

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

Институт Природных ресурсов
Направление подготовки Химическая технология
Кафедра Технологии органических веществ и полимерных материалов

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проект узла суспензионной полимеризации винилхлорида

УДК ____

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д12	Дубок А.Г.,		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Бондалетова Л.И.,	К. х. н. доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Сечина А.А.	доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чулков Н.А.	доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Юсубов М.С.	д.х.н.		

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	9
1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	11
1.1 Физико-химические основы технологического процесса производства поливинилхлорида.	11
1.2 Выбор и обоснование технологической схемы производства	13
2. Объект и методы исследования	16
2.1 Характеристика производимой продукции	16
2.2 Характеристика исходного сырья	17
3. ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ.....	21
3.1 Описание технологической схемы	21
3.2 Материальные расчеты.....	24
3.3 Выбор конструкции и материала основного аппарата.....	29
3.4 Технологический расчет основного аппарата	30
3.5 Тепловой расчет основного аппарата	33
3.6 Конструкционный расчет	39
3.7 Аппаратурные расчеты	41
3.8 Аналитический контроль производства	46
3.9 Автоматический контроль производства	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	55

Введение

Производство полимеров в настоящее время в России, как и во всем мире, развивается быстрыми темпами. Основными видами полимерных материалов являются пластмассы, волокна, каучуки, лакокрасочные покрытия. Из них первое место по масштабу производства занимают пластические массы.

В настоящее время 23 % производимых во всем мире пластмасс получают из поливинилхлорида [1]. Поливинилхлорид в России является одним из самых потребляемых полимеров, что объясняется обширной областью его применения.

Поливинилхлорид применяется главным образом для получения пластмассовых изделий – пластифицированных (мягких) и непластифицированных (жестких). Большие количества пластифицированного поливинилхлорида используются для изготовления изоляции и оболочек для электропроводов и кабелей. Изоляционные материалы на основе поливинилхлорида отличаются малой чувствительностью к действию влаги и высокой стабильностью в условиях эксплуатации. Пластифицированный поливинилхлорид находит широкое применение для получения гибких пленок, листов и труб, используемых в строительстве, сельском хозяйстве и других отраслях. Благодаря высоким механическим показателям поливинилхлорида, его высокой химической стойкости, нетоксичности, отсутствию у него запаха, а также плохой проницаемости пленок из поливинилхлорида для газов и паров, этот полимер используют для покрытия внутренних поверхностей оборудования и емкостей, в которых хранятся пищевые продукты, а также для упаковки пищевых продуктов. К сравнительно новым областям применения поливинилхлорида относится получение слоистых пластиков, в которых листы поливинилхлорида сочетаются с листами из алюминия, стали, меди и других металлов. Такие пластики устойчивы к истиранию, к действию химических реагентов.

Из жесткого поливинилхлорида получают погонажные изделия, например плинтусы для полов, поручни для лестниц, накладки для ступеней лестниц,

раскладки для крепления листовых материалов, карнизы, оконные профили. Жесткий пенополивинилхлорид используют в качестве тепло- и звукоизоляционного материала, в качестве антивибрационных прокладок. В последнее время стало быстро расти производство прозрачных бутылей из поливинилхлорида, применяемых в пищевой промышленности.

Приведенный перечень областей применения поливинилхлорида является далеко не полным. Вместе с тем он наглядно показывает, какое широкое и многообразное применение нашел поливинилхлорид в различных отраслях промышленности.

Производство поливинилхлорида является крупнотоннажным, однако имеющиеся мощности не позволяют, к сожалению, покрыть весь спрос на поливинилхлоридное сырье.

Цель данного проекта – спроектировать производство суспензионного поливинилхлорида мощностью 3000 тонн в год, для удовлетворения потребностей в поливинилхлоридном сырье на Томском рынке.

1. Теоретическая часть

1.1 Физико-химические основы технологического процесса производства поливинилхлорида.

Процесс полимеризации винилхлорида идет по радикальному механизму. В качестве активных центров выступает инициатор, при введении в реакционную смесь.

Основные этапы радикальной полимеризации винилхлорида

I. Инициирование цепи.

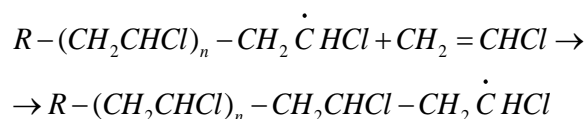
В промышленности для полимеризации винилхлорида используется лишь инициирование свободными радикалами, образующимися при распаде перекисей. Термический распад инициатора протекает по общей схеме:
 $R-R \rightarrow 2R\cdot$

Иницируют полимеризацию свободные радикалы путем образования с мономером активных центров: $R\cdot + CH_2 = CHCl \rightarrow R-CH_2-\dot{C}HCl$

Скорость полимеризации определяется не только эффективностью инициирования, но и скоростью распада инициатора, но и. Под эффективностью инициирования f понимают отношение числа радикалов, иницирующих полимеризацию, к общему числу всех образующихся вследствие распада инициатора радикалов.

II. Рост цепи.

На этой стадии происходит увеличение степени полимеризации растущего макрорадикала, а значит и молекулярной массы:



Скорость процесса будет определяться как концентрацией мономера, так и концентрацией инициатора и его активностью:

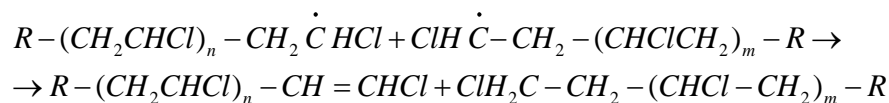
$$w = k[C]^{0.5} \cdot [M]^1,$$

где C – концентрация инициатора, M – концентрация мономера.

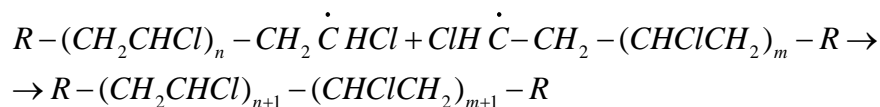
III. Обрыв цепи.

