так как, помимо химического состава мономера, среднего молекулярного веса и молекулярно-весаого распределения, на его структуру оказывает влияние пространственное расположение боковых групп по отношению к главной цепи.


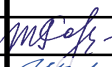

По типу молекулярной структуры можно выделить три основных типа:

- Изотактический;

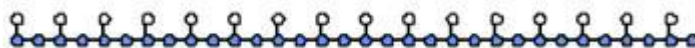


- Синдиотактический;



					ВКР.161863.180301.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Расчёт установки полипропилена на ООО «ЗапСибНефтехим»	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Дубинин Д.В.				У	7	66
Провер.		Гужель Ю.А.						
Н. Контр.		Родина Т.А.						
Утверд.		Гужель Ю.А.				АмГУ ИФФ зр. 618-об		

- Атактический;



Отличиями этих полимеров является позиционирование в пространстве метиловых групп. В полипропилене изотактического типа каждая из метиловых групп позиционируется с одной стороны полимера, в синдиотактическом полипропилене они могут позиционироваться с разных сторон, а в атактическом – позиционирование является случайным. Атактический полипропилен представляет собой каучукоподобный материал с высокой текучестью, температурой плавления – около $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, плотностью – 850 кг/м^3 , хорошей растворимостью в диэтиловом эфире. Изотактический полипропилен по своим свойствам выгодно отличается от атактического, а именно: он обладает высоким модулем упругости, большей плотностью – 910 кг/м^3 , высокой температурой плавления в $165 - 170\text{ }^{\circ}\text{C}$ и лучшей стойкостью к действию химических реагентов [1]. Стереоблокполимер полипропилена при исследовании с помощью рентгеновских лучей обнаруживает определённую кристалличность, которая не может быть такой же полной, как у чисто изотактических фракций, поскольку атактические участки вызывают нарушение в кристаллической решётке. Изотактический и синдиотактический образуются случайным образом. В техническом отношении наиболее важен и перспективен изотактический полипропилен. В зависимости от типа и соотношения присутствующих стереоизомеров свойства полипропилена изменяются в широком диапазоне.

Огромное значение в оценке практической пригодности полипропилена приобретают его механические свойства. Очевидно, что полимер с низким модулем упругости (с малой жесткостью), нельзя рекомендовать для изготовления технических деталей, подвергающихся большим механическим нагрузкам, и, наоборот, полимер с большой жесткостью оказывается непригодным там, где материал должен обладать свойством поглощать колебания с относительно высокой амплитудой.

Механические свойства полипропилена определяются его структурным

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		8

составом. Атактическая фракция в чистом виде обладает свойствами аморфно-жидких полимеров, изотактическая – свойствами высококристаллических полимеров, а механические свойства стереоблокполимера занимают промежуточное положение. Промышленный полипропилен состоит в основном из макромолекул изотактического строения, чем и обусловлены его высокие механические характеристики [2].

Подвергая испытуемый образец полимера растяжению на разрывной машине, можно охарактеризовать механические свойства полипропилена, определив зависимость удлинения от напряжения. При этом испытании под напряжением понимают усилие, действующее на единицу площади первоначального сечения образца.

Как и большинство синтетических полимеров, полипропилен является прекрасным диэлектриком [3]. Благодаря ничтожному водопоглощению его электроизоляционные свойства практически не изменяются даже после длительной выдержки в воде.

Поведение полипропилена как диэлектрика в переменном электрическом поле во многом сходно с поведением полимера при воздействии на него динамической механической нагрузки. Индуцированные диполи звеньев цепей ориентируются по мгновенному направлению поля, в большей или меньшей степени отставая при этом от возбуждающей силы. Диэлектрическая проницаемость полипропилена почти не зависит от частоты поля и температуры.

Поверхность полипропиленовых изделий отличается относительно хорошей износостойкостью. Стойкость к истиранию повышается с увеличением молекулярного веса и почти не зависит от стереоизомерного состава полипропилена.

Антифрикционные свойства при контакте полипропилена со сталью близки к аналогичным свойствам нейлона в сухом состоянии. При применении смазки коэффициент трения полипропилена снижается в меньшей степени, чем в случае нейлона.

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9

Неполярный характер полипропилена обуславливает плохую адгезию клеев к его поверхности [4]. Поэтому в настоящее время нет надежных методов склеивания полипропиленовых деталей между собой и с другими материалами.

Полипропилен представляет собой материал, обладающий химической устойчивостью. Существенное воздействие на него способны оказать лишь сильные окислители, такие как: азотная дымящая кислота, хлорсульфоновая кислота, олеум и галогены. Серная кислота в концентрации 58 %, а также 30-процентная перекись водорода в комнатных условиях имеют незначительное воздействие. Деструкция полипропилена происходит лишь в результате длительного контакта с данными реагентами при температуре от 60 °С.

Полипропилен является водостойким материалом (вплоть до температуры в 130 °С), а также устойчив к агрессивным средам (например, щелочам и кислотам, некоторые марки могут контактировать с пищевыми продуктами, использоваться для изготовления товаров и упаковки, а также в медико-биологической отрасли); но на него воздействуют сильные окислители (H_2SO_4 , HNO_3 , хромовая смесь).

В растворителях органического типа данный материал в условиях комнатной температуры немного набухает. При температуре, превышающей 100 °С, полипропилен растворяется в ароматических углеводородах, вроде толуола, бензола.

Из-за наличия третичных атомов углерода этот материал обладает большей чувствительностью к влиянию кислорода, особенно в условиях более высоких температур. Это и является причиной того, почему полипропилен более склонен к старению, если сравнивать его с полиэтиленом. Старение материала протекает более быстро и его сопровождает достаточно резкое ухудшение механических качеств полипропилена. По этой причине материал применяется лишь в стабилизированном виде. Стабилизирующие вещества используются для предохранения полипропилена от разрушения и во время переработки, и

при эксплуатации. Данный материал в меньшей мере, чем полиэтилен, подвергается растрескиванию, происходящему в результате влияния агрессивных сред [5]. Он может выдерживать стандартные тесты на растрескивание под напряжением, которые проводят в различных средах.

Полипропилен представляет собой водостойкий материал. Даже после шестимесячного контакта с водой (в комнатных условиях) его водопоглощение составляет не выше 0,5 %, а при температуре 60 °С данный показатель составляет меньше двух процентов.

1.2 Закономерности полимеризации полипропилена

Полимеризация – процесс получения высокомолекулярных веществ, при котором макромолекула образуется путём последовательного присоединения молекул одного или нескольких низкомолекулярных веществ (мономеров) к растущему активному центру. Полимеризация является цепной реакцией.

Цепными называются процессы, в которых превращение исходных веществ в продукты реакции осуществляются регулярным чередованием нескольких реакций с участием свободных радикалов или ионов (активных центров), идущих с сохранением свободной валентности (или с сохранением структуры активного центра) [6].

Любая цепная реакция включает три основные стадии: зарождение, продолжение и обрыв цепи.

Зарождение цепи (инициирование, образование активного центра) – стадия цепной реакции, на которой образуются свободные радикалы из валентно-насыщенных молекул исходных веществ (мономеров). Если молекулу вещества обозначить АХ, а молекулу мономера – М, то зарождение цепи может быть представлено схемой:



где А* – активная частица;

АМ* – активный центр.

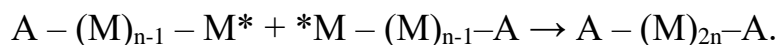
Продолжение (рост) цепи – стадия цепного процесса, протекающая с сохранением свободной валентности (структуры активного центра) и сопровождающаяся расходом исходных веществ (мономеров) и образованием продуктов реакции (полимеров).

При полимеризации рост цепи заключается в последовательном присоединении молекул мономера к активному центру в соответствии со схемой:



Обрыв цепи (гибель активного центра) – стадия цепного процесса, на которой исчезает свободная валентность.

При полимеризации обрыв цепи может происходить различными способами, простейшим из которых в случае радикального процесса является рекомбинация (соединение) по схеме:



Радикальная полимеризация – типичная цепная реакция. Она включает все стадии цепного процесса. Однако, поскольку эта реакция сопровождается большим количеством актов присоединения на стадии роста, следует различать цепи двух видов: материальную и кинетическую [7].

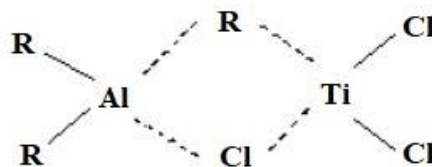
Материальная цепь характеризуется числом составных звеньев в макромолекуле, т.е. степенью полимеризации «n».

Кинетическая цепь характеризуется числом элементарных актов присоединения молекул мономера к активному центру в расчёте на один образовавшийся в процессе зарождения цепи свободный радикал. Эти величины не всегда совпадают.

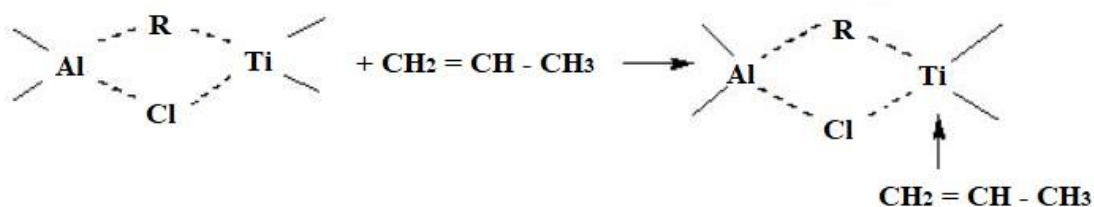
Истинный механизм реакции роста и фактор, определяющий образование стереорегулярного полимера, многие годы были предметом широких дискуссий. Среди обсуждавшихся механизмов полимеризации наибольшее признание получили так называемые биметаллический механизм Натта и монометаллический механизм Косси.

Натта предположил механизм полимеризации, в котором при смешении

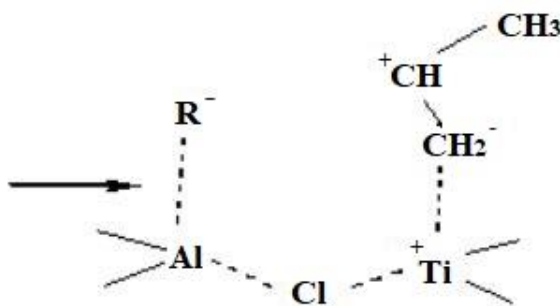
катализатора и сокатализатора происходит хемосорбция алкилатов алюминия на твердой поверхности хлоридов титана, в результате образуется координационный мостичный комплекс, имеющий дефицит электронов со следующей структурой:



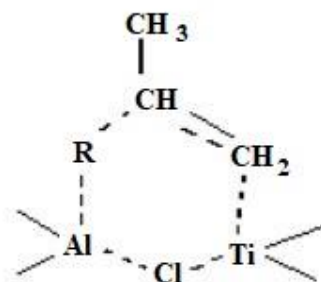
Этот комплекс теперь уже является активным центром. Молекула мономера притягивается к Ti–Cl связи (C атом из алкильной группировки R) активного центра и образует π -комплекс с ионом Ti:



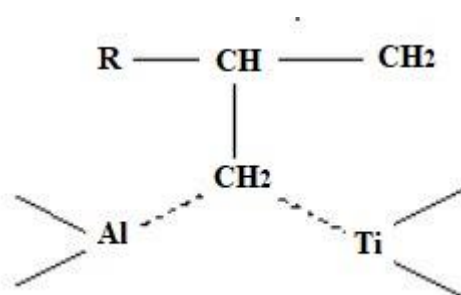
C-связь между R и Ti открывается, в результате возрастает дефицит электронов Ti и образуется карбанион на R:



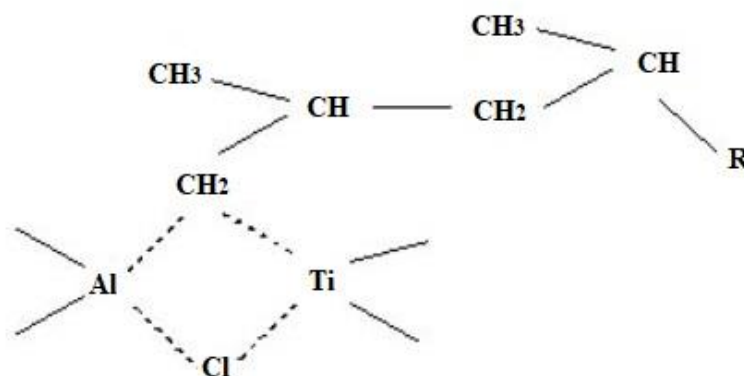
Ион Ti притягивает π -электроны мономера и образует с ним σ -связь, противоион притягивает к себе углеродный атом с меньшей электронной плотностью. Таким образом, мономер внедряется в переходный комплекс замкнутой структуры:



Это переходное состояние начинает рост цепи по связи металл-углерод, регенерируя исходный активный центр:



Повторив всю цепочку событий со второй присоединяющейся молекулой мономера, можно представить структуру роста цепи двух звеньев:



В дальнейшем повторяется внедрение следующих мономерных звеньев в этот переходный комплекс с одинаковой ориентацией заместителя в мономере в сторону от иона металла, что и приводит к эффекту стереорегулирования.