Обрыв цепи возможен по различным причинам:

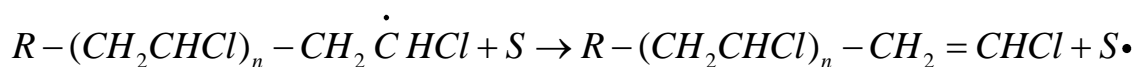
а). при реакции диспропорционирования:



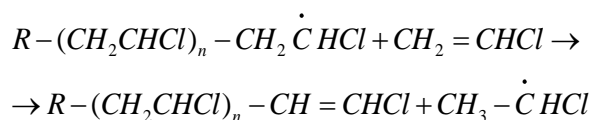
б). при столкновении двух растущих радикалов (реакция рекомбинации):



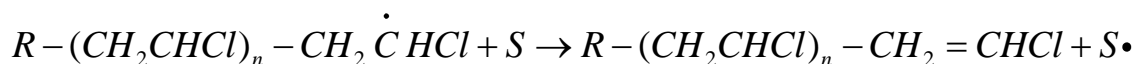
в). при столкновении со стенкой S сосуда или ингибитором:



г). Передача цепи через мономер:



д). при столкновении со стенкой S сосуда или ингибитором:



Особенность процесса полимеризации суспензионным методом

Суспензионный метод полимеризации винилхлорида идет в присутствии растворимого в мономере инициатора и раствор воды и стабилизатора. Механизм расположения мономера в водной среде изображен на рисунке 1. При перемешивании мономера с водой устанавливается равновесие между разделением мономера на капли и обратным процессом их соединения. С введением в среду катализатора на поверхности мономера образуется защитный слой, и капля стабилизируется. Молекулы стабилизированные располагаются на поверхности фаз так, что их гидрофобные части направлены в сторону мономера, а гидрофильные – в сторону воды. Размеры образующихся капель (дисперсность суспензии) зависят от интенсивности перемешивания и свойств защитного коллоида. [2]

Поскольку используемый инициатор растворим в мономере и практически нерастворим в воде, полимеризация винилхлорида протекает в капле мономера, защищенной стабилизатором суспензии.

Добавление воды при полимеризации винилхлорида в массе не оказывает существенного влияния на кинетику процесса. [3]

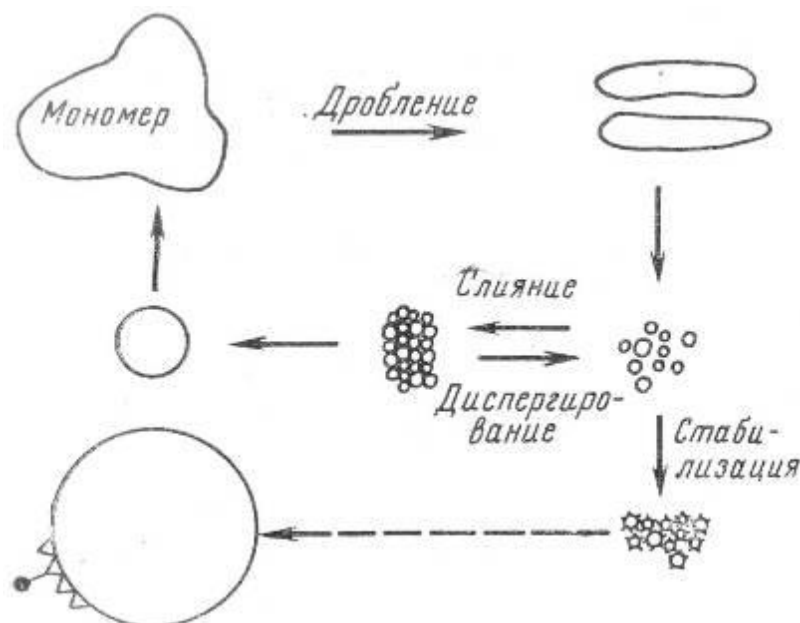


Рисунок 1 - Механизм диспергирования мономера в водной фазе

1.2 Выбор и обоснование технологической схемы производства

Поливинилхлорид получают различными способами. Краткая характеристика методов и выберем оптимальную.

Полимеризация винилхлорида в блоке происходит с образованием порошка полимера, вследствие непрерывного перемешивания реакционной смеси. Производство ПВХ методом блочной полимеризации нецелесообразно по нескольким причинам. Во-первых, полимер получается в виде большого блока (периодический процесс), который достаточно трудно измельчать и перерабатывать. Во-вторых, большое количество выделяемой теплоты реакции затрудняла регулирование температуры, что приводило к разложению полимера, сопровождающемуся выделением хлористого водорода и появлением окраски. Поливинилхлорид, полученный в виде порошка, отличается большой чистотой и

высокими электроизоляционными свойствами; может быть использован для изготовления прозрачных изделий[4].

Полимеризация винилхлорида в суспензии. Для суспензионной полимеризации жидкий винилхлорид (под давлением) диспергируют в воде в присутствии гидрофильного коллоида (желатина или поливинилового спирта) и инициатора, растворимого в мономере. В качестве последнего применяются перекись бензоила или динитрил азоизомасляной кислоты и др. Инициирование при суспензионной полимеризации происходит в каплях мономера. Скорость полимеризации непостоянна и изменяется так же, как при блочной полимеризации, т.е. достигает максимума вследствие гелевого эффекта и затем падает.

Размеры частиц полимера, получаемого при суспензионной полимеризации, зависят от типа применяемого стабилизатора, его количество и интенсивности перемешивания. В результате полимеризации образуется суспензия полимера в воде, которую можно легко отделить центрифугированием или фильтрованием.