Предложенный Косси, монометаллический механизм предполагает в отличие от механизма Натта, что активным компонентом катализатора является только группировка Ti-R, а функция алюминиевого компонента сводится

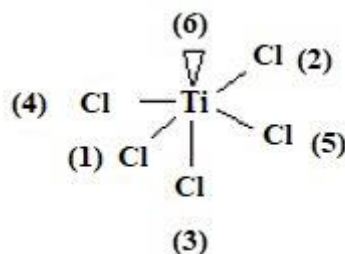
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.161863.180301.ПЗ

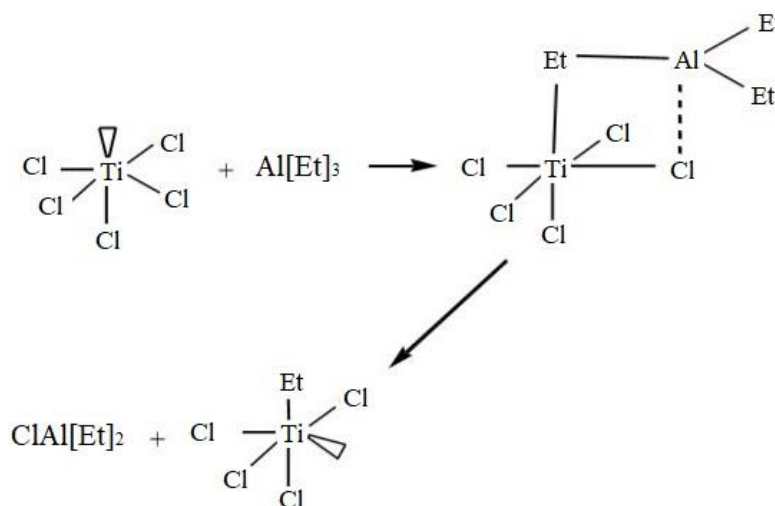
Лист

14

только к алкилированию $TiCl_3$. При смешении катализатора и сокатализатора алюминий хемосорбируется на поверхности твердого $TiCl_3$. На поверхности катализатора у иона Ti пять координационных связей занято атомами Cl , кроме того, ион Ti имеет еще одну вакантную d -орбиталь в положении (6) в соответствии со схемой:

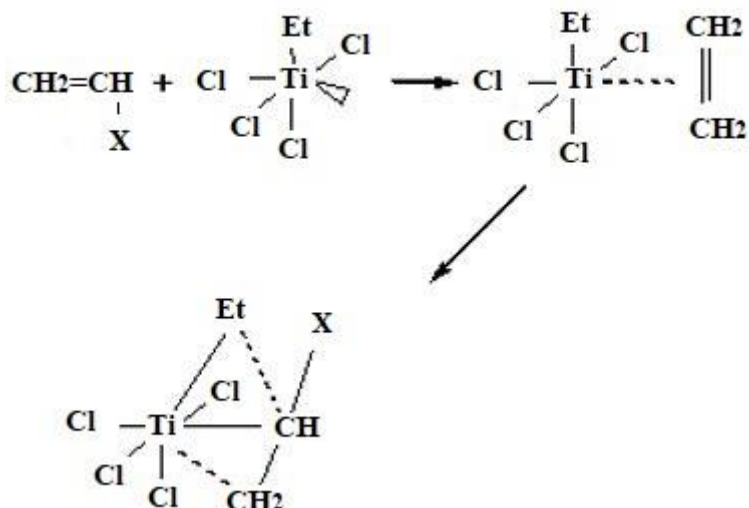


Атомы Cl в позициях (1) и (2) связаны также с другими ионами Ti в кристаллической решетке $TiCl_3$ и, за исключением Cl , в позиции (5), который способен к обмену с алкильной группой, все остальные четыре Cl не склонны к такому обмену. Вслед за стадией хемосорбции алюминийорганического соединения на поверхности кристалла $TiCl_3$ ион Ti^{3+} алкилируется путем обмена в соответствии со схемой:

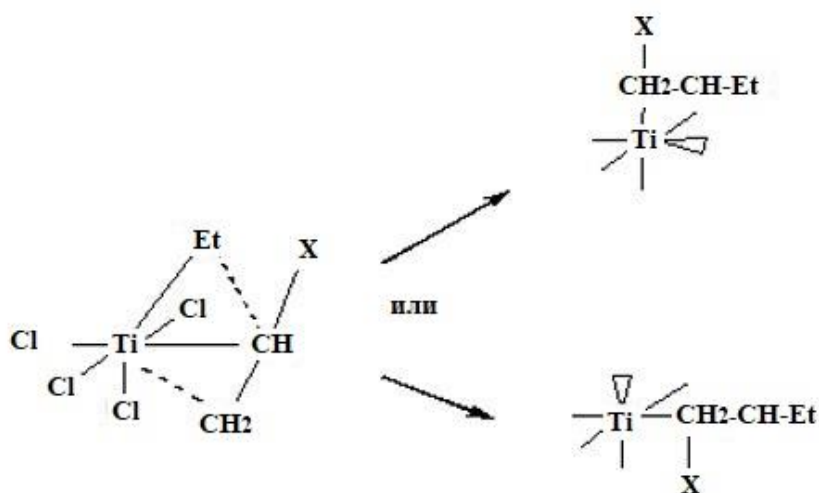


Согласно этой схеме образуется активный каталитический центр октаэдрической структуры, в котором четыре атома Cl расположены в узлах кристаллической решетки, этильный радикал связан с Ti σ -связью, кроме того, ион Ti имеет еще одну вакантную орбиталь в положении, где первоначально

находился пятый атом С1. После образования активного центра катализатора молекулы мономера могут занимать вакантную d-орбиталь, связываясь в переходный π-комплекс с Ti:



Этот переходный комплекс быстро перестраивается, приводя к началу роста полимерной цепи за счет внедрения мономера по связи Ti–Et. Одновременно с внедрением мономерного звена и ростом цепи происходит регенерация вакантной d-орбитали либо в исходном положении, либо в положении, где первоначально находился Et-радикал:



В первом случае, т.е. при постоянной регенерации вакантной d-орбитали в исходном положении, мономерное звено внедряется в переходный комплекс в одном и том же пространственном расположении, что приводит в конечном

счете к изотактической конфигурации полимерной цепи. Во втором случае, т.е. при регулярном изменении расположения вакантной d-орбитали, присоединяющееся мономерное звено чередует способ подхода к активному центру. Это приводит к образованию синдиотактического полимера [8]. Способ регенерации вакантной орбитали зависит от ряда факторов, и в первую очередь от невалентных взаимодействий между заместителями X подходящего к активному центру мономерного звена и последнего звена, уже вошедшего в полимерную цепь, а также этого заместителя с атомами С1 активного центра.

1.2.1 Катализаторы процесса

Катализаторы полимеризации – вещества, возбуждающие полимеризацию. Ранее катализаторами полимеризации называли любой реагент, способствующий протеканию полимеризации. По мере изучения конкретных процессов выяснилось, что некоторые реагенты необратимо расходуются на стадии возбуждения полимеризации и входят (в виде концевых групп) в состав образующегося полимера, например при радикальной (часто анионной) полимеризации. Такие реагенты названы инициаторами.

Термин «катализаторы полимеризации» обычно относят к возбудителям катионной, координационно-ионной и реже анионной полимеризации, хотя и в этих процессах механизм не всегда отвечает классическому определению катализа. Основная роль катализаторов полимеризации – создание активных центров, на которых осуществляется рост макромолекулы. Наряду с природой мономера и среды, природа катализатора определяет механизм процесса, кинетические характеристики элементарных актов, молекулярную массу, полидисперсность и пространственную структуру образующегося полимера.

В зависимости от природы активных центров катализаторы различают:

- ионные (катионные и анионные);
- металлокомплексные;
- металлоорганические;
- оксиднометаллические.

К ионным катализаторам катионной полимеризации относят протонные и апротонные компоненты (HF, H₂SO₄, AlCl₃, BF₃, FeCl₃ и др.), соли карбония (Ph₃C⁺ SbCl₄⁻), оксония (R₃O⁺SbF₆⁻) и др. Все они - акцепторы электронов и электронных пар. Большую роль в формировании активных центров играют микропримеси воды, спиртов и др. доноров протона [9].

Эффективность катионных катализаторов зависит от величины кислотности комплекса, образующегося при взаимодействии компонентов катализатора с мономером. В промышленности, используя эти катализаторы, синтезируют ряд полимеров. Так, полиизобутилен с молекулярной массой 150-225 тыс. получают полимеризацией изобутилена в присутствии BF₃ при температурах от минус 80 °С до минус 100 °С, бутилкаучук - сополимеризацией изобутилена и изопрена при температурах от минус 80 °С до минус 95 °С в присутствии AlCl₃ или протонированных комплексов этилалюминийсесквихлорида (C₂H₅)₃Al₂Cl₃, полиформальдегид - полимеризацией триоксана в присутствии комплексов BF₃ или солей карбония [10]. Для получения кумароно-инденовых смол в качестве катализаторов используют обычно H₂SO₄ (реакция экзотермическая, протекает мгновенно), безводный AlCl₃ (время реакции 20 – 40 мин, температура 100 – 120 °С) или эфиры BF₃. Катализаторы анионной полимеризации – щелочные металлы, их алкоголяты, нафтид Na, NaNH₂, Ph₃CNa, реактивы Гриньяра и другие агенты основного характера. В их присутствии полимеризуются мономеры с пониженной электронной плотностью у двойной связи CH₂=CHX, где X = NO₂, CN, COOR, C₆H₅, CH=CH₂, а также некоторые лактоны, силоксаны и др.

Процессы с участием катализаторов анионной полимеризации в ряде случаев характеризуются низкой скоростью передачи и обрыва цепи, что приводит к образованию так называемых живущих полимеров. В промышленности такие катализаторы используют для синтеза каучуков, полиамидов, полисилоксанов и др. Так, синтез каучука из бутадиена может быть осуществлен под действием металлического Na или Li, промышленный синтез полиизо-

прена – под действием металлического Li, синтез поли-ε-капроамида – в присутствии гидроксидов, карбонатов или гидридов щелочных металлов при 140 – 260 °С.

Металлокомплексные катализаторы получают взаимодействием соединений переходных металлов IV-VIII гр. (например $TiCl_3$, $TiCl_4$, VCl_4 , $VOCl_3$, $ZrCl_4$, $NiCl_2$ и др.) с органическими производными металлов I-III гр. (например, AlR_3 , AlR_2Cl , ZnR_2 , $RMgCl$ и др.). Такие катализаторы называют Циглера-Натта катализаторами.

Широкое распространение находят металлокомплексные каталитические системы, закрепленные на неорганических и органических носителях. При использовании твердых и нанесенных комплексных катализаторов полимеризации большое значение имеет их дисперсный состав, площадь поверхности, объем пор, прочность. На твердых микросферических катализаторах можно получать в ходе синтеза частицы полимера заданного размера. Наиболее перспективны для полимеризации олефинов катализаторы Циглера-Натта, получаемые закреплением галогенидов Ti и V на поверхности носителей, содержащих Mg (например MgO , $MgCl_2$, полиэтилен с привитыми фрагментами MgR и $MgCl$).

С использованием таких титанмагниевого катализаторов можно получать несколько тонн полиэтилена и около 100 кг полипропилена на 1 г катализатора. С использованием металлокомплексных катализаторов полимеризации получают стереорегулярные полимеры. Например катализаторы на основе растворимых соединений Zr и метилалюмоксанов $[Al(CH_3)O]_{6-20}$ проявляют высокую активность при полимеризации этилена ($25 \cdot 10^6$ г полиэтилена на 1 г Zr); в их присутствии можно получать полиолефины со специальными свойствами [11].

Так, при полимеризации пропилена в присутствии метилалюмоксана и бис-циклопентадиенилцирконийдихлорида образуется атактический полипропилен, в присутствии алюмоксана и хирального этилен-бис-тетрагидроин-

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		19

денилцирконийдихлорида – изотактический полипропилен, под действием оптически активного изомера цирконоцена и алюмоксана – оптически активный полимер. Стереоспецифичность действия металлокомплексных катализаторов полимеризации определяется природой переходного металла, лигандным окружением центр. атома, типом решетки катализатора и носителя и т.п.

Металлоорганические катализаторы полимеризации – органические производные металлов IV – VIII гр. Используют для полимеризации диенов, ацетиленов, циклоолефинов. Активные центры полимеризации диенов – р-аллильные комплексы металлов, строение которых определяет микроструктуру образующегося полимера. Полимеризация циклоолефинов протекает с участием активных центров, включающих карбеновые комплексы типа $\text{CH}_2 : \text{MX}$.

Оксиднометаллические катализаторы полимеризации обычно содержат оксиды Cr, Co и Mo. Используются, как и металлоорганические катализаторы, для полимеризации олефинов и диенов. Например для полимеризации этилена (130 – 160 °С; давление 4 МПа) применяют оксиднохромовый катализатор с содержанием Cr на носителе (обычно алюмосиликате) около 25 % по массе. Стереоспецифичность этих катализаторов значительно ниже, чем у металлокомплексных.

1.3 Технология производства

По одной из возможных технологических схем, процесс полимеризации пропилена протекает непрерывно, в бензине, в присутствии катализаторного комплекса, образованного алкилалюминием ($\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$, $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}$ и др.) и галогенидом титана (TiCl_3).

В этом процессе полипропилен не растворяется в растворителе, поэтому в результате реакции образуется суспензия полипропилена в бензине.

Тепловой эффект полимеризации пропилена составляет ~ 330 ккал/кг, он значительно меньше теплового эффекта полимеризации этилена (-860 ккал/кг), поэтому тепло реакции полимеризации пропилена может быть отведено через рубашку аппарата и этот процесс не нуждается в дополнительном

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20

отводе тепла, как при полимеризации этилена на металлоорганических и окисных катализаторах.

Один из вариантов технологического процесса производства полипропилена состоит из следующих основных стадий:

- приготовление катализаторного комплекса;
- полимеризация;
- отделение не прореагированного пропилена из реакционной массы;
- разложение катализатора;
- промывка от остатков катализатора;
- отжим от растворителя;
- сушка полипропилена;
- окончательная обработка полипропилена;
- регенерация растворителей.

Катализаторный комплекс готовят периодическим способом. Суспензию катализаторного комплекса в бензине непрерывно через аппарат загружают в полимеризатор, снабженный мешалкой и рубашкой. Одновременно в полимеризатор непрерывно загружают растворитель и пропилен, свежий и возвратный. Из полимеризатора суспензию полипропилена в растворителе непрерывно выгружают в аппарат, в котором происходит выделение не прореагированного пропилена из реакционной массы [12].

После удаления пропилена суспензию выгружают в аппарат для разложения катализаторного комплекса спиртом. Пропилен, выделенный из реакционной массы, возвращают в полимеризатор после предварительного сжатия компенсатором. Суспензию после обработки спиртом в аппарате направляют на промывку от продуктов разложения катализаторного комплекса водой. Перемешивание суспензии с водой осуществляется в аппарате, там же суспензия полипропилена в растворителе отделяется от водной фазы в результате отстаивания.

После нейтрализации водную фазу, содержащую спирт, направляют из

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21

аппарата на регенерацию спирта, а суспензию полимера на центрифугу для отжима полимера (изотактического полипропилена) и дополнительной промывки. Отжатый полимер поступает на сушильную установку, а растворитель, содержащий растворённый в нем атактический полимер, из центрифуги – в отделение регенерации. Сухой полимер пневмотранспортом подают в отделение окончательной обработки.

Регенерация растворителя состоит из следующих стадий:

- 1) фильтрование;
- 2) отгонка с водяным паром;
- 3) отделение растворителя от водной фазы;
- 4) осушка растворителя.

Атактический полимер, суспензированный в воде после отгонки растворителя, отделяют от воды на вибростите и высушивают.

Одним из основных направлений в работах по совершенствованию процесса производства полипропилена является стремление уменьшить количество катализатора в такой степени, чтобы его присутствие в полипропилене после полимеризации соответствовало техническим требованиям [13]. При этом условии отпадает необходимость в стадиях промывки полипропилена и регенерации промывной жидкости.

1.4 Применение полипропилена

1.4.1 Конструкционный материал

Производится очень много сортов полипропилена с разнообразными свойствами. Практически не существует полипропилена общего назначения, который бы с одинаковым успехом использовался, например, как для производства волокна, так и для изготовления деталей машин или пленки. Успешное применение полипропилена для той или иной цели предполагает правильный выбор композиции (сорта, марки материала), которая по своим свойствам наиболее соответствует условиям переработки, назначению изделия и основным требованиям к его конструкции. При применении металлов для конструк-

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		22

ционных целей соблюдение принципа подбора считается вполне естественным, при работе же с пластмассами этот принцип пока еще недостаточно прочно вошел в практику. Именно из-за незнания взаимосвязи областей применения и свойств пластических масс было допущено немало ошибок при внедрении их в технику [14].

1.4.2 Тара и упаковка

Полипропилен, в особенности пленка из него, обладает всеми необходимыми свойствами для применения в этой области. По своим характеристикам полипропиленовая пленка близка к полиэтиленовой, причем по некоторым показателям превосходит ее. По сравнению с пленками из других термопластов полипропиленовая пленка имеет преимущество в отношении стойкости к нагреванию и действию химических реагентов (она может быть подвергнута стерилизации при температуре выше 100 °С, что определяет целесообразность ее использования в пищевой и фармацевтической промышленности). Ее достоинствами являются также превосходная гибкость, глянецовитость поверхности, прозрачность, незначительная паропроницаемость, нетоксичность, сравнительно легкая свариваемость и хорошая сопротивляемость усталостной коррозии.

Несколько лет назад начали получать полипропиленовые пленки, ориентированные в одном или двух взаимно перпендикулярных направлениях. Ориентация пленки улучшает ее прочность, жесткость, теплоизоляционные свойства и прозрачность. Прочность пленки, ориентированной в двух направлениях, в 4 – 8 раз превышает прочность неориентированной. По свариваемости ориентированная пленка уступает неориентированной, поэтому главным потребителем ее как упаковочного материала следует считать галантерею, где она ценна благодаря своей исключительной прозрачности, отсутствию морщинистости – в этом отношении она лучше полиамидной пленки [15].

Вполне оправдало себя применение полипропилена для изготовления затворов (пробок), бутылей, контейнеров. Как указывается в литературе, поли-

пропилен может успешно конкурировать с традиционными материалами в отношении экономичности изготовления этих изделий (полипропилен способен формироваться при исключительно коротких циклах). По прочности, ударостойкости и химической стойкости полипропилен превосходит полистирол, а по жесткости, сопротивлению истиранию и внешнему блеску – полиэтилен.

1.4.3 Волокно

Большое количество изотактического полипропилена расходуется на производство волокна. Характерной особенностью полипропиленового волокна является его малая по сравнению с другими видами синтетических волокон плотность (0,905). Из 1 кг полипропилена можно получить 240000 м моноволокна диаметром 0,075 мм, т.е. больше, чем из любого другого синтетического материала, применяемого для производства моноволокон. Малая плотность полипропиленового моноволокна сочетается с исключительной прочностью и высокими эластическими свойствами. В то же время полипропиленовое волокно имеет меньший крип при постоянной нагрузке, более устойчиво к выцветанию и способно выдерживать без изменений воздействие более высоких температур (на 30 °С), чем полиэтиленовое. Однако до сих пор не решена проблема стабилизации полипропиленового волокна от ультрафиолетового излучения. Это ограничивает возможность его использования в текстильной промышленности. Серьезными недостатками этого волокна являются также пониженная гигроскопичность (при использовании его для изготовления бельевых тканей), относительно плохая поверхностная окрашиваемость (поэтому нередко практикуется нерациональный метод окрашивания в массе) и не вполне удовлетворительная морозостойкость (20 °С для ориентированного волокна).

С целью устранения этих недостатков полипропилен можно модифицировать разными методами, в частности введением в него специальных добавок (например, веществ с хорошими гидрофильными свойствами или содержащих реакционноспособные группы, необходимые для крашения, ультрафиолето-

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		24

вых стабилизаторов, морозостойких добавок и т.п.), Хотя проблемы модификации полипропилена разрешены еще далеко не полностью, некоторые зарубежные фирмы производят в опытных количествах надлежащим образом стабилизированные и окрашенные волокна, способные выдержать длительную эксплуатацию в условиях воздействия солнечных лучей (под открытым небом). Бесспорно, что решение указанных проблем принципиально возможно и является лишь делом времени.

1.4.4 Анतिकоррозионные материалы

Одно из типичных применений полипропилена – плакировка резервуаров, предназначенных для хранения химически агрессивных жидкостей, в том числе различных продовольственных товаров.

Были предприняты попытки изготовления полипропиленовых слоистых стеклопластиков различными методами. Основную трудность при этом представляет недостаточная адгезия полипропилена к стеклу

Кроме того, из полипропилена изготавливают корпуса насосов, работающих в агрессивных средах, шестерни, колпаки, трубопроводы и арматуру. Там, где требуется ударостойкость при высоких рабочих температурах, полипропилен может конкурировать с поливинилхлоридом.

1.4.5 Применение в машиностроении

Низкий коэффициент трения и высокая износоустойчивость полипропилена позволяют использовать этот перспективный материал для конструктивных и других целей в машиностроительной промышленности, в том числе и там, где химическая стойкость имеет второстепенное значение. Из полипропилена изготавливают, в частности, детали текстильного оборудования, вентиляторов, пылесосов, полотеров, холодильников, колпаки и винты машин для стрижки газонов и т.д.

В автомобильной промышленности полипропилен пока не получил широкого применения. Это объясняется, в частности, тем, что рабочие части автомобилей проходят длительные испытания на прочность и надежность. Тем

не менее, европейские автомобилестроители в настоящее время уже изготавливают из полипропилена амортизаторы, приборные щитки, распределительные коробки, штепсельные соединения, блоки предохранителей, рефлекторы, клапаны, трубопроводы установки для кондиционирования воздуха, педали подачи топлива, оконные детали, дверные прокладки, а также сидения, заполненные полиуретановым пенопластом.

Рабочие части, непосредственно контактирующие с керосином или бензином (например, насосы и карбюраторы), целесообразнее изготавливать из полиамида, так как бензин и керосин размягчают полипропилен.

Корпуса насосов для щелока до последнего времени делали из полиэтилена высокого или низкого давления, или металла. Металлические детали непригодны для этой цели ввиду химической агрессивности моющих средств, а полиэтиленовые подвержены усталостной коррозии.

К полипропилену был проявлен большой интерес как к материалу для изготовления деталей посудомоечных полуавтоматов, где он ценен благодаря химической стойкости, высокой износостойчивости и ударопрочности.

1.4.6 Применение в электротехнике

В электротехнической промышленности находят применение формованные детали из полипропилена (например, катушки, обоймы, футляры, ламповые патроны, подставки, детали выключателей и телефонных аппаратов, корпуса радиоприемников, репродукторов, телевизоров и т.п.), а также изоляционные оболочки и пленка, главным образом в виде ленты.

В качестве материала для изоляции электрических проводов и кабелей полипропилен пока еще не получил широкого признания, несмотря на то, что обладает высокими диэлектрическими свойствами и малой проницаемостью для паров воды. По всей вероятности, это связано с тем, что полипропилен, как каждый новый изоляционный материал, сначала должен выдержать длительный испытательный срок.

Полипропилен пробовали применять для изоляции электропроводов

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		26

легкого типа, находящихся под напряжением 220 В. Поскольку для этой цели в настоящее время с успехом применяются другие изоляционные материалы, в частности поливинилхлорид, их замена полипропиленом была бы оправданной только в том случае, если бы он имел явное преимущество перед ними. Внедрение полипропилена означало бы уменьшение веса электроизоляции, а также повышение ее теплостойкости и, как следствие, возможность увеличения допустимой нагрузки в цепи и экономии изоляционного материала. Однако недостаточная гибкость полипропилена в относительно толстом слое ограничивает его применимость для электротехнической изоляции. При снижении толщины полипропиленового покрытия оно приобретает нужную гибкость, но при этом возрастает опасность механического повреждения его.

В высокочастотной технике применение полипропилена затруднено тем, что в нем обычно содержатся остатки катализатора. Существующие технологические методы не обеспечивают достижения требуемой степени чистоты полимера. Правда, для большинства применений незначительное увеличение тангенса угла диэлектрических потерь не является помехой.

В последние годы в технике нашли распространение коммуникационные провода с пеноизоляцией. Полипропиленовый пенопласт может конкурировать в этой области с полиэтиленовым, так как обладает более низкой диэлектрической проницаемостью и лучшими физическими свойствами.

Полипропиленовая пленка в виде ленты широко применяется для различных электротехнических целей. Этому способствуют высокая электрическая прочность тонких пленок, теплостойкость и способность к намотке.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ





2.1 Технология производства полипропилена

Производство полипропилена предназначено для получения полипропилена (гомополимер, рандомсополимер, блоксополимер, терполимер – тройной бутенсодержащий сополимер) по технологии Spheripol компании LyondellBasell.

Технологический процесс производства полипропилена осуществляется на одной реакторной линии, включающей два последовательных петлевых реактора и один, подключаемый при производстве блоксополимеров, газофазный реактор, и двух параллельных линиях экструзии и включает в себя следующие стадии:

- доочистка пропилена и бутена-1 и система очистки и осушки азота;
- хранение и дозирования катализатора, сокатализатора, донора и жидких добавок;
- предварительная полимеризация (преполимеризация) и жидкофазная полимеризация пропилена;
- дегазация полимера с рециклом пропилена;
- сополимеризация в газовой фазе (при получении гетерофазных блоксополимеров);
- отпарка и сушка полимера с рециклом мономера;
- внесение добавок и экструзия полипропилена;
- гомогенизация;
- система сбросов.

Также в состав установки производства полипропилена входят вспомогательные системы, в том числе:

					ВКР.161863.180301.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Расчёт установки полипропилена на ООО «ЗапСибНефтехим»	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Дубинин Д.В.				У	28	66
Провер.		Гужель Ю.А.				АмГУ ИФФ зр. 618-об		
Н. Контр.		Родина Т.А.						
Утверд.		Гужель Ю.А.						

- централизованная система минерального масла;
- система обезвреживания отработанного масла;
- горячая вода;
- холодильная установка;
- резервуар сбора сточных вод.

Стадия приема и доочистки пропилена и бутена-1 и систему очистки и осушки азота предназначена для очистки пропилена, сомономера бутена-1 и азота с целью обеспечения требуемого качества для реакции полимеризации.

Стадия хранения и дозирования катализатора, сокатализатора, донора и жидких добавок предназначена для приёма, хранения, подготовки, дозирования и подачу на предварительную полимеризацию каталитического комплекса, состоящего из сокатализаторов: триэтилалюминия и донора и катализатора Циглер-Натта.

Предварительная полимеризация и жидкофазная полимеризация пропилена предназначена для получения полипропилена (гомополимер, рандомсополимер, терполимер – тройной бутенсодержащий сополимер) в виде суспензии порошка полипропилена в жидком пропилене, а также для предварительной подготовки каталитического комплекса до подачи и с последующей подачей образовавшейся активной смеси последовательно в первый и второй петлевые реакторы.

В петлевых реакторах в среде жидкого пропилена с при контакте каталитическим комплексом пропилена происходит образование суспензии полипропилена. Суспензия непрерывно циркулирует в петлевых реакторах, периодически происходит выгрузка порции суспензии, с замещением освобожденного объёма свежим жидким пропиленом. Выгруженная порция суспензии отправляется на дегазацию полимера с рециклом пропилена.

Дегазация полимера с рециклом пропилена предназначена для разделения полимера полипропилена и газовой фазы – пропилена. Пропилен направляется на повторное использование. Порошок полипропилена, в зависимости

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
						29
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

от получаемой марки направляется либо на сополимеризацию в газовой фазе (при получении гетерофазных блоксополимеров), либо для дальнейшей обработки на стадию отпарки и сушки полимера с рециклом мономера.

Сополимеризация в газовой фазе предназначена для производства сополимера с высокой ударной прочностью, полученного в петлевых реакторах, где к основной массе гомополимера добавляется смесь этилена и пропилена в заданном соотношении. В результате реакции сополимер присоединяется к гомополимеру с образованием ударопрочного гетерофазного сополимера. Ожижение поддерживается путем рециркуляции газа в реакторе через центробежный компрессор. Охлаждение рециркуляционного потока обеспечивает отвод теплоты реакции.

Отпарка и сушка полимера с рециклом мономера предназначена для обработки порошка горячим паром, который нагнетается под давлением для полного удаления любого растворенного мономера и пропана и для деактивации остаточной активности катализатора, чтобы улучшить качество продукта. После удаления остаточных углеводородов порошок полимера подается в стадию внесения добавок и экструзии полипропилена.

Стадия внесения добавок и экструзии полипропилена предназначена для подачи порошка полимера и порошкообразных добавок в экструдер. В экструдере происходит гомогенизация, расплавление, экструзия и грануляция полимера, гранулы продукта выдавливаются под слоем воды, осушаются, просеиваются и подаются системой пневмотранспорта на гомогенизацию гранул.

На стадии гомогенизации происходит перемешивание гранул с целью гомогенизации. Из силосов гранулы партиями транспортируются в силосы хранения готового продукта.

Перед поступлением в силосы хранения гранулы подвергаются элютриации (обеспыливанию).

Система сброса на факел предназначена для сбора мономера в случае технологических и аварийного сброса на факел. Всегда запускается в эксплу-

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		30

атацию в первую очередь, а отключается – в последнюю.

2.2 Характеристика сырья

В таблице 1 представлена характеристика сырья установки производства полипропилена.

Таблица 1 – Характеристика сырья

Наименование сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов	Показатели, обязательные для проверки	Регламентируемые значения
1	2	3
I Сырье		
Пропилен	Пропилен (% об.), не менее	99,5
	Водород (% об.), не более	0,002
	Пропан (% об.), не более	0,5
	Метан + Этан (% об.), не более	0,01
	Общее количество углеводородов C4 (% об.), не более	0,002
	Вода (% об.), не более	0,001
	Давление, (МПа)	2,60-2,98
	Температура, (°C)	35-50
Этилен	Содержание ацетилена, (% об.), не более	0,0001
	Содержание кислорода, (% об.), не более	0,00001
	Содержание воды, (% об.), не более	0,00001
	Содержание двуокиси углерода, (% об.), не более	0,00001
	Давление, МПа	5,00-5,14
	Температура, °C	32-35
Водород	Водород (% об.), не менее	99,99
	CH ₄ (% об.), не более	0,01
	N ₂ + Ar (% об.), не более	0,01
	C2 и выше HCs (% об.), не более	0,002
	CO и CO ₂ (% об.), не более	0,00002
	Давление, МПа	5,5-6,07
	Температура, °C	10-50
II Катализаторы и доноры		
Катализатор ZN 101	Внешний вид	Порошок от желтого до серого цвета
	Активность катализатора (кг полипропилена / г катализатора), не менее	34
Триэтилалюминий (ТЭАЛ) Сокатализатор	Триэтилалюминий (% масс.), более	94
	Алюминий (% масс.), более	22,5
	Три-н-бутилалюминий (% масс.), более	6
	Триизобутилалюминий (% масс.), более	0,1

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Донор (Donor C)	Внешний вид	Прозрачная бесцветная жидкость
	Содержание основного вещества (%), не менее	99,5
	Метанол (%), не более	0,04
	Вода (%), не более	0,01
III Добавки и реагенты		
Жидкая добавка (Atmer 163)	Внешний вид	Бледно-желтая жидкость
	Содержание первичных и вторичных аминов (% масс.), не более	2,0
	Содержание воды (% масс.), не более	0,5
	Содержание третичных аминов (% масс.), не более	98
	Цветность (HAZEN) (ед., не более)	50
	Эквивалент нейтрализации (в пределах)	293 - 307
Тальк (магний силикат гидрат)	Внешний вид	Белый мелкий порошок
	Насыпная плотность (г/мл, в пределах)	0,28 - 0,34
Стеарат цинка	Внешний вид	Однородный порошок белого цвета
	Содержание оксида цинка (%), не менее	13,8
	Массовая доля воды (%), не более	0,5
	Температура плавления (°С, не более)	121
Trigonoх 301 (жидкий пероксид)	Внешний вид	Бесцветная жидкость
	Содержание активного кислорода (%)	7,3 – 7,6
	Содержание перекисей (%)	41
IV Вспомогательные материалы		
Смазка (Вазелиновое масло)	Температура каплепадения (°С, в пределах)	60 - 64
	Пенетрация (мм/10, в пределах)	160 - 180
	Свободная влага	отсутствует
Минеральное масло Shell OndinaOil 933	Плотность (при 15 °С) (кг/м ³ , в пределах)	873 - 893
	Цветность (SAYBOLT) (ед., более)	плюс 30
	Показатель преломления (при 15 °С) (в пределах)	1,476 - 1,482
	Вязкость (при 40 °С) (мм ² /с, в пределах)	63 - 75
Газовая смесь: Азот (N ₂) + монооксид углерода (CO)	1.Азот (% масс.)	95
	1.Оксид углерода (% масс.)	5

2.3 Характеристика готовой продукции

Готовым продуктом установки гранулирования полипропилена являются: стабилизированный неокрашенный полипропилен (гомополимер пропилена или сополимер пропилена с этиленом), выпускаемый в виде гранул диаметром от 3 до 4 мм. Фактическая плотность полипропилена от 890 до 910 кг/м³. Насыпная плотность от 450 до 650 кг/м³.