Эмульсионная полимеризация винилхлорида. Долгое время эмульсионная полимеризация была единственным методом получения поливинилхлорида. После внедрения суспензионного способа полимеризации винилхлорида темпы роста производства эмульсионного ПВХ понизились. Эмульсионная полимеризация имеет ряд преимуществ. Эмульсионная полимеризация винилхлорида идет в водной фазе, а также образованием водной дисперсии полимера низкой вязкости, что позволяет с лёгкостью отводить тепло реакции и поддержание заданной температуры во всем объеме реакционной смеси, что позволяет получать однородность по молекулярному весу полимера. Эмульсионная полимеризация характеризуется относительно высокими скоростями процесса при сравнительно низких температурах. При этом методе полимеризации расширяются возможности регулирования скорости реакции, степени полимеризации, а также некоторых свойств полимера (изменением природы и количества эмульгатора, величины рН водной фазы и т.д.). [5]

В данной работе будет описан суспензионный метод производства ПВХ, так как суспензионный (твердый) ПВХ удовлетворяет требованиям сырья для кабельной промышленности. Полимеризация винилхлорида, диспергированного в водной среде, протекает в условиях эффективного отвода тепла реакции, что позволяет получить полимер со сравнительно узким молекулярно-весовым распределением. Различие от эмульсионной (латексной) полимеризации, при которой появляются очень мелкие полимерные частицы, которые нельзя отделить из полученного латекса путем фильтрации. При суспензионной полимеризации образуются гранулы размером 50 - 200 мкм, которые отделяются от водной фазы на центрифугах и легко промываются. Поэтому содержание посторонних примесей в суспензионном поливинилхлориде незначительно.

К недостаткам суспензионной полимеризации винилхлорида следует отнести трудность осуществления ее непрерывным способом.

2. Объект и методы исследования

2.1 Характеристика производимой продукции

Получаемый полимер – поливинилхлорид – термопластичный материал аморфной структуры, выпускаемый промышленностью в виде порошка. Его плотность 1,4 г/см³.

Обычное обозначение поливинилхлорида на российском рынке – ПВХ, но могут встречаться и другие обозначения: PVC (поливинилхлорид), PVC-P или FPVC (пластифицированный поливинилхлорид), PVC-U или RPVC или U-PVC или UPVC (непластифицированный поливинилхлорид), CPVC или PVC-C или PVCC (хлорированный поливинилхлорид), HMW PVC (высокомолекулярный поливинилхлорид). Не горит на воздухе, но обладает малой морозостойкостью (-15 °С). Нагревостойкость: +65 °С.

Суспензионный ПВХ характеризуется широким молекулярно-массовым распределением, высоким содержанием примесей и относительно высоким водопоглощением.

Огнестойкость: по своей природе ПВХ является трудногорючим материалом, вследствие наличия хлора в полимерной матрице. Огнестойкость ПВХ можно улучшить путем введения антипиренов (добавок, способствующих затуханию пламени). [11]

Свойства поливинилхлорида: температура текучести 140 – 210 °С; температура размягчения 74 – 82 °С; плотность 1,34 - 1,43 г./см³; при нагревании до 130 °С в нем начинаются процессы деструкции с выделением HCl); водопоглощение 0,05 - 0,4 % – у ПВХ-твердого, 0,15 - 0,7 % – у ПВХ-мягкого; ; морозостойкость до -10 °С (у Винилпласта, твердого ПВХ) до -50 °С (у Пластиката, мягкого ПВХ допустимая остаточная влажность 0,2 - 0,2 % – у ПВХ-твердого, 0,2 - 0,2% – у ПВХ-мягкого; усадка (при изготовлении изделий) ПВХ-твердый 0,5 - 0,7%, ПВХ-мягкий 1,0 - 2,5%.

Физические свойства: Поливинилхлорид – является термопластичным полимером. О Аморфный. Трудногорюч (большое содержание хлора делает

ПВХ самозатухающим). При температурах выше 120 °С начинается заметное отщепление HCl, протекающее количественно при 300 - 350°С. При более высоких температурах наблюдается разрыв полимерных цепей с образованием углеводородов. Разложение полимера сопровождается изменением его цвета от «слоновой кости» до вишнево-коричневого. [4]

Эксплуатационные свойства: 1) ПВХ-твердый: жесткий, твердый, прозрачный до матового, хорошо соединяется при сварке, некоторые типы физиологически нейтральны. Размягчается при температуре 65–70°С. Стойкий к кислотам, щелокам, маслам, жиру, бензину. 2) ПВХ-мягкий: мягкий и эластичный, зависит от количества пластификатора (до 60%) и температуры применения, прозрачный до матового, стойкость к химикатам в зависимости от состава и температуры.

Поливинилхлорид перерабатывают всеми известными методами переработки пластмасс как в жесткие (винилпласт, твердый ПВХ), так и в мягкие (пластикат, мягкий ПВХ) материалы и изделия.

2.2 Характеристика исходного сырья

Компоненты, используемые при изготовлении поливинилхлорида:

1. Винилхлорид.

Винилхлорид (хлористый винил) при комнатной температуре и атмосферном давлении представляет собой газообразное вещество, обладающее приятным эфирным запахом.

Переход газа в жидкость происходит при температуре -13,9 °С; замерзает хлористый винил при температуре -159,7 °С. Скрытая теплота испарения жидкости -85,7 ккал/кг, плотность 0,97 г/см³. При давлении 1 – 2 *атм* и комнатной температуре винилхлорид сохраняется в жидком виде. Взрывоопасное давление – 52,2 *атм*, температура +142 °С; взрываемость смеси с воздухом 4 – 21,7 % (объемных), температура самовоспламенения + 545°С. Молекулярный вес винилхлорида – 62,5. [5]

Технически чистый мономер содержит 99,9 % винилхлорида; примесью является ацетилен и его высшие гомологи. Дихлорэтан легко растворяет винилхлорид; последний растворим также в ароматических и алифатических углеводородах, ацетоне и этиловом спирте.

Винилхлорид действует на организм человека как наркотическое вещество, поэтому его содержание в воздухе производственных помещений не более 0,03 мг/л.

Винилхлорид взрывоопасен и при хранении и транспортировке требует соблюдения особых мер предосторожности. Как правило, используют стальные емкости, заполняемые не более 85 % вместимости и охлаждаемые до -20° и ниже.

Части аппаратуры, соприкасающиеся с мономером, не должны содержать меди во избежание образования взрывчатых ацетиленидов меди.

Основные способы получения винилхлорида: из этилена и этана, ацетилена, дихлорэтана. [5]

а). Способы получения из дихлорэтана.

Из дихлорэтана получается винилхлорид омылением щелочью или путем пиролиза.

Действие водного раствора (42 %-ного) едкой щелочи на дихлорэтан протекает по уравнению: $\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{Cl}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CHCl} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$.

Пиролитическое разложение дихлорэтана происходит по уравнению $\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_2=\text{CHCl} + \text{HCl}$.

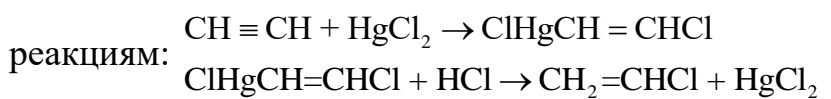
б). Способ получения из ацетилена.

Получения винилхлорида из ацетилена состоит в присоединении серной кислоты по уравнению: $\text{CH} \equiv \text{CH} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCl}$.

Процесс гидрохлорирования может осуществляться в жидких и газовых фазах.

В газовой фазе процесс протекает на катализаторе хлорной ртути при температуре $160 - 220^{\circ}\text{C}$. В жидкой фазе при температуре $20 - 25^{\circ}\text{C}$ пропускают через концентрированный водный раствор соляной кислоты ацетилен. В

качестве катализатора используют сулему. Процесс идет по следующим



б). Способы получения из дихлорэтана.

Из дихлорэтана хлористый винил получается омылением щелочью или путем пиролиза.

Действие водного раствора (42 %-ного) едкой щелочи на дихлорэтан протекает по уравнению: $\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{Cl}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCl} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$.

Пиролитическое разложение дихлорэтана происходит по уравнению $\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCl} + \text{HCl}$.

2. Инициаторы.

Наиболее распространенными инициаторами для производства поливинилхлорида являются: динитрил азодиизомасляной кислоты, перекиси бензоила и водорода, персульфат аммония и др. Эти инициаторы выпускаются в широких промышленных масштабах.

Перекись бензоила ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}$)₂ в сухом состоянии является взрывчатым веществом, вспыхивающим со взрывом при нагревании, трении, ударе и действии концентрированной серной кислоты. Бесцветные кристаллы перекиси бензоила плавятся с разложением при 108 °С, дальнейшее нагревание приводит к взрыву. Вещество, нерастворимо в воде, но растворяется в ацетоне, дихлорэтано, бензоле, толуоле, серном эфире, ледяной уксусной кислоте, в горячем спирте.

3. Стабилизаторы суспензии.

Поливиниловый спирт или *метилцеллюлозу* используют в качестве стабилизатора при суспензионной полимеризации ПВХ. Наиболее пригодны для этой цели продукты неполного омыления поливинилацетата.

Достаточно надежная защита полимеризующихся частиц от слипания достигается при содержании в водной фазе 0,03 – 0,1 % низковязкой

водорастворимой метилцеллюлозы. Данном проекте была выбрана метилцеллюлоза, для стабилизации суспензии.

3. Инженерные расчеты

3.1 Описание технологической схемы

Суспензионный поливинилхлорид получают по периодической схеме. В качестве инициаторов применяют перекись бензоила, что способствует повышению термостабильности поливинилхлорида.

Стабилизаторами суспензии служат метилцеллюлоза.

В данной работе выбран процесс полимеризации в автоклаве, который идет по следующей экзотермической реакции:



Реакция идет с выделением тепла, поэтому необходим отвод теплоты из зоны реакции.

Важным параметром процесса, определяющим молекулярный вес и степень разветвленности его макромолекул, является температура полимеризации. Для получения поливинилхлорида с узким молекулярно-весовым распределением отклонение от заданной температуры не должно превышать 0,5 °С.

Термостабильность поливинилхлорида зависит от температуры, синтезируемого при 70 °С, имеет более высокую, чем полимер, полученный при 80 °С. При перегреве может образоваться большие частицы, а иногда и произойти разложение массы. Для получения поливинилхлорида с необходимыми физико-механическими показателями выбранная рецептура должна сочетаться с оптимальными условиями процесса. [7]

В реактор 1 (рисунок 2) емкостью 40 м³ с мешалкой и рубашкой для обогрева и охлаждения реакционной смеси. Из мерника 2 подают деминерализованную воду со стабилизаторами, из мерника 3 подают раствор винилхлорида с инициатором.

Ниже приведены нормы загрузки компонентов (в мас. ч.):

Винилхлорид..... 100

Вода..... 200

перекись бензоила0,1

метилцеллюлоза0,5

После загрузки компонентов реактор нагревают до 70 °С подают горячую воду через рубашку реактора. Температуру поддерживают строго 70 °С для получения поливинилхлорида с заданными свойствами.

Полимеризация происходит при 50 - 57°С и давлении 0,7 – 1 МПа (7–10 кгс/см²) в течение 15 ч, степень конверсии около 90 %. Окончание процесса определяется по понижению давления в реакторе до 0,2 - 0,3 МПа (2–3 кгс/см²).

Непрореагировавший винилхлорид при нагревании удаляется сначала вакуумированием, а затем барботированием суспензии азотом. Регенерированный винилхлорид возвращается на полимеризацию.

Суспензия полимера под давлением азота из полимеризатора перекачивается в промежуточную емкость 7. Этот аппарат используется для обеспечения непрерывности последующих стадий процесса.

Реакционную массу подают на центрифугу действия 8 для отделения полимера от избыточной воды и его промывки. Водный раствор и промывные воды проходят через ловушку 9 в систему очистки сточных вод. Полимер с влажностью около 25 % подается в аппарат 10 для сушки. [6]

Сушку полимера производят горячим воздухом в сушилке с кипящим слоем. После сушки до содержания влаги в полимере не выше 0,3 % его просеивают через мельничные сита 11, подают в специальные хранилища, а затем упаковывают в мешки.