Полипропилен химически стойкий материал, обладает большой степенью кристалличности, высокой прочностью, твердостью и теплостойкостью. Полипропилен имеет низкую водо- и газопроницаемость, является прекрасным диэлектриком, уникальным волокно- и пленкообразующим материалом. Заметное воздействие на него оказывают только сильные окислители. В органических растворителях при комнатной температуре полипропилен незначительно набухает, при температуре выше 100 °С он растворяется в ароматических углеводородах [16].

Вследствие наличия третичных углеродных атомов полипропилен чувствителен к действию кислорода, света, особенно при повышенных температурах. Этим объясняется значительно большая склонность полипропилена к старению по сравнению полиэтиленом. Поэтому полипропилен применяется только в стабилизированном виде. Стабилизаторы предохраняют его от деструкции (старения) в процессе переработки и эксплуатации.

Разнообразие свойств гомополимера пропилена дополняются сополимерами пропилена с этиленом. Производятся статистические сополимеры пропилена, содержащие от 1 до 6 % этилена и блоксополимеры пропилена с этиленом содержащие до 20 % этилена [17]. В сополимере пропилена с этиленом сочетаются некоторые качества двух полимеров: полиэтилена и полипропилена. Ударная вязкость сополимера значительно выше, чем гомополимера. В зависимости от содержания этилена, температура хрупкости сополимера колеблется от минус 50 °С до минус 60 °С. Этот материал обладает большей гибкостью, чем гомополимер. Показатели качества гомополимера, блоксополи-

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		33

ера статсополимера пропилена с этиленом представлены соответственно в таблицах 2, 3 и 4.

Таблица 2 – Показатели качества гомополимера пропилена

Наименование показателя	Ед. изм.	Нормативное значение для марки продукта					
		PP H030 GP/4	PP H031 BF/4	PP H032 TF/4	PP H033 FF/4	PP H120 GP/4	PP H250 GP/4
Показатель текучести расплава, в пределах	г/10 мин	2,5-3,5	2,7-3,3	2,4-3,7	2,7-4,0	10-15	20-30
Модуль упругости при изгибе, не менее	МПа	1400	1550	1600	Не нормируется	1550	1500
	МПа	-	1450	-		1475	1200
Предел текучести при растяжении, не менее	МПа	31	35	-	34	34	32
	МПа	-	34	37	-	35	32
Относительное удлинение при пределе текучести, не менее	%	8	12	-	9	12	13
	%	-	13	9	-	-	10
Мутность, не более	%	-	0,3	38	Не нормируется	Не нормируется	-

Таблица 3 – Показатели качества блок-сополимера пропилена

Марка продукта	Ед. изм.	Нормативное значение для марка продукта			
		PP I003 EX/4	PP I013 EX/4	PP I042 TF/4	PP I212 IM/4
2	3	4	5	6	7
Показатель текучести расплава (230 °C/2,16 кг), в пределах (230 °C/5 кг), в пределах	г/10 мин	0,2-0,4	1,1-1,5	3,5-4,5	18-24
		1,1-1,5	-	-	-
Модуль упругости при изгибе, не менее	МПа	-	1450	-	1500
	МПа	1450	-	1100	-
Предел текучести при растяжении, не менее	МПа	-	27	-	27
	МПа	29	27	20	27
Относительное удлинение при	%	-	7	-	7

Продолжение таблицы 3

2	3	4	5	6	7
пределе текучести, не менее	%	10	8	5	6
Ударная вязкость по Изоду с надрезом при минус 20 °С, не менее	Дж/м	-	100	-	50
	кДж/м ²	17	-	-	-
Стойкость к термоокислительному старению при 130 °С, не менее	час	1800	360	360	360

Таблица 4 – Показатели качества статсополимера пропилена с этиленом

Марка продукта	Ед. изм.	Нормативное значение для марки продукта				
		PP R003 EX/4	PP R122 IM/4	PP R252 IM/4	PP R482 IM/4	PP R752 IM/4
Показатель текучести расплава, (230 °С/2,16 кг), в пределах (230 °С/5,0 кг), в пределах	г/10 мин	0,2-0,4	9-12	22-28	44-52	70-80
		1,1-1,6	-	-	-	-
Модуль упругости при изгибе, не менее	МПа	950	1050	-	-	1040
	МПа	850	1030	1150	1500	-
Предел текучести при растяжении, не менее	МПа	28	28	-	-	-
	МПа	28	28	29	29	30
Относительное удлинение при пределе текучести, не менее	%	13	12	-	-	-
	%	14	14	14	11	12
Ударная вязкость по Изоду с надрезом при плюс 23 °С, не менее	Дж/м	-	85	-	85	43
	кДж/м ²	30	8,3	-	-	-
Мутность на пластине толщиной 1 мм, не более	%	-	9	9	10	11
Глянец под углом 50°, не менее	%	-	73	85	-	-
Стойкость к термоокислительному старению при 140 °С, не менее	час	1800	360	360	360	360

2.4 Описание технологической схемы

На рисунке 1 представлена технологическая схема производства полипропилена.

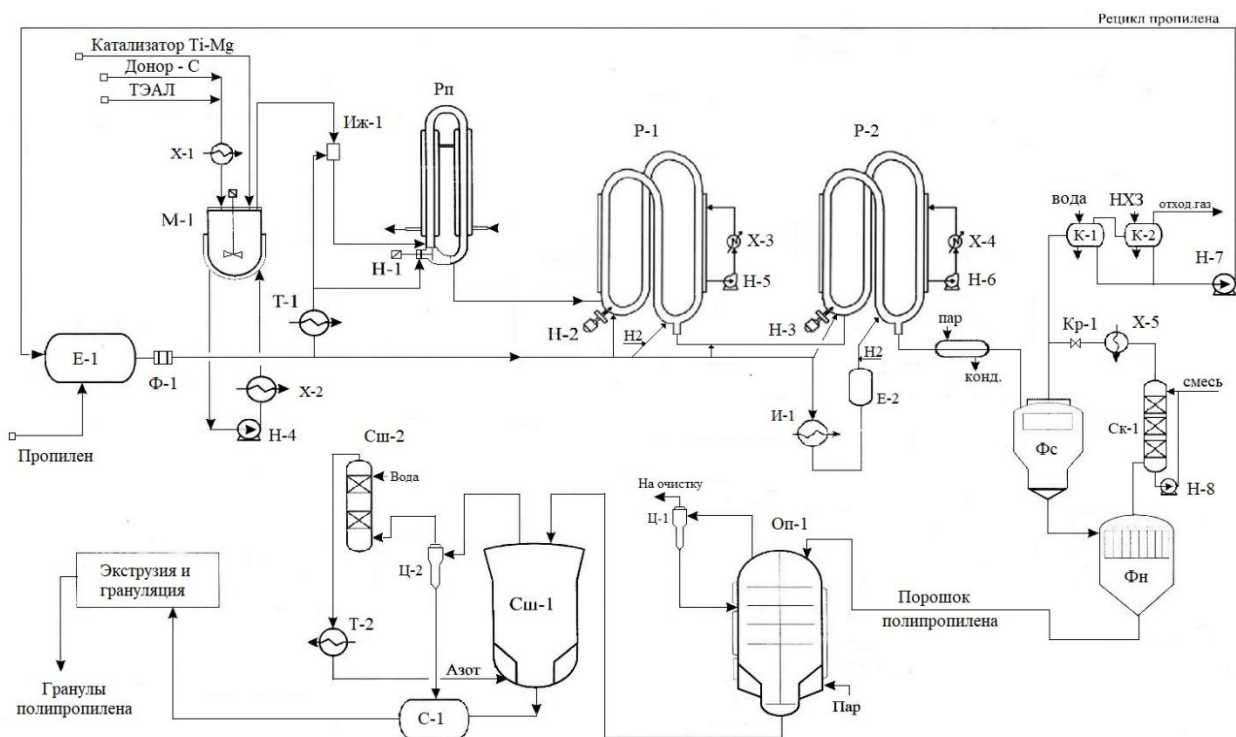


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема производства полипропилена:

Е-1 – ёмкость рециклового пропилена; Ф-1 – фильтр пропилена;
 М-1 – смеситель; Иж-1 – инжектор; Рп – реактор перполимеризации;
 Р-1,2 – петлевые реакторы; Е-2 – расширительный сосуд;
 К-1,2 – конденсаторы; Фс – фильтр среднего давления; Фн – фильтр низкого давления; Ск-1 – скруббер; Кр-1 – компрессорная установка; Оп-1 – отпарной аппарат; Ц-1,2 – циклоны; Сш-1,2 – сушилки; С-1 – промежуточный силос;
 Н-1,2,3,4,5,6,7,8 – насосы; Т-1,2 – теплообменники; И-1 – испаритель;
 Х-1,2,3,4,5 – холодильники.

Осушенный пропилен, подаваемый насосом из адсорберов направляется через защитный фильтр пропилена к ёмкости рециклового пропилена Е-1.

Триэтилалюминий (ТЭАЛ) доставляется к участку разгрузки в бараба-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ВКР.161863.180301.ПЗ

Лист

36

нах или стандартных контейнерах весом около 1,7 т. ТЭАЛ подается в емкость смешения катализаторов через фильтр с помощью диафрагменных насосов с дифференциальным напором 5,5 МПа и переменным ходом для регулирования подачи.

Стереорегулятор (донор) поступает в бочках. В емкости хранения вместимостью 1 м³ подается с помощью диафрагменного насоса через фильтр.

Катализатор (титановый катализатор, нанесенный на MgCl₂) – кристаллическое твердое вещество с контролируемым размером частиц, диспергируется в смеси парафинового масла и смазки, чтобы его можно было подать насосом в емкость смешения катализаторов с помощью шприцевых насосов. Катализатор поставляется на установку в герметичной таре – специальных бочках по 40 или 80 кг катализатора в среде азота. Порошок твердого катализатора диспергируют в смеси, состоящей из консистентной смазки – жира (33 % масс) и минерального парафинового масла (67 % масс) – полученная смесь называется катализаторной пастой.

ТЭАЛ, донор и катализаторная паста поступают в емкость предварительного смешивания катализаторного комплекса М-1, где, смешиваясь, образуют каталитический комплекс. Линии подачи донора и ТЭАЛ перед подачей в емкость объединяются в общую линию и охлаждаются в холодильнике ТЭАЛ/донора Х-1 с помощью низкотемпературного хладоносителя (НЗХ) для того, чтобы достичь лучшего температурного регулирования в емкости смешения катализаторов [18].

Емкость предварительного смешивания катализаторного комплекса М-1 представляет собой небольшой, постоянно перемешиваемый сосуд объемом около 5 дм³ с рабочим давлением от 3,4 до 4,5 МПа. Для поддержания температуры на уровне 10 °С емкость М-1 снабжена рубашкой, в которой циркулирует низкотемпературный хладоноситель.

Из емкости М-1 каталитический комплекс поступает в инжектор Иж-1, в котором происходит его смешение с пропиленом в соотношении 1:2 000.

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		37

Пропилен, направляемый из емкости рециклового пропилена Е-1 к реактору Р-1, фильтруется в защитном фильтре пропилена Ф-1, задерживающем частицы пропилена, превышающие 10 мкм. Далее из этого трубопровода отбирается пропилен для реактора Рп через охладитель питания реактора преполимеризации Т-1 и двумя потоками подается к смесителю катализатора Иж-1 и на промывку насоса Н-1. В межтрубное пространство охладителя пропилена Т-1 подается низкотемпературный хладоноситель.

Смесь после Иж-1 направляется в реактор предполимеризации Рп. Здесь при температуре 20 °С и давлении 3,4 – 4,5 МПа в среде перегретого жидкого мономера (пропилена) происходит образование оболочки из полипропилена вокруг частиц катализатора. Эта оболочка защищает катализатор при попадании в петлевые реакторы полимеризации. При подаче катализатора непосредственно в петлевой реактор полимеризации без инкапсуляции, его частицы оказались бы недостаточно прочными, что привело бы к повышенному образованию мелкой фракции.

Емкость смешения катализаторов, реактор преполимеризации и петлевые реакторы полимеризации соединены последовательно и работают непрерывно.

Реактор предполимеризации Рп представляет собой замкнутый контур из трубы объемом 1,8 м³, в котором циркуляция суспензии осуществляется циркуляционным насосом Н-1 (осевой насос, вмонтированный в нижнее колено реактора).

Работа происходит при полностью заполненном реакторе Рп. Скорость массы в реакторе составляет 3 – 4 м/с, а время пребывания около 10 мин. Тепло реакции снимается НЗХ, циркулирующим в рубашке реактора [19].

Из реактора предполимеризации Рп реакционная масса (поток пропилен с образовавшимся полимером) направляется в петлевые реакторы полимеризации Р-1 и Р-2. Схема с подачей мономера в оба реактора разработана для максимально возможного увеличения среднего времени пребывания и, в

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		38

то же время, для сужения распределения времени пребывания. Условия полимеризации одинаковы в обоих реакторах за исключением времени пребывания, которое больше в первом из них.