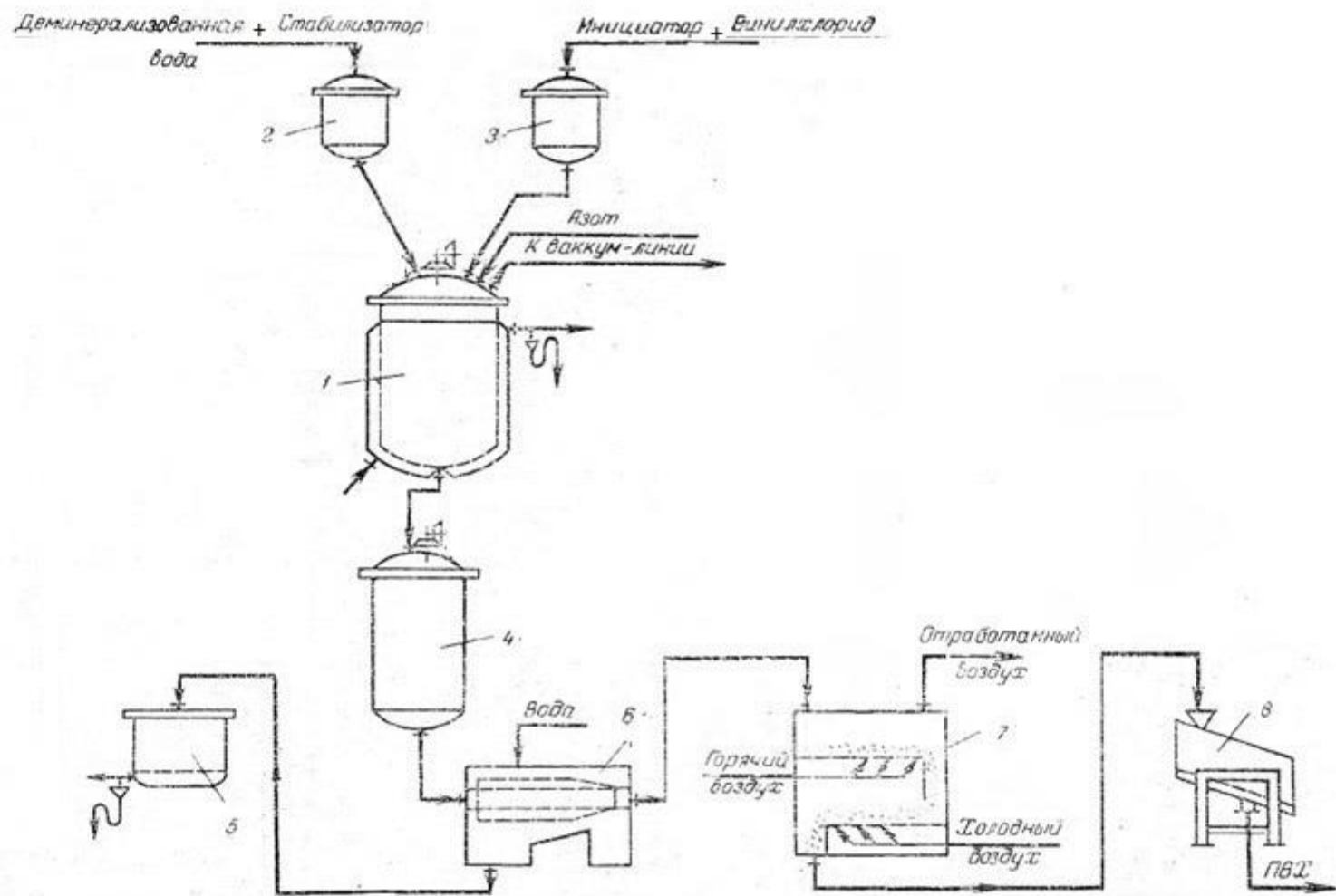


Рисунок 2 – Схема процесса производства суспензионного поливинилхлорида:

1 – полимеризатор; 2 –емкость для приготовления водной фазы; 3 – емкость для мономерной фазы; 4 – промежуточная емкость; 5 – ловушка; 6 – центрифуга НОГШ; 7 – сушилка с кипящим слоем; 8 – мельничное сито.

3.2 Материальные расчеты

В основу любого химического расчета положены два основных закона природы: закон сохранения массы вещества и закон сохранения энергии. На первом базируется любой материальный, а на втором – тепловой балансы.

Применительно к расчету материального баланса какого либо процесса закон примет следующую форму:

$$G_{пр} = G_{прод} + G_{пот}$$

где $G_{пр}$ – масса исходных продуктов, кг;

$G_{прод}$ – масса полученных продуктов, кг;

$G_{пот}$ – потери, кг.

На рисунке 3 приведена схема материальных потоков:

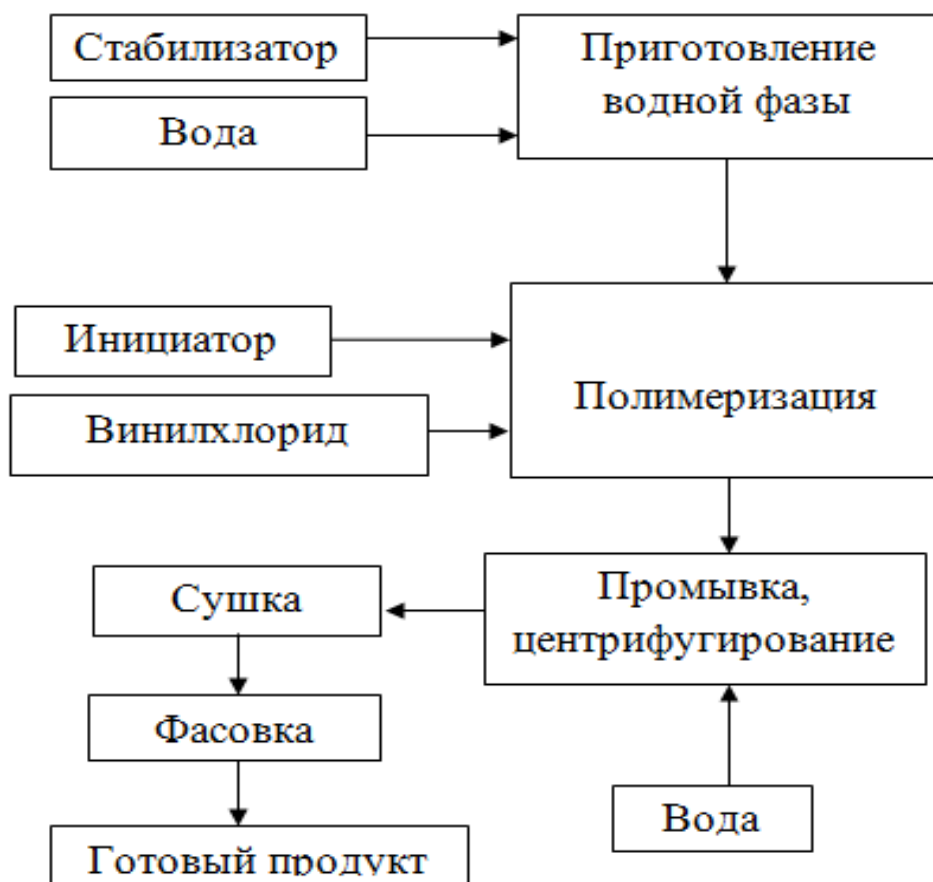


Рисунок 3 – Схема материальных потоков

Исходные данные:

Мощность производства составляет 3000 т/год.

Годовой фонд рабочего времени – 335 дней.

Потери по стадиям:

Подготовка водной фазы – 0,2 %;

Полимеризация – 0,2 %;

Дегазация – 0,2 %;

Выделение, промывка, центрифугирование – 0,2 %;

Сушка – 0,2 %;

Рецептура загрузки:

Винилхлорид – 100 вес. частей;

Вода умягченная – 200 вес. частей;

Инициатор – 0,1 вес. частей;

Стабилизатор – 0,5 вес. частей;

Степень превращения – 90 %.

Влажность после центрифугирования – 25 %.

Влажность готового продукта – 0,3 %.

Суточная производительность без потерь:

$$P_C = \frac{N}{D} = \frac{3000 \times 1000}{335} = 8955,22 \text{ кг/сут}$$

Суточная производительность с потерями поливинилхлорида:

$$P_C^{\text{II}} = \frac{P_C}{\left(1 - \frac{\alpha_2 + x}{100}\right) \cdot \left(1 - \frac{\alpha_3}{100}\right) \cdot \left(1 - \frac{\alpha_4}{100}\right) \cdot \left(1 - \frac{\alpha_5}{100}\right) \cdot \left(1 - \frac{\alpha_6}{100}\right)}$$

где x – процент непрореагировавшего винилхлорида;

$$P_C^{\text{II}} = \frac{8955,22 \text{ кг/сут}}{\left(1 - \frac{0,2 + 10}{100}\right) \cdot \left(1 - \frac{0,2}{100}\right) \cdot \left(1 - \frac{0,2}{100}\right) \cdot \left(1 - \frac{0,2}{100}\right) \cdot \left(1 - \frac{0,2}{100}\right)} = 10\,024 \text{ кг/сут}$$

Производительность без учета потерь на абсолютно сухой полимер (влажность готового продукта 0,3 %):

$$P'_C = P_C \cdot \left(1 - \frac{f + \varphi_2}{100}\right) = 8955,22 \cdot \left(1 - \frac{1+0,3}{100}\right) = 8838,80 \text{ кг/сут}$$

Производительность с учетом потерь на абсолютно сухой полимер:

$$P_C^{II} = P_C^{II} \cdot \left(1 - \frac{f + \varphi_2}{100}\right) = 10062 \text{ кг/сут} \cdot \left(1 - \frac{1+0,3}{100}\right) = 9893,69 \text{ кг/сут}$$

Общие потери:

$$P = P_C^{II} - P'_C = 9893,69 \text{ кг/сут} - 8838,8 \text{ кг/сут} = 1054,9 \text{ кг/сут}$$

Постадийный расчет представлен таблицами

Таблица 1 – Приготовление водной фазы

Приход	кг/сут	%	Расход	кг/сут	%
			1.Водная фаза	20057,92	99,70
Вода	20048,00	99,75	Вода	20007,90	99,55
Стабилизатор	50,12	0,25	Стабилизатор	50,02	0,25
			2. Потери	40,2	0,30
			Вода	40,10	0,20
			Стабилизатор	0,10	0,10
Всего	20098,12	100,00	Всего	20098,12	100,00

Таблица 2 – Приготовление мономерной фазы

Приход	кг/сут	%	Расход	кг/сут	%
			1.мономерная фаза	10013,95	99,80
Винилхлорид	10024,00	99,90	Винилхлорид	10003,95	99,70
Инициатор	10,02	0,10	Инициатор	10,00	0,10
			2. Потери	20,07	0,20
			Винилхлорид	20,05	0,20
			Инициатор	0,02	0,00
Всего	10034,02	100,00	Всего	10034,02	100,0

Таблица 3 – Полимеризация

Приход	кг/сут	%	Расход	кг/сут	%
			1. Суспензия ПВХ	30013,72	99,81
Вода	20007,90	33,27	ПВХ	8995,51	29,91
Стабилизатор	50,02	66,53	Вода	19967,89	66,40
Винилхлорид	10003,95	0,03	Стабилизатор	49,92	0,17
Инициатор	10,00	0,17	Винилхлорид	1000,40	3,33
			2. Потери	58,112	0,19
			ПВХ	17,99	0,06
			Вода	40,02	0,13
			Стабилизатор	0,10	0,00
			Инициатор	0,002	0,00
Всего	30071,84	100,00	Всего	30071,84	100,00

Таблица 4 – Дегазация

Приход	кг/сут	%	Расход	кг/сут	%
			1.Суспензия ПВХ	28905,47	96,48
ПВХ	8995,51	29,97	ПВХ	8977,52	29,91
Вода	19967,89	66,53	Вода	19927,95	66,40
Стабилизатор	49,92	0,17	Стабилизатор	49,82	0,17
Винилхлорид	1000,40	3,33			
			3. Дегазация		3,33
			Винилхлорид	1000,40	3,33
			4. Потери	58,03	0,19
			1.ПВХ	17,99	0,06
			Вода	39,94	0,13
			Стабилизатор	0,10	0,00
Всего	30013,72	100,00	Всего	30013,72	100,00