Теоретическое время пребывания в реакторе Р-1 составляет 1 час при температуре 70 °С и давлении от 3,4 МПа до 4,5 МПа при этом могут быть получены различные марки полимеров в зависимости от концентрации водорода в реакционной среде, а также от выдерживаемых соотношений ТЭАЛ/пропилен и ТЭАЛ/донор.

Реактор полимеризации Р-1 также представляет собой замкнутый контур из вертикально расположенных труб. Реакция полимеризации протекает с выделением тепла, которое отводится посредством циркуляции воды в рубашках реакторов.

В качестве жидкости-носителя используется также жидкий пропилен. Каждый петлевой реактор полимеризации имеет свой циркуляционный насос, обеспечивающий непрерывную циркуляцию содержимого. Эти циркуляционные насосы являются важнейшими средствами поддержания равномерной температуры и давления в реакторах.

Общая подача пропилена в первый петлевой реактор полимеризации разделена на 3 потока:

- подача пропилена из реактора преполимеризации Рп;
- подача пропилена для промывки циркуляционного насоса Н-2 первого (с целью предотвращения отложений полимера на поверхности уплотнения насоса);
- подача пропилена непосредственно в первый петлевой реактор полимеризации Р-1.

Реактор Р-1 эксплуатируется при полном заполнении перегретой жидкостью. Суспензия перемещается из первого петлевого реактора полимеризации Р-1 во второй петлевой реактор полимеризации Р-2 по трубопроводам за счет перепада давления.

Общая подача пропилена во второй петлевой реактор полимеризации разделена на 3 потока:

- подача пропилена для промывки циркуляционного насоса второго петлевого реактора полимеризации Н-3,
- подача пропилена в испаритель пропилена И-1 для поддержания давления в системе реактора;
- подача пропилена, смешиваемого с полимером, выходящим из реактора Р-1.

Водород используется для регулировки показателя вязкости расплава полимера, производимого в петлевых реакторах, путем воздействия на длину полимерных цепей. Он отдельно впрыскивается в два общих потока пропилена, подаваемых в петлевые реакторы полимеризации.

Баланс давлений между реакторами поддерживается при помощи расширительного сосуда Е-2 и испарителя пропилена И-1. Давление в сосуде Е-2 поддерживается посредством испарителя И-1 на 0,4 МПа выше давления паров мономера при температуре реакторов полимеризации для того, чтобы избежать образования газа в реакторах и минимизировать риск возникновения кавитации в осевых насосах. Давление в емкости Е-2 определяется как давлением газовой фазы, так и уровнем жидкости в ней. Давление в емкости Е-2 регулируется путем подачи в верхнюю часть емкости испаренного в И-1 пропилена. В случае повышения давления в Е-2 и/или увеличения уровня производится сброс пропилена на факел. Испаритель пропилена И-1 является кожухотрубчатый теплообменником, в межтрубное пространство которого подается перегретый водяной пар.

Выходящая из реакторов суспензия состоит из полимера с массовой долей около 53 % и смеси жидкого пропилена и пропана с массовой долей 47 %. Из реакторов суспензия выгружается в линию мгновенного испарения при температуре до 90 °С при производстве гомополимера. Первая ступень дегазации состоит в полном испарении жидкости из суспензии, перемещаемой по

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		40

линии мгновенного испарения с высокой скоростью. Подвод требуемого тепла обеспечивается при помощи паровой рубашки трубопровода.

После выхода из линии мгновенного испарения твердая фаза отделяется от газа в фильтре среднего давления Фс. Фильтр Фс представляет собой рукавный фильтр вместимостью 17 м³, автоматически очищаемый при обратной пульсации потока технологического газа, взятого после испарения в трубе с паровой рубашкой. Газ обратной продувки после испарения проходит через емкость обратной продувки (на схеме не указана) для отделения жидкой фазы (предотвращает попадание жидкого пропилена в рукава фильтра при очистке).

Емкость газа обратной продувки вместимостью 2 м³ снабжена рубашкой, в которую подается пар низкого давления для испарения жидкого пропилена. Фильтр Фс непрерывно промывается газообразным пропиленом, подаваемым в нижнюю часть фильтра.

Полимер собирается в коническом днище фильтра Фс. Газовый поток из фильтра среднего давления поступает в конденсатор пропилена К-1 для конденсации и регенерации.

Все мономеры, выделенные из секции дегазации, направляются в конденсаторы пропилена К-1 (работает на охлаждающей воде) и К-2 (работает на НЗХ) для конденсации пропилена и возвращения его в производство. Жидкость выходит из конденсаторов пропилена, затем при помощи центробежного насоса рециклового пропилена Н-7 подается в емкость рециклового пропилена Е-1.

Парогазовый поток, выходящий из верхней части конденсатора пропилена К-1, поступает в конденсатор К-2, с верха которого неконденсирующиеся инертные газы направляются в коллектор отходящих газов. Давление всей секции дегазации поддерживается на уровне около 1,8 МПа (изб.).

Полимер и носитель направляются от фильтра среднего давления Фс к фильтру рециклового газа низкого давления Фн. Собирающийся в нижней части фильтра полимер непрерывно выгружается в секцию отпарки. Фильтрова-

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		41

ный газ направляется на промывку в скруббер пропилена низкого давления Ск-1 и сжатие в комплектной установке компрессора рециклового газа Кр-1.

Выходящий из фильтра рециклового газа Фн поток газа промывается в скруббере пропилена низкого давления Ск-1 смесью, состоящей на 50 % из парафинового масла и 50 % добавки Atmer 163, для удаления порошковых включений и минимизации содержания ТЭАЛ в компрессоре. Промывочная смесь должна заменяться, когда концентрация алюминия достигает приблизительно 1,6 % масс.

Скруббер пропилена, вместимостью 19,9 м³, снабжен 11 тарелками и холодильником. Циркуляция масла поддерживается центробежным насосом Н-8.

Поток газа, выходящий из скруббера Ск-1, охлаждается в холодильнике Х-5 до 45 °С охлаждающей водой и подается на всас компрессорной установки Кр-1. Газ, сжатый компрессором в конечной ступени с давлением 2,2 МПа (изб.) и температурой 112 °С направляется в конденсатор пропилена К-1.

Полимер, выгружаемый из фильтра Фн, содержит до 1 % масс растворенных мономеров (главным образом, пропилен+пропан) и 1 – 1,5 % масс газов поступает под действием силы тяжести в отпарной аппарат Оп-1, где движущийся слой полимера обрабатывается паром. Деактивация остатков катализатора и отпарка растворенных углеводородов достигаются в этом узле при взаимодействии пара с полимером.

Пропариватель Оп-1 представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат с мешалкой и паровой рубашкой (происходит подогрев для предотвращения конденсации водяного пара, проходящего через псевдоожиженный слой полимера). В пропаривателе Оп-1 полимер находится в псевдоожиженном состоянии при температуре около 105 °С. Для этого внизу пропаривателя находятся две распределительные решетки пара состоящие из перфорированной пластины. Итак, пар низкого давления подается двумя основными пото-

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		42

ками. Первый поток поступает под верхнюю распределительную решётку и предназначен для обработки полимера и создания псевдоожиженн-ого слоя. Второй поток пара направляется под нижнюю распределительную решетку.

Отработанный водяной пар выводится с верху пропаривателя Оп-1 в циклон отпарного аппарата Ц-1, где происходит отделение газа от мелких частиц полимера, которые возвращаются в пропариватель Оп-1. Из циклона Ц-1 отработанный пар выводится с установки на конденсацию, и очистку. Остатки пропилена и пропана, выводимые из отпарного аппарата в линию конденсации отработанного водяного пара, необходимо удалять на факел.

Обработанный водяным паром, полимер содержит около 2,5 % масс воды, поэтому его необходимо осушить. При температуре 105 °С и давлении 0,12 МПа влажный полимер выгружается с нижней части пропаривателя Оп-1 в сушилку с псевдоожиженным (кипящим) слоем Сш-1, работающую в замкнутом цикле циркуляции азота и обеспечивающую удаление воды из частиц полимера.

Сушилка Сш-1 – это вертикальная цилиндрическая ёмкость с ситообразной тарелкой в нижней части, выполняющей роль распределителя горячего азота для псевдоожижения полимера. Азот с температурой 80-100 °С подается под ситообразную тарелку газодувками, нагрев азота осуществляется в подогревателе Т-2, в трубное пространство которого подается водяной пар низкого давления.

Внутри аппарата стальной спиралеобразный лист принуждает полимер двигаться поршнеобразным движением, предотвращая выгрузку влажных частей полимера.

Выходящий из верхней части сушилки газ подается в циклон Ц-2 для отделения мелких фракций. Унесенные частицы полимера сбрасываются из циклона и направляются в промежуточный силос С-1.

Газ (технологический азот) из циклона Ц-2 направляется в сушилку Сш-2, представляющую собой вертикальный цилиндрический аппарат, оборудо-

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		43

ванный тарелками, каплеотбойником в верхней части и сливным устройством в нижней. В колонне горячий влажный азот охлаждают и промывают водой (флегма). Каплеотбойник в верхней части аппарата предотвращает унос капельной влаги. Флегма с куба колонны подается на вверх колонны центробежным насосом через пластинчатый теплообменник, охлаждаемый промышленной водой (на схеме не указан). Отпаренный и осушенный порошок полипропилена с низа сушилки Сш-1 направляется к промежуточным силосам С-1 с помощью системы пневмотранспорта замкнутого контура, откуда таким же образом выгружается на экструзию и грануляцию. Гранулированный полипропилен упаковывается в мешки по 250 кг и отправляется на склад готовой продукции.

2.5 Материальный и тепловой баланс

Каталитический комплекс готовится путем смешения катализатора (титановый катализатор, нанесенный на $MgCl_2$), донора и ТЭАЛ, которые подаются независимыми насосами дозирования с контролем расхода в емкость смешения катализаторов. Состав получившегося каталитического комплекса представлен в таблице 5.

Часовая производительность установки:

$$G'_{пп} = \frac{G_{пп} \cdot 1000}{n \cdot 24} \quad (1)$$

$$G'_{пп} = \frac{85000 \cdot 1000}{62 \cdot 24} = 57123,66 \text{ кг/ч}$$

где $G_{пп}$ - производительность установки по полипропилену, тыс.т/год

n – число рабочих дней в году

Количество ТЭАЛ подаётся в каскаде по соотношению ТЭАЛ/пропилен [кг/т]. Для расчетов можно взять соотношение 0,2.

Количество ТЭАЛ:

$$G_{ТЭАЛ} = G_{пп} \cdot 0,2 \quad (2)$$

$$G_{ТЭАЛ} = \frac{57123,7 \cdot 0,2}{1000} = 11,42 \text{ кг/ч}$$

					ВКР.161863.180301.ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Донор подаётся в каскаде от ТЭАЛ по соотношению ТЭАЛ/донор [кг/кг]. Для марки с XS 2,5-3,5 при нормальном качестве пропилена подойдёт соотношение 25.

Количество донора:

$$G_{\text{Донор}} = \frac{G_{\text{ТЭАЛ}}}{25} \quad (3)$$

$$G_{\text{Донор}} = \frac{11,42}{25} = 0,46 \text{ кг/ч}$$

Известно, что из 1 кг катализатора получается 40000 кг продукта [20], тогда катализаторная паста, состоящая из минерального масла и на 30 %(масс) из Ti на MgCl₂ будет иметь расход:

$$G_{\text{кп}} \cdot \frac{30}{100} = \frac{G'_{\text{пп}}}{40000} \quad (4)$$

$$G_{\text{кп}} = \frac{100 \cdot 57123,66}{40000 \cdot 30} = 4,76 \text{ кг/час}$$

Таблица 5 – Материальный баланс приготовления суспензии каталитического комплекса

Приход	% масс.	кг/ч	Расход	% масс.	кг/ч
ТЭАЛ	68,63	11,42	Каталитический комплекс	100,00	16,64
Донор	2,76	0,46			
Кат паста:	28,61	4,76	1) ТЭАЛ	68,63	11,42
1) Ti на MgCl ₂		1,43	2) Донор	2,76	0,46
2) Минеральное масло		3,33	3) Кат паста	28,61	4,76
ИТОГО:	100,00	16,64	ИТОГО:	100,00	16,64

В узел полимеризации подается пропилен, суспензия каталитического комплекса и водород (для регулирования молекулярной массы полипропилена). Сдвуха газа не предусмотрена, поэтому вывод инертнов из системы осуществляется при дегазации полимеризационной пульпы на стадии разложения каталитического комплекса.

Количество пропилена (кг/ч), необходимое для производства 1 т полипропилена, таково:

$$G'_{\text{проп}} = g_1 + g_2 + g_3 \quad (5)$$

$$G'_{\text{проп}} = 1000 + 70 + 17 = 1087 \text{ кг/ч}$$

где g – расход пропилена на 1 т полипропилена:

Для изотактического	$g_1 = 1000 \text{ кг/ч}$
атактического	$g_2 = 70 \text{ кг/ч}$
олигомеров, включая потери	$g_3 = 17 \text{ кг/ч}$

Для производства полипропилена с учетом конверсии подается следующее количество пропилена (кг/ч):

$$G_{\text{проп}} = \frac{G'_{\text{пп}} \cdot G'_{\text{проп}} \cdot 100}{1000 \cdot K_{\text{проп}}} \quad (6)$$

$$G_{\text{проп}} = \frac{G'_{\text{пп}} \cdot G'_{\text{проп}}}{10 \cdot K_{\text{проп}}} = \frac{57123,66 \cdot 1087}{10 \cdot 60} = 103489,03 \text{ кг/ч}$$

где $K_{\text{проп}}$ - конверсия пропилена

$$K_{\text{проп}} = 60 \% \text{ масс.}$$

Количество инертных, вводимых в реактор со свежим пропиленом, составляет:

$$G_{\text{ин}} = G_{\text{проп}} \cdot \left(1 - \frac{X_1}{100}\right) \quad (7)$$

$$G_{\text{ин}} = 103489,03 \cdot \left(1 - \frac{99,8}{100}\right) = 209,98 \text{ кг/ч}$$

где X_1 – концентрация свежего пропилена

$$X_1 = 99,8 \% \text{ масс.}$$

Инерты состоят из этана (13-15 % масс.) и пропана (85-87 %).

$$G_{\text{этан}} = G_{\text{ин}} \cdot \frac{15}{100}$$

$$G_{\text{этан}} = 209,98 \cdot 0,15 = 31,50 \text{ кг/ч}$$

$$G_{\text{пропан}} = G_{\text{ин}} \cdot \frac{85}{100}$$

$$G_{\text{пропан}} = 209,98 \cdot 0,85 = 178,48 \text{ кг/ч}$$

Жидкая фаза в реакторе создается жидкой пропиленовой фракцией, подающейся в избытке. Количество рециркулирующего пропилена можно оце-

нить исходя из стопроцентной конверсии пропилена.

$$G_{\text{ц.проп}} = \frac{57123,66 \cdot 1087}{10 \cdot 60} - \frac{57123,66 \cdot 1087}{10 \cdot 100}$$

$$G_{\text{ц.проп}} = 103489,03 - 62093,42 = 41395,61 \text{ кг/ч}$$

Для расчета количества образующихся атактического полипропилена $G_{\text{ПП}}^{\text{ат}}$ и жидких олигомеров, включающих потери $G_{\text{ПП}}^{\text{олиг}}$, используются следующие соотношения:

$$G_{\text{ПП}}^{\text{ат}} = \frac{g_2 \cdot G'_{\text{ПП}}}{1000} \quad (8)$$

$$G_{\text{ПП}}^{\text{ат}} = \frac{70 \cdot 57123,66}{1000} = 3998,66 \text{ кг/ч}$$

$$G_{\text{ПП}}^{\text{олиг}} = \frac{g_3 \cdot G'_{\text{ПП}}}{1000} \quad (9)$$

$$G_{\text{ПП}}^{\text{олиг}} = \frac{17 \cdot 57123,66}{1000} = 971,10 \text{ кг/ч}$$

В полимеризатор подается водорода:

$$G_{\text{H}_2} = \frac{G'_{\text{ПП}} \cdot a_{\text{H}_2}}{100} \quad (10)$$

$$G_{\text{H}_2} = \frac{57123,66 \cdot 0,03}{100} = 17,14 \text{ кг/ч}$$

где a – расход водорода

$$a = 0,03 \text{ \% масс}$$

на выходе расход составляет 5% от G_{H_2} :

$$G'_{\text{H}_2} = G_{\text{H}_2} \cdot 0,05 \quad (11)$$

$$G'_{\text{H}_2} = 17,14 \cdot 0,05 = 0,86 \text{ кг/ч}$$

Жидкие олигомеры пропилена включают такие потери пропилена на всех стадиях, а также $(G_{\text{H}_2} - G'_{\text{H}_2})$:

$$G_{\text{ПП}}^{\text{олиг}'} = G_{\text{ПП}}^{\text{олиг}} + (G_{\text{H}_2} - G'_{\text{H}_2}) \quad (12)$$

$$G_{\text{ПП}}^{\text{олиг}'} = 971,10 + (17,14 - 0,86) = 987,38 \text{ кг/ч}$$

На основе таблицы 5 и рассчитанных данных составлен материальный баланс узла полимеризации, представленный в таблице 6.