Таблица 5 – Центрифугирование

Приход	кг/сут	%	Расход	кг/сут	%
1.Суспензия			1.Суспензия	11946,09	20,38
ПВХ			ПВХ		
ПВХ	8977,52	15,31	ПВХ	8959,57	15,28
Вода	19927,95	33,99	Вода	2986,52	5,09
Стабилизатор	49,82	0,08			
Промывная вода	29669,90	50,60	Вода	46571,47	79,44
			Стабилизатор	49,72	0,08
			2. Потери		
			ПВХ	17,96	0,03
			Вода	39,86	0,07
			Стабилизатор	0,10	0,00
Всего	58625,19	100,00	Всего	58625,19	100,0

Таблица 6 – Сушка

Приход	кг/сут	%	Расход	кг/сут	%
1.Влажный ПВХ	11946,09		1.Технический ПВХ	8956,48	64,43
ПВХ	8959,57	64,45	ПВХ	8941,65	64,32
Вода	2986,52	35,55	Вода	8,96	0,06
			2.Отработанный Вода	2971,59	21,38
			Вода	2971,59	21,38
			3.Потери	23,89	0,17
			ПВХ	17,92	0,13
			Вода	5,97	0,04
Всего	11946,09	100,00	Всего	13901,70	100,00

3.3 Выбор конструкции и материала основного аппарата

Выбор конструкции основного аппарата зависит от агрегатного состояния среды, технологических параметров процесса и других факторов.

Для изготовления типовой реакционной аппаратуры используют различные конструкционные материалы, обладающие различными специфическими свойствами, в частности они должны иметь достаточную механическую прочность, коррозионную стойкость к исходным веществам и продуктам реакции, обладать хорошей теплопроводностью, малой теплоемкостью и т.д.

Для проведения суспензионной полимеризации винилхлорида при температуре 50 - 57 °С и избыточном давлении 8 атм выберем кубовый реактор периодического действия.[8]

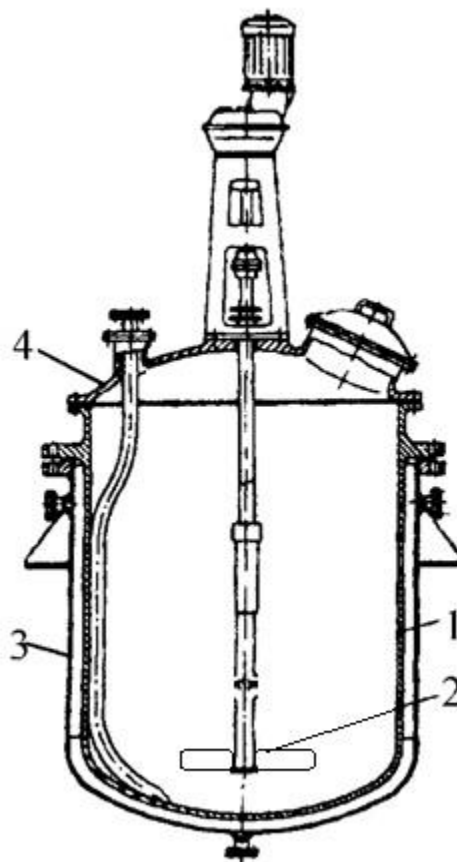


Рисунок 4 – Схема кубового реактора периодического действия

1 – обечайка аппарата; 2 – мешалка; 3 – рубашка; 4 – крышка аппарата.

Крышка 4 и корпус аппарата 1 изготавливается из стали X18H10T ГОСТ 7350-80, остальные части аппарата – из стали Ст3 ГОСТ 380-80. Компоненты реакции смешивают непосредственно в реакторе (так называемое смешивание в объеме). Для этого котлы снабжаются перемешивающими устройствами. Мешалка 2 якорного типа выполнена из легированной стали. Привод мешалки осуществляется от электродвигателя через редуктор. Для уплотнения вала мешалки служит сальниковое уплотнение. [9]

Обогрев и охлаждение реагирующей массы в реакционном котле осуществляется с помощью воды через односекционную внешнюю рубашку 3.

3.4 Технологический расчет основного аппарата

Основной задачей технологического расчета является определение размеров аппарата, обеспечивающего заданную производительность. Объем реактора рассчитывается по формуле [1]:

$$V_P = \frac{n \cdot G_C \cdot \tau_{ц}}{24 \cdot \rho \cdot \varphi}$$

где n – коэффициент запаса производительности;

G_C – производительность аппарата по загрузке;

ρ – плотность реакционной смеси;

φ – коэффициент заполнения реактора (для РПД 0,85);

$\tau_{ц}$ – время работы реактора.

$\tau_{ц} = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5$, где τ_1 – время загрузки аппарата, τ_2 – время на нагрев и перемешивание реакционной массы, τ_3 – время проведения химического в реакторе, τ_4 – время, затрачиваемое на охлаждение реакционной массы, τ_5 – время выгрузки готового продукта из реактора, τ_6 – подготовка РПД к следующему циклу (очистка, осмотр и т.д.).

Расчет массовых долей винилхлорида и воды:

Винилхлорид – 100 вес. частей;

Вода умягченная – 200 вес. частей;

$$\omega_{\text{воды}} = \frac{m_{\text{воды}}}{m_{\text{воды}} + m_{\text{винилхлорида}}} \cdot 100 = \frac{100}{100 + 200} = 33,3\%$$

$$\omega_{\text{винилхлорида}} = \frac{m_{\text{винилхлорида}}}{m_{\text{воды}} + m_{\text{винилхлорида}}} \cdot 100 = \frac{200}{100 + 200} = 66,7\%$$

Исходные данные для расчета РПД:

- производительность реактора по загрузке 30071,84 кг/сут;
- плотность воды 1000 кг/м³;
- плотность винилхлорида 911 кг/м³
- массовые доли винилхлорида 33,3 % , воды 66,6 %.