					ВКР.161863.180301.ПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 6 – Материальный баланс узла полимеризации

Приход	% масс.	кг/ч	Расход	% масс.	кг/ч
Пропилен	99,76	103489,03	Суспензия полипропилена:	100	103730,91
Водород	0,02	17,14	1) пп изотактический	55,06	57123,66
Kat комплекс:	0,0009	16,64	2) пп атактический	3,85	3998,66
1) Ti на MgCl ₂	30	1,43	3) олигомеры	0,95	987,38
2) минеральное масло	70	3,33	4) пропилен непрореагировавший	39,91	41395,61
3) Донор	0,0001	0,46	5) Водород	0,0002	0,86
4) ТЭА	0,01	11,42	6) Инерты	0,2	209,98
Инерты:	0,20	209,98	7) Кат комплекс:	0,0007	16,64
1) этан	0,03	31,50	8) Донор	0,0001	0,46
2) пропан	0,17	178,48			
ИТОГО:	100,0	103732,79	ИТОГО:	100,00	103732,35

Расчет теплового баланса реактора позволяет определить количество тепла, которое необходимо отвести из реактора. Следует иметь в виду, что в схеме с «легким» растворителем избыточное тепло отводится в основном за счет испарения пропан пропиленовой фракции, и в результате расчета теплового баланса определяется количество газовой фазы, выводимой из реактора. В схеме с «тяжёлым» растворителем тепло отводится через стенку реактора и с помощью теплообменных элементов, в которых циркулирует охлаждающая вода; целью расчета теплового баланса в этом случае является определение необходимой поверхности теплообмена и количества охлаждающей воды.

Исходные данные для расчета:

Температура в реакторе $t_p = 70 \text{ }^\circ\text{C}$;

Температура свежего пропилена $t_p = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

Температура каталитического комплекса на входе в реактор $t_p = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

Тепловой эффект реакции $q_p = 2470 \text{ кДж/кг}$;

Температура охлаждающей воды:

на входе $t_{H_2O}^{\text{нач}} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$

на выходе $t_{H_2O}^{\text{кон}} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$

Теплоемкости:

Пропилен $C_p^{\text{проп}} = 77,2 \text{ кДж/кг}\cdot\text{град}$;

Полипропилена $C_p^{пп} = 1,93$ кДж/кг·град;

Каталитического комплекса $C_p^{кк} = 3,12$ кДж/кг·град;

Воды $C_p^{H_2O} = 4,2$ кДж/кг·град (при $\Delta t = t_{H_2O}^{кон} - t_{H_2O}^{нач}$);

Приход тепла $Q_{прих}$ (кДж/кг·ч):

С пропиленом

$$Q_{проп} = (G_{проп} + G_{ин}) \cdot C_p^{проп} \cdot t_{проп} \quad (13)$$

$$Q_{проп} = (103489,03 + 209,98) \cdot 77,2 \cdot 20 = 160\,111\,271,44 \text{ кДж/ч}$$

С суспензией каталитического комплекса

$$Q_{кк} = G_{кк} \cdot C_p^{кк} \cdot t_{кк} \quad (14)$$

$$Q_{кк} = 16,64 \cdot 3,12 \cdot 20 = 1038,34 \text{ кДж/ч}$$

Теплота реакции

$$Q_p = (G_{пп}^{изо} + G_{пп}^{атак} + G_{пп}^{олиг}) \cdot q_p \quad (15)$$

$$Q_p = (57123,66 + 3998,66 + 987,38) \cdot 2470 = 153\,410\,959 \text{ кДж/ч}$$

Общий приход тепла

$$Q_{прих} = Q_{проп} + Q_{кк} + Q_p \quad (16)$$

$$Q_{прих} = 160\,111\,271,44 + 1038,34 + 153\,410\,959 = 313\,523\,268,78 \text{ кДж/ч}$$

Расход тепла

$$Q_{пп} = (G_{пп}^{изо} + G_{пп}^{атак} + G_{пп}^{олиг}) \cdot C_p^{пп} \cdot t_p \quad (17)$$

$$Q_{пп} = (57123,66 + 3998,66 + 987,38) \cdot 1,93 \cdot 70 = 8\,391\,020,47 \text{ кДж/ч}$$

С непрореагировавшим пропиленом и инертном

$$Q'_{проп} = (G_{проп}^{непр} + G_{ин}) \cdot C_p^{проп} \cdot t_p \quad (18)$$

$$Q'_{проп} = (41395,61 + 209,98) \cdot 77,2 \cdot 70 = 257\,260\,608,36 \text{ кДж/ч}$$

С суспензией каталитического комплекса

$$Q'_{кк} = G_{кк} \cdot C_p^{кк} \cdot t_p \quad (19)$$

$$Q'_{кк} = 16,64 \cdot 3,12 \cdot 70 = 3634,18 \text{ кДж/ч}$$

Общий расход тепла

$$Q_{расх} = Q_{пп} + Q'_{проп} + Q'_{кк} + Q_{отв} \quad (20)$$

$$Q_{\text{расх}} = 8\,391\,020,47 + 257\,260\,608,36 + 3634,18 + 47868005,77 =$$

$$= 313\,523\,268,78 \text{ кДж/ч}$$

Из теплового баланса $Q_{\text{прих}} = Q_{\text{расх}}$ определяется количество тепла, отводимой водой $Q_{\text{отв}}$, затем расход охлаждающей воды и поверхность теплообмена в реакторе.

Вода, проходя через «рубашку» и теплообменные элементы, нагревается $t_{H_2O}^{\text{нач}} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ до $t_{H_2O}^{\text{кон}} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$. Средняя разность температур определяется из следующего выражения:

$$\theta_{\text{ср}} = \frac{\Delta(t_p - t_{H_2O}^{\text{нач}}) - \Delta(t_p - t_{H_2O}^{\text{кон}})}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta(t_p - t_{H_2O}^{\text{нач}})}{\Delta(t_p - t_{H_2O}^{\text{кон}})}} \quad (21)$$

$$\theta_{\text{ср}} = \frac{\Delta(70-15) - \Delta(70-50)}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta(70-15)}{\Delta(70-50)}} = 34,64 \text{ }^\circ\text{C}$$

где $\theta_{\text{ср}}$ - средняя разность температур

Расход воды определяется из условия:

$$Q_{\text{отв}} = G_{H_2O}^{\text{охл}} \cdot C_p^{H_2O} \cdot (t_{H_2O}^{\text{кон}} - t_{H_2O}^{\text{нач}}) \quad (22)$$

$$G_{H_2O}^{\text{охл}} = \frac{Q_{\text{отв}}}{C_p^{H_2O} \cdot (t_{H_2O}^{\text{кон}} - t_{H_2O}^{\text{нач}})}$$

$$G_{H_2O}^{\text{охл}} = \frac{47868005,77}{4,2 \cdot (50 - 15)} = 321139,92 \text{ кг/ч}$$

Поверхность теплообмена в двух реакторах (м^2):

$$F = \frac{Q_{\text{отв}}}{K_T \cdot \theta_{\text{ср}}} \quad (23)$$

$$F = \frac{47868005,77}{690 \cdot 34,64} = 2002,71 \text{ м}^2$$

где K_T - коэффициент теплопередачи

$$K_T = 690 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град.}$$

Для вынужденного движения жидкости, находящейся в сосуде и отдающей свое тепло воде, находящейся в «рубашке» аппарата, коэффициент теплопередачи K_T лежит в пределах 630-750 кДж/м²·ч·град.

2.6 Технологический расчёт оборудования

2.6.1 Расчёт реактора

Эскиз петлевого реактора представлен на рисунке 2.

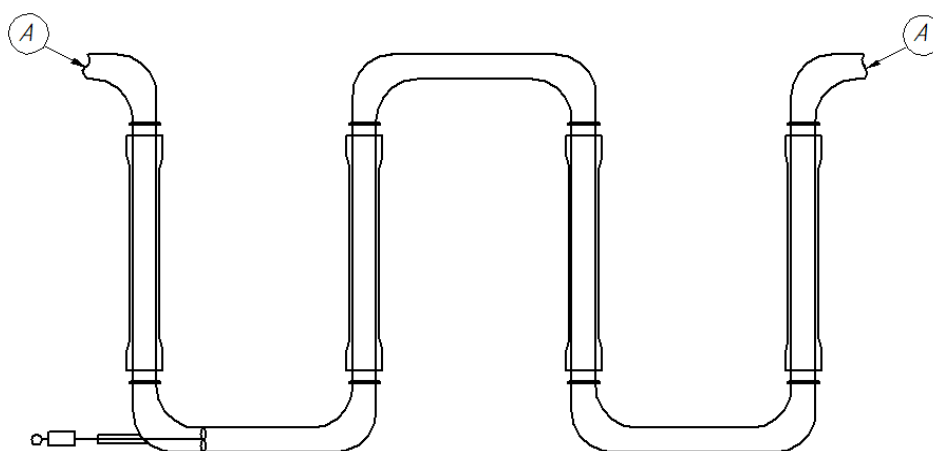


Рисунок 2 – Петлевой реактор

Площадь поперечного сечения реактора определяют из уравнения расхода:

$$f = \frac{W_0}{\omega} \quad (24)$$

$$f = \frac{3,1}{7,75} = 0,4 \text{ м}^2$$

где W_0 – объемная скорость потока, $\text{м}^3/\text{с}$;

$$W_0 = 11000 \text{ м}^3/\text{час} = 3,1 \text{ м}^3/\text{с};$$

ω – скорость течения среды, $\text{м}/\text{с}$;

$$\omega = 7,75 \text{ м}/\text{с}.$$

Определив сечение аппарата, находят его диаметр по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot f}{\pi}} \quad (25)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,4}{3,14}} = 0,7 \text{ м}$$

Длину рабочей части (реакционной зоны) аппарата определяют исходя из объёма реактора по формуле:

					НАЗВАНИЕ ДОКУМЕНТА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

$$L = \frac{V_p}{f} = \frac{W_0 \cdot \tau}{f} \quad (26)$$

$$L = \frac{3,1 \cdot 31,6}{0,4} = 245 \text{ м}$$

где V_p – объем реактора, м³/с;

τ – среднее расчётное время реакции, с;

$\tau = 32,6$ с.

Поверочный расчет элементов реактора производится для корпуса, крышки, узла привода с валом мешалки и т.д. Расчетную толщину обечайки определяют по формуле:

$$S = \frac{P \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_p - P} + C_1 + C_2 \quad (27)$$

$$S = \frac{3,4 \cdot 700}{2 \cdot 163,5 \cdot 0,8 - 3,4} + 2 = 11,2 \text{ мм}$$

Принимаем $S = 12$ мм.

где S – расчетная толщина стенки реактора;

P – внутреннее давление, равное 3,4 МПа;

σ_p – допускаемое напряжение при растяжении, для стали 08Х18Н10Т при данной расчетной $\sigma_p = 163,5$ Н/мм²;

φ – коэффициент прочности продольного сварного шва, принимаем 0,8 (сварка автоматическая односторонняя);

C_1 и C_2 – прибавка на коррозию и возможное отклонение толщины листа, прибавку на коррозию принимаем $C_1 = 2$ мм. Коэффициент C_2 принимаем равным нулю;

D – внутренний диаметр обечайки.

Толщина эллиптической крышки равна:

$$S = \frac{P \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_p - P} + C_1 + C_2 \quad (28)$$

$$S = \frac{3,4 \cdot 700}{2 \cdot 163,5 \cdot 0,8 - 0,5 \cdot 3,4} + 2 = 11,16 \text{ мм}$$

Принимаем $S = 12$ мм.

Диаметр линии сопряжения $D_p = 500$ мм.

Принимаем стандартное коническое днище с радиусом отбортовки 450 мм. По графику определяем коэффициент формы $K_k = 1,9$. Угол при основании конического днища 90° . Находим толщину стенки:

$$S = \frac{P \cdot D \cdot K_k}{4 \cdot \varphi \cdot \sigma_p} + C_1 + C_2 \quad (29)$$

$$S = \frac{3,4 \cdot 700 \cdot 1,9}{4 \cdot 163,5 \cdot 0,8} + 2 = 8,6 \text{ мм}$$

$$S = \frac{P \cdot D_p}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_p \cdot \cos \alpha} + C_1 + C_2 \quad (30)$$

$$S = \frac{3,4 \cdot 500}{2 \cdot 163,5 \cdot 0,8 \cdot 0,7} + 2 = 11,3 \text{ мм}$$

Из двух значений выбираем наибольшее. Принимаем толщину днища 12 мм.

2.6.2 Расчёт конденсатора

Расчет конденсатора включает в себя определение необходимой поверхности теплообмена и основные размеры аппарата. При наличии данных только по конденсатору К-1 будет рассчитан новый конденсатор, совмещающий функции конденсаторов К-1 и К-2.

Примем в качестве хладагента воду. Начальную температуру примем равной 25°C , а конечную равной 50°C .

Массовый поток, который перейдет в конденсированное состояние, равен $41395,61$ кг/ч.

Теплота, которую нужно отвести, чтобы сконденсировать газ:

$$Q_{\text{конд}} = G_{\text{кон}} \cdot q_{\text{проп}} \quad (31)$$

$$Q_{\text{конд}} = \frac{41395,61}{3600} \cdot 276 = 3173,66 \text{ кВт}$$

где $q_{\text{проп}}$ – удельная теплота конденсации пропилена, равная 276 кДж/кг.

Определяем массовый расход хладагента (воды) на отвод тепла:

					ВКР.161863.180301.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

$$G_{\text{вод}} = \frac{Q_{\text{конд}}}{C_{\text{вод}} \cdot (t_1 - t_2)} \quad (32)$$

$$G_{\text{вод}} = \frac{3173,66}{4,184 \cdot (50 - 25)} = 30,34 \text{ кг/с}$$

где $C_{\text{вод}}$ – удельная теплоёмкость воды при данной температуре равна 4,184 кДж/кг · град.

Для определения поверхности теплообмена воспользуемся следующей формулой:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{ср}}} \quad (33)$$

Где K – коэффициент теплопередачи, Вт/м² · град.;

$\Delta t_{\text{ср}}$ – средний температурный напор, °С.

Средний температурный напор определяется по формуле Грасгоффа:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{г}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{г}}}{\Delta t_{\text{м}}}} \quad (34)$$

Температура входа в теплообменник: отходящий газ уходит с температурой 100 °С, значит температура входа будет тоже равна 100 °С.

Температура выхода из теплообменника будет такой же, как температура поступающего в реактор рециркулирующего газа – 50 °С.

В теплообменнике происходит охлаждение и частичная конденсация отходящего пропилена из фильтров. Для упрощения будем считать, что газ состоит на 100 % из пропилена, так как содержание других компонентов незначительно и никак не повлияет на итоговый выбор теплообменника с нужной площадью теплообмена.

$$\Delta t_{\text{г}} = T_1 - t_2 = 100 - 50 = 50 \text{ °С}$$

$$\Delta t_{\text{м}} = T_2 - t_1 = 50 - 25 = 25 \text{ °С}$$

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{50 - 25}{\ln \frac{50}{25}} = 36,1 \text{ °С}$$

На основании практических данных для водяного конденсатора прини-

маем коэффициент теплопередачи $K = 350 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$.

Тогда рассчитаем ориентировочную площадь теплообмена:

$$F = \frac{3173660}{350 \cdot 36,1} = 251,18 \text{ м}^2$$

2.6.3 Расчёт сушилки

Сушилка Сш-1 используется для удаления из порошка углеводородного газа, и воды, а также для деактивации каталитической системы. В качестве продувочного газа используется сырой азот, подаваемый через газораспределительное устройство с низа колонны под слой порошка.

Для данной установки расчетное время пребывания составляет два часа и начинается на расстоянии 875 мм от основания газораспределителя (или на расстоянии 1925 мм от нижней касательной линии продувочной колонны). Эта линия продувочной колонны известна как линия отсчета достаточной дегазации.

Необходимо поддерживать такой уровень в колонне, чтобы время пребывания составляло два часа. Последствием снижения уровня порошка является недостаточная дегазация.

Соотношение времени пребывания и производительности в цилиндрической части продувочной колонны определяется по следующей формуле:

$$t = \frac{S \cdot L}{V_{\text{п}}} \quad (35)$$

где S – площадь сечения колонны, м²;

L – высота колонны, м;

$V_{\text{п}}$ – объёмная производительность, м³/ч.

Проведем расчёт высоты при времени пребывания порошка – 2 часа:

$$L = \frac{t \cdot V_{\text{п}}}{S} = \frac{4 \cdot t \cdot G_{\text{п}}}{\pi \cdot D^2 \cdot \rho} \quad (36)$$

$$L = \frac{4 \cdot 2 \cdot 62110,2}{3,14 \cdot 3,5^2 \cdot 440} = 30 \text{ м}$$

где t – время пребывания порошка в колонне;

$G_{\text{п}}$ – массовый расход порошка полипропилена;

ρ – плотность полипропилена при данных условиях;

D – диаметр сушилки.

Минимальная скорость псевдооживления для гомополимера, согласно измерениям, проведённым компанией INEOS, составляет 46 мм/с. При такой скорости начинается псевдооживление верхних слоёв порошка и унос полимера с отходящими газами колонны. При принятом расходе продувочного газа 527,19 кг/ч или 0,15 кг/с и плотности азота 1,25 кг/м³ найдём скорость азота в продувочной колонне.

Объём колонны:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4} \quad (37)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 3,5^2 \cdot 30}{4} = 288,49 \text{ м}^3$$

Объёмный расход азота:

$$V_{\text{азот}} = \frac{G_{\text{азот}}}{\rho} \quad (38)$$

$$V_{\text{азот}} = \frac{0,15}{1,25} = 0,117 \text{ м}^3/\text{с}$$

Время, за которое азот производит вытеснение газа:

$$t = \frac{V}{V_{\text{азот}}} \quad (39)$$

$$t = \frac{288,49}{0,117} = 2466 \text{ с}$$

Скорость азота:

$$W = \frac{L}{t} \quad (40)$$

$$W = \frac{30 \cdot 10^3}{2466} = 12,2 \text{ мм/с}$$

Нежелательная скорость псевдооживления гораздо выше полученной, однако массовый расход азота позволяет достигать вытеснения углеводород-

НЫХ ГАЗОВ.

2.6.4 Расчёт насоса

Рассчитаем насос Н-7, предназначенный для подачи конденсированного пропилена в ёмкость Е-1.

Полный напор насоса находится по следующей формуле:

$$H = \frac{P_{\text{ВЫХ}} - P_{\text{ВХ}}}{\rho \cdot g} + H_{\Gamma} + h_{\Pi} \quad (41)$$

где $P_{\text{ВЫХ}}$ и $P_{\text{ВХ}}$ – давления на нагнетающем и всасывающем патрубках соответственно, Па. Примем давление на всасывающем патрубке, равному давлению всей секции отпаривания – 1,8 МПа. Давление на выкиде примем 2,2 МПа.

ρ – плотность жидкого пропилена при 2,0 МПа и 50 °С, равная 478,44 кг/м³.

H_{Γ} – геометрическая высота или высота нагнетания. Зависит от того, на какую высоту необходимо перекачивать жидкость, то есть от расположения ёмкости относительно насоса. На ООО «ЗапСибНефтехим» насосные агрегаты установлены на фундаментных плитах на уровне земли, а ёмкость на высоте нагнетания 10 м.

h_{Π} – потерянный напор на всасывающем и нагнетающем патрубках. Зависит от количества отводов, вентилях, задвижек и других фитингов и арматуры. Точно рассчитать эту величину можно зная расположение обвязки и количество арматуры на трубопроводах. Для расчётов примем значение 2 м.

Тогда необходимый напор насоса будет следующим:

$$H = \frac{2000000 - 1800000}{478,44 \cdot 9,81} + 10 + 2 = 54,61 \text{ м}$$

Полезная мощность насоса:

$$N_{\text{пол}} = V \cdot \rho \cdot g \cdot H \quad (42)$$

$$N_{\text{пол}} = 0,024 \cdot 478,44 \cdot 9,81 \cdot 54,61 = 6,2 \text{ кВт}$$

где V – объёмный расход пропилена, равный 0,024 м³/с.

					ВКР.161863.180301.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Объёмный расход определяется следующим образом:

$$V = \frac{G}{\rho} \quad (43)$$

$$V = \frac{41395,61}{478,44} = 86,52 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Где G – массовый расход, кг/ч;

ρ – плотность среды при данных условиях, кг/м³.

Плотность жидкого пропилена при 2,0 МПа и 50 °С составляет 478,44 кг/м³.

Мощность насоса на валу:

$$N_L = \frac{N_{\text{пол}}}{\eta_n} \quad (44)$$

$$N_L = \frac{6,2}{0,7} = 8,86 \text{ кВт}$$

где $\eta_n = 0,7$ – к.п.д. насоса.

Мощность, потребляемая электродвигателем насоса:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_L}{\eta_{\text{пер}} \cdot \eta_{\text{дв}}} \quad (45)$$

$$N_{\text{дв}} = \frac{8,86}{0,9} = 9,84 \text{ кВт}$$

где $\eta_{\text{пер}}$ – к.п.д. передачи от электродвигателя;

$\eta_{\text{дв}}$ – к.п.д. двигателя. Примем $\eta_{\text{пер}} \cdot \eta_{\text{дв}} = 0,9$.

Установочная мощность двигателя:

$$N_{\text{уст}} = \beta \cdot N_{\text{дв}} \quad (46)$$

Коэффициент запаса мощности β для $N_{\text{дв}}$ более 5 кВт равен 1,1.

$$N_{\text{уст}} = 1,1 \cdot 9,84 = 10,82 \text{ кВт}$$

3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА

Основные опасности производства, обусловлены особенностями технологического процесса или выполнения отдельных производственных операций, особенностями используемого оборудования и условиями его эксплуатации, вызванные нарушениями правил безопасности работниками.





Потенциальная опасность используемого на производстве оборудования и трубопроводов заключается в возможности нарушения герметичности с выходом взрывопожароопасных и токсичных продуктов из рабочего объема в окружающую среду, что может привести к образованию и взрыву топливно-воздушной смеси, возникновению пожара и отравлениям обслуживающего персонала.

Наиболее опасными местами на производстве являются конструкции реакторов полимеризации и сепараторов паров реакции, а также колодцы, прямки и др. низкие места, где могут скапливаться взрывоопасные пары и газы.

Опасность взрыва связана также с обращением большого количества порошка полипропилена и добавок экструзии, мельчайшие частицы которых могут образовать взрывоопасную пылевоздушную смесь.

Особую опасность представляет участок хранения и дозирования ТЭА, чрезвычайно реакционноспособного вещества. ТЭА является пирофорным, т.е. спонтанно воспламеняется при контакте с воздухом в условиях окружающей среды, с водой ТЭА реагирует со взрывом.

Установка спроектирована так, чтобы свести к минимуму воздействия выброса опасного материала или энергии. Количества опасных веществ, перерабатываемых на установке, сведены к минимуму.

					ВКР.161863.180301.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Расчёт установки полипропилена на ООО «ЗапСибНефтехим»	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Дубинин Д.В.				У	59	66
Провер.		Гужель Ю.А.				АмГУ ИФФ зр. 618-об		
Н. Контр.		Родина Т.А.						
Утверд.		Гужель Ю.А.						

3.1 Требования безопасной эксплуатации установки

Оборудование для переработки полипропилена и сополимеров пропилена должно соответствовать ГОСТ 12.2.003-91 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности» [21], оградительные устройства и предохранительные приспособления – ГОСТ 12.2.062-81 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Ограждения защитные» [22], средства защиты от статического электричества – ГОСТ 12.1.018-79 «Система стандартов безопасности труда. Статическое электричество. Искробезопасность. Общие требования» [23].

Пропускная способность, расчетные параметры и материальное исполнение оборудования обеспечивают нормальное ведение технологического процесса.

Технологическое оборудование по надежности и конструктивным особенностям выбрано с учетом физико-химических свойств, обращающихся в нем продуктов, параметров технологического процесса, производительности и климатических условий.

В оборудовании, где возможно превышение технологического давления выше расчетного давления аппарата, предусмотрено регулирование давления клапанами и защита оборудования предохранительными клапанами со сбросом в факельную систему.

В соответствии с требованиями «Общих правил взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» – ПБ 09-540-03 схема технологического процесса разделена на блоки, которые в случае необходимости могут быть отключены быстродействующими отсекающими устройствами от общей системы.

Технологический процесс спроектирован таким образом, что постоянное образование жидких и твердых отходов, как правило, исключено.

К специфическим жидким и твердым отходам, которые должны перио-

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		60

дически выводиться относятся: минеральное масло с примесями катализатора, донора или ТЭА; сточная вода со следами углеводов и порошка полипропилена из барабанных сепараторов факельной установки; гранулы из молекулярного сита; порошок полипропилена; гранулы полипропилена и отходы аддитивов; использованные фильтрующие элементы.

Влияние на окружающую среду может оказываться за счет загрязнения воздуха, воды или почвы, либо посредством шумового воздействия.

3.2 Средства индивидуальной защиты

Технологический и дежурный персонал, обслуживающий установку:

- старший оператор технологических установок;
- оператор технологических установок;
- машинист технологических насосов;
- слесарь по ремонту технологического оборудования;
- электромонтер по обслуживанию и ремонту электрооборудования;
- приборист КИП и А.

Работники указанных специальностей обслуживают оборудование всех стадий установки. Работа персонала связана с выполнением операций на наружных площадках, где расположено основное технологическое оборудование, поэтому индивидуальные средства защиты (спецодежда, спецобувь, защитная каска, защитные очки) одинаковые для данных категорий работников и включают летнюю и зимнюю спецодежду. Нормы бесплатной выдачи спецодежды и спецобуви приняты на основании «Типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам нефтяной промышленности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением» (Приложение к Приказу Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 9 декабря 2009 г. № 970н) и «Межотраслевых правил обеспечения работников спецодеждой, специальной обувью и другими ср-

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		659

едствами индивидуальной защиты» (в ред. Приказа Минздравсоцразвития РФ от 27.01.2010 № 28 н). Персонал обязан содержать в чистоте и исправности спецодежду и защитные приспособления, своевременно принимать меры по замене вышедших из строя или отбракованных средств защиты.

Все работники производства должны иметь при себе средства индивидуальной защиты, полный список которых приведён в таблице 7.


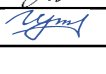
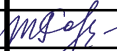

Каски служат для защиты головы от механического повреждения, а также от попадания агрессивных и вредных веществ, ношение обязательно для всех работающих, а необходимый аварийный запас должен храниться в шкафу в операторной.

Таблица 7 – Список средств индивидуальной защиты

СИЗ рабочего	Срок службы	СИЗ рабочего на наружных работах зимой (дополнительно)	Срок службы
Костюм из смешанных тканей для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий с масловодоотталкивающей пропиткой	2 на 2 года	Костюм из смешанных тканей для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий с масловодоотталкивающей пропиткой на утепляющей прокладке	1 на 2 года
Футболка	2 на 1 год	Белье нательное утепленное	2 комплекта на 1 год
Головной убор	1 на 1 год	Жилет утепленный	1 на 1 год
Сапоги резиновые с жестким подноском	1 пара на 1 год	Ботинки утепленные с жестким подноском или	1 пара на 1 год
Ботинки кожаные с жестким подноском	1 пара на 1 год	Сапоги утепленные с жестким подноском	1 пара на 1 год
Перчатки из полимерных материалов	6 пар на 1 год	Подшлемник меховой	1 на 3 года
Каска защитная	1 на 2 года	Перчатки с полимерным покрытием нефтеморозостойкие	6 пар
Подшлемник под каску	1 на 1 год	Перчатки шерстяные (вкладыши)	6 пар
Средство защиты органов слуха (беруши)	–	Маска для защиты лица от пониженных температур	до износа
Очки защитные открытые	1 на 1 год		
Пояс предохранительный	дежурный		
Респиратор	до износа		
Маска со сменными фильтрами	до износа		





ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе написания бакалаврской работы была изучена технология производства полипропилена на ООО «ЗапСибНефтехим», составлена технологическая схема установки и её описание. При изучении технологического регламента ООО «ЗапСибНефтехим» были проработаны характеристики сырья и продуктов производства, позволившие составить материальный и тепловой баланс узла полимеризации, а также выполнить расчёты основного и вспомогательного оборудования.

					ВКР.161863.180301.ПЗ					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Расчёт установки полипропилена на ООО «ЗапСибНефтехим»			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Разраб.		Дубинин Д.В.						У	63	66
Провер.		Гужель Ю.А.						АмГУ ИФФ гр. 618-об		
Н. Контр.		Родина Т.А.								
Утверд.		Гужель Ю.А.								

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Кирпичников, П. А. Альбом технологических схем основных производств промышленности синтетического каучука / П. А. Кирпичников. – Л. : Химия, 1986. – 224 с.
- 2 Амброж, И. Полипропилен / И. Амброж, Л. Амброж. – Л. : Химия, 1967. – 316 с.
- 3 Кренцель, Б. А. Полипропилен / Б. А. Кренцель, Л. Г. Сидорова. – Киев. : Техника, 1964. – 89 с.
- 4 Мухленов, И. П. Общая химическая технология / И. П. Мухленов ; под ред. И. П. Мухленова. – М. : Высшая школа, 1984. – 288 с.
- 5 Башкатов, Т. В. Технология синтетических каучуков / Т. В. Башкатов, Я. Л. Жигалин. – Л. : Химия, 1987. – 360 с.
- 6 Брацыхин, Е. А. Технология пластических масс / Е. А. Брацыхин, Э. С. Шульгина. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1982. – 328 с.
- 7 Перепёлкин, В. П. Полипропилен, его свойства и методы переработки / В. П. Перепёлкин. – Л. : ЛДНТП, 1963. – 256 с.
- 8 Латынов, Р. Ш. Общая химическая технология / Р. Ш. Латынов. – Казань. : Химия, 1977 – 160 с.
- 9 Кузнецов, Е. В. Альбом технологических схем производства полимеров и пластических масс на их основе / Е. В. Кузнецов. – Л. : Химия, 1976. – 180 с.
- 10 Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М. : Химия, 1973. – 752 с.
- 11 Физические и химические процессы при переработке полимеров / М. Л. Кербер [и др.] ; – М. : Научные основы и технологии, 2013. – 256 с.

					ВКР.161863.180301.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Расчёт установки полипропилена на ООО «ЗапСибНефтехим»	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Дубинин Д.В.				У	64	66
Провер.		Гужель Ю.А.				АмГУ ИФФ зр. 618-об		
Реценз.								
Н. Контр.		Родина Т.А.						
Утверд.		Гужель Ю.А.						

12 Иванюков, Д. В. Полипропилен / Д. В. Иванюков, М. Л. Фридман. – М. : Химия, 1974. – 270 с.

13 Вейлас, С. Химическая кинетика и расчеты промышленных реакторов / С. Вейлас ; под редакцией проф. Л. А. Семенова. – М. : Химия, 1964. – 432 с.

14 Разинов, А. И. Процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие / А.И. Разинов, А.В. Клинов, Г.С. Дьяконов. – Казань. : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. – 860 с.

15 Общая химическая технология / И. П. Мухленов [и др.] ; под ред. А. Г. Амелина. – М. : Химия, 1977. – 399 с.

16 ГОСТ 26996-86. Полипропилен и сополимеры пропилена. Технические условия. – введ. 1988-01-01. – М. : Стандартинформ, 1988. – 30 с.

17 Гарф, Е. В. Технологические расчеты в производстве химических волокон / Е. В. Гарф, А. Б. Пакшвер, – М. : Химия, 1978. – 296 с.

18 Волкова, А. В. Рынок крупнотоннажных полимеров. Полипропилен, полистирол, поливинилхлорид, полиэтилентерефталат: учебник / А. В. Волкова. – М. : НИУ ВШЭ, 2016. – 81 с.

19 Ровкина, Н. М. Технологические расчеты в процессах синтеза полимеров / Н. М. Ровкина, А. А. Ляпков. – Томск. : Издательство Томского политехнического университета, 2009. – 167 с.

20 Коновалов, И.Г. Пластические массы, их свойства и применение в промышленности: справочное пособие / И.Г. Коновалов. – М. : Высшая школа, 1961. – 212 с.

21 ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. – Взамен ГОСТ 12.2.003-74 ; введ. 01.01.1992. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2001. – 18с.

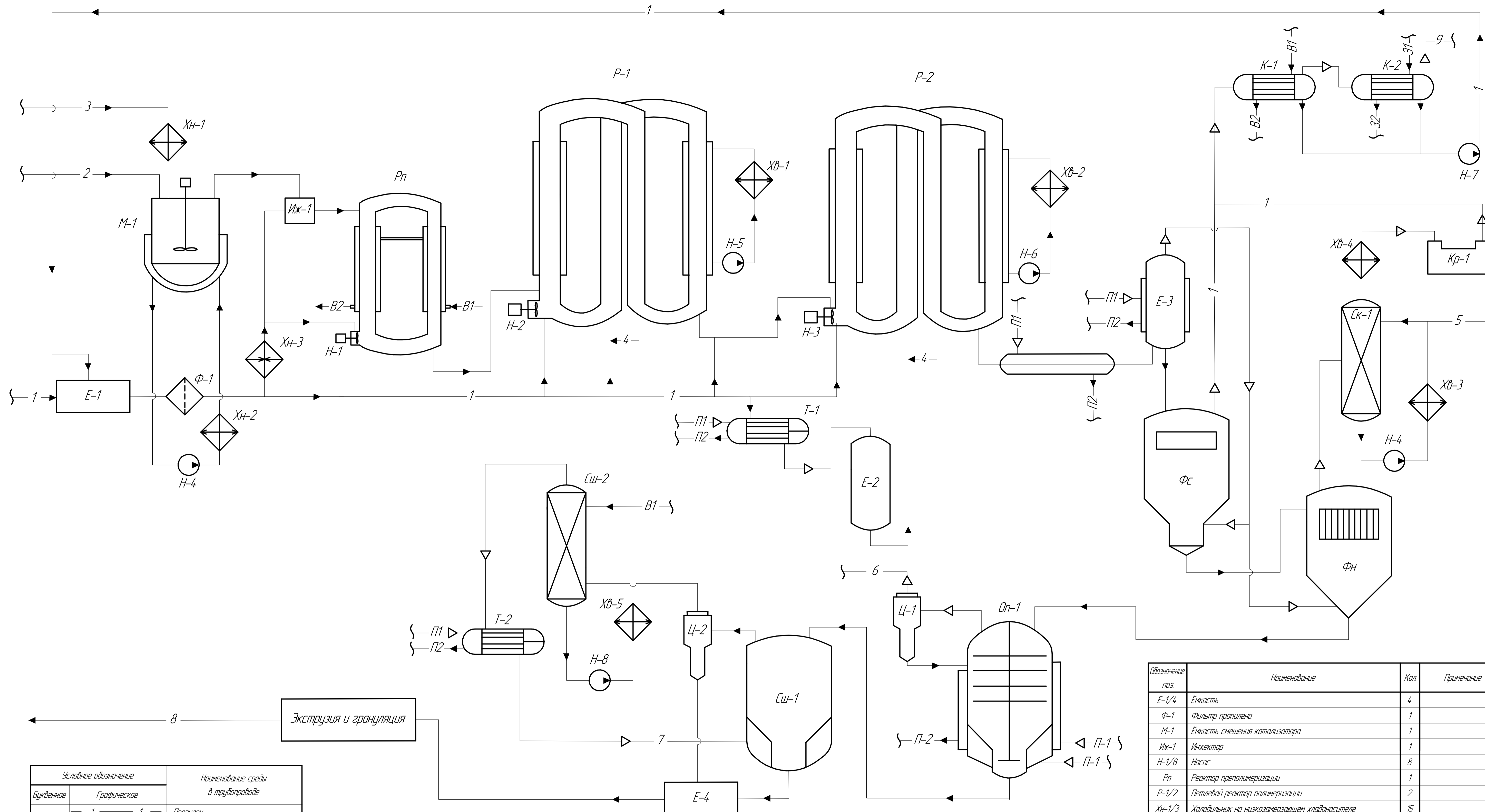
22 ГОСТ 12.2.062-81. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Ограждения защитные. – Взамен ГОСТ 12.2.062-80 ;

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		65

введ. 01.07.1982. – М. : Стандартиформ, 2006. – 14 с.

23 ГОСТ 12.1.018-93. Система стандартов безопасности труда. Статическое электричество. Искробезопасность. Общие требования. – Взамен ГОСТ 12.1.018-86 ; введ. 01.07.1995. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2001. – 20 с.

					ВКР.161863.180301.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		66



Условные обозначение		Наименование среды в трубопроводе
Буквенное	Графическое	
1		Пропилен
2		Суспензия катализатора
3		Триэтилалюминий и Донор
4		Водород
5		Смесь для удаления порошка
6		Пар на конденсацию и очистку
7		Азот
8		Порошок полипропилена
9		Отходящие газы
В1		Вода обратная (подача)
В2		Вода обратная (возврат)
П1		Перегретый пар (подача)
П2		Перегретый пар (возврат)
31		Незамерзающий хладагент (подача)
32		Незамерзающий хладагент (возврат)

Обозначение поз.	Наименование	Кол.	Примечание
E-1/4	Емкость	4	
Ф-1	Фильтр пропилен	1	
М-1	Емкость смешения катализатора	1	
Иж-1	Инжектор	1	
Н-1/8	Насос	8	
Рп	Реактор преполимеризации	1	
Р-1/2	Петлевой реактор полимеризации	2	
Хн-1/3	Холодильник на незамерзающем хладагенте	15	
Хв-1/5	Холодильник на воде	5	
Т-1/2	Теплообменник	2	
К-1/2	Конденсатор	2	
Фс	Фильтр среднего давления	1	
Фн	Фильтр низкого давления	1	
Ц-1/2	Циклон	2	
Цш-1/2	Сушилка	2	
Оп-1	Отпарной аппарат	1	
Кр-1	Компрессор	1	
Ск-1	Скруббер пропилен	1	

ВКР.16.1863.180301.ТС

Изм. Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Установка производства полипропилена	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Дудин И.В.				у	-	-
Проб.	Гужель Ю.А.				Лист 1	Листов 2	
Т.контр.							
Исполн.	Радина Т.А.			Технологическая схема			АМГУ гр. 618-08
Экз.	Гужель Ю.А.			Копирабол			Формат А1

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

ОТЗЫВ

на бакалаврскую работу студента инженерно-физического факультета

Фамилия: Дубинина

Имя: Дмитрия

Отчество: Витальевича

Направление подготовки: 18.03.01 «Химическая технология»

Тема бакалаврской работы: Расчет установки полипропилена на ООО «ЗапСибНефтеХим»

1. Объем работы:

- количество листов дипломной работы – 66 стр.;
- количество рисунков и таблиц – 2 рисунка, 7 таблиц;
- число приложений – нет.

2. Соответствия содержания работы заданию (полное или неполное):
содержание бакалаврской работы в полной мере соответствует заданию.

Вопросы задания, не нашедшие отражения в работе:

вопросы задания в бакалаврской работе отражены в достаточном объеме.

Материалы, представленные в работе, непосредственно не связанные с темой и направленностью:

материалов, представленных в бакалаврской работе, непосредственно не связанных с темой нет.

3. Достоинства бакалаврской работы:

Составлена технологическая схема установки жидкофазной полимеризации на ООО «ЗапСибНефтеХим», составлен материальный и тепловой баланс узла полимеризации, выполнен расчет и подбор основного и вспомогательного оборудования.

4. Недостатки бакалаврской работы:

серьезные недостатки в бакалаврской работе отсутствуют.

5. Степень самостоятельности, проявленная выпускником и характер ее проявления:

бакалаврская работа выполнена самостоятельно. Студент самостоятельно

изучил технологический регламент и технологическую схему установки производства полипропилена предприятия «ЗапСибНефтеХим». Выполнил необходимые технологические расчеты основного и вспомогательного оборудования. Выполнил чертежи графической части работы.

6. Масштабы и характер использования специальной литературы:

нормативная документация, технологические инструкции и специальная литература для решения поставленных задач использованы в достаточном объеме.

7. Достоинства и недостатки оформления текстовой части и графического материала:

текстовая часть и графический материал оформлены в соответствии с правилами оформления бакалаврских работ, имеются грамматические ошибки.

8. Особенности общепрофессиональной и специальной подготовки выпускников:

при выполнении выпускной квалификационной работы Дубинин Д.В. показал определенный уровень профессиональной компетентности.

9. Практическая значимость (внедрение) результатов бакалаврской работы:

предложения, представленные в бакалаврской работе, могут быть внедрены и использованы в деятельности предприятия.

10. Общее заключение и предлагаемая оценка работы:

бакалаврская работа соответствует требованиям государственного образовательного стандарта и заслуживает оценки «отлично», а Дубинин Дмитрий Витальевич – присвоения квалификации бакалавр по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология».

«01» июля 2020 г.

Руководитель _____

Ю.А. Гужель



СПРАВКА

о результатах проверки текстового документа на наличие заимствований

Проверка выполнена в системе Антиплагиат.ВУЗ

Автор работы	Дубинин Дмитрий Витальевич
Подразделение	
Тип работы	Выпускная квалификационная работа
Название работы	Позор.pdf
Название файла	Позор.pdf
Процент заимствования	32.42 %
Процент самоцитирования	0.00 %
Процент цитирования	3.49 %
Процент оригинальности	64.09 %
Дата проверки	09:10:37 23 июня 2020г.
Модули поиска	Модуль поиска "АмГУ"; Модуль выделения библиографических записей; Сводная коллекция ЭБС; Модуль поиска "Интернет Плюс"; Коллекция РГБ; Цитирование; Модуль поиска переводных заимствований; Модуль поиска переводных заимствований по elibrary (EnRu); Модуль поиска переводных заимствований по интернет (EnRu); Коллекция eLIBRARY.RU; Коллекция Медицина; Модуль поиска перефразирований eLIBRARY.RU; Модуль поиска перефразирований Интернет; Коллекция Патенты; Модуль поиска общепотребительных выражений; Кольцо вузов
Работу проверил	Гужель Юлия Александровна ФИО проверяющего
Дата подписи	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"><div style="width: 60%;"></div><div style="width: 35%; text-align: right;">Подпись проверяющего</div></div>

Чтобы убедиться в подлинности справки, используйте QR-код, который содержит ссылку на отчет.



Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего. Предоставленная информация не подлежит использованию в коммерческих целях.