Таблица 7 – Режим работы РПД

Технологическая стадия	Время, ч	Температура, К		Количество массы в аппарате
		Начала	Конца	
Загрузка	1	293	293	30071,84
Разогрев	2	293	333	30071,84
Полимеризация	15	333	333	30071,84
Охлаждение	2	333	318	30071,84
Выгрузка	1	318	318	30071,84

Таким образом, время цикла:

$$\tau_{\text{ц}} = 1 + 2 + 15 + 2 + 1 = 21 \text{ ч}$$

Плотность реакционной смеси

$$\frac{1}{\rho} = \frac{x_{\text{винилхлорида}}}{\rho_{\text{винилхлорида}}} + \frac{x_{\text{воды}}}{\rho_{\text{воды}}} = \frac{0,333}{911} + \frac{0,667}{1000} = 0,00103 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$\rho = 970,87 \text{ кг}/\text{м}^3$$

Подставив соответствующие цифры в уравнение 1, получим:

$$V_{\text{р}} = \frac{1,1 \cdot 30071,84 \cdot 21}{24 \cdot 970,87 \cdot 0,85} = 35,07 \text{ м}^3$$

По ГОСТ 13372-78 примем объем аппарата равный 40 м³.

По ГОСТ 9931-85 основные размеры аппарата:

Высота аппарата $H_{\text{ап.}} = 6980 \text{ мм}$;

Высота обечайки $l = 5300 \text{ мм}$;

Внутренний диаметр аппарата $D=2800$ мм;

Расчет массы аппарата:

Определение максимальной массы аппарата

$$G_{max} = G_{ап} + G_{пр}$$

$$G_{max} = 15873,85 \text{ кг} + 30071,84 \text{ кг} = 45945,69 \text{ кг}$$

Где $G_{ап}$ - масса аппарата, кг;

$G_{пр}$ - масса продукта в аппарате кг;

Масса продукта в аппарате

$$G_{пр} = 30071,84 \text{ кг.}$$

Массы аппарата

$$G_{ап} = G_{об.к} + G_{дн.к} + G_{кр.к} + G_{об.р} + G_{дн.р} + G_{н}$$

$$G_{н} = 0,3 \cdot (3694,35 + 1441,4 + 1441,4 + 3957,3 + 1676,2) = 3663,20 \text{ кг}$$

$$G_{ап} = 3694,35 + 1441,4 + 1441,4 + 3957,3 + 1676,2 + 3663,2 = 15873,85$$

Для упрощения расчетов возьмём вес аппарата равным 16000 кг.

$G_{об.к}$ - масса обечайки корпуса, кг;

$G_{дн.к}$ - масса днища корпуса, кг;

$G_{кр.к}$ -масса крышки корпуса, кг;

$G_{об.р}$ -масса обечайки рубашки, кг;

$G_{дн.р}$ -масса днища рубашки, кг;

$G_{н}$ - масса неучтенных узлов и деталей (принимаем 30 % от массы перечисленных узлов и деталей), кг.

Масса обечайки корпуса изготовленной из стали X18H10T:

$$G_{об.к.} = V \cdot \rho = \frac{\pi \cdot L}{4} \cdot (D_H^2 - D^2) \cdot \rho = \frac{3,14 \cdot 5,3}{4} (2,82^2 - 2,8^2) \cdot 7900 = 3694,35 \text{ кг}$$

Где $\rho = 7900 \text{ кг/м}^3$ – плотность стали;

$L = 5,300 \text{ м}$ – длина обечайки.

Массу днища и массу крышки корпуса подбираем по госту ГОСТ 6533-78:

$D = 2800 \text{ мм}$

$$s = 20 \text{ мм}$$

$$F = 9,20 \text{ м}^2$$

$$V = 3,35 \text{ м}^3$$

$$G_{\text{дн.к}} = 1441,4 \text{ кг}$$

$$G_{\text{кр.к}} = 1441,4 \text{ кг}$$

Масса рубашки, изготовленной из стали X18H10T:

$$G_{\text{об.р}} = V \cdot \rho = \frac{\pi \cdot L}{4} \cdot (D_H^2 - D^2) \cdot \rho = \frac{3,14 \cdot 5,3}{4} (3,02^2 - 3,0^2) \cdot 7900 = 3957,3 \text{ кг},$$

Где $\rho = 7900 \text{ кг/м}^3$ – плотность стали;

$L = 5,300 \text{ м}$ – длина обечайки.

Массу днища крышки рубашки подбираем по госту ГОСТ 6533-78:

$$D = 3000 \text{ мм}$$

$$s = 20 \text{ мм}$$

$$F = 10,51 \text{ м}^2$$

$$V = 3,9 \text{ м}^3$$

$$G_{\text{дн.к}} = 1676,2 \text{ кг}$$

3.5 Тепловой расчет основного аппарата

Таблица 8 – Теплоемкости реагентов

Температура		Теплоемкость, $\frac{\text{кДж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$		
°С	К	Вода	Винилхлорид	Поливинилхлорид
10	283	4,1919	2,7738	1,307
20	293	4,1816	2,8278	1,332
30	303	4,1782	2,8818	1,357
45	318	4,179	2,9628	1,3945
50	323	4,1804	2,9898	1,407
70	333	4,185	3,0978	1,457
100	373	4,215	3,2598	1,532

1. Разогрев реакционной массы до 333 К

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{ВХ}}^{20} + Q_{\text{В.Ф.}}^{20} + Q_{\text{реак}}^{20} + Q_{\text{тепл}}^{80} + Q_{\text{меш}}$$

$$Q_{\text{прих}} = (G_{\text{ВХ}}^{20} \cdot C_{p_{\text{ВХ}}}^{20} \cdot t_{\text{ВХ}}^{20}) + (G_{\text{В.Ф.}}^{20} \cdot C_{p_{\text{В.Ф.}}}^{20} \cdot t_{\text{В.Ф.}}^{20}) + (G_{\text{реак}}^{20} \cdot C_{p_{\text{ст}}} \cdot t_{\text{реак}}^{20}) + (G_{\text{тепл}}^{80} \cdot C_{p_{\text{тепл}}}^{80} \cdot t_{\text{тепл}}^{80}) + Q_{\text{меш}}$$

Где $G_{\text{ВХ}}^{20}$ – количество винилхлорида, кг;

$C_{p_{\text{ВХ}}}^{20}$ – теплоемкость винилхлорида при 20 °С, $\frac{\text{кДж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$;

$G_{\text{В.Ф.}}^{20}$ – количество водной фазы, кг;

$C_{p_{\text{В.Ф.}}}^{20}$ – теплоемкость водной фазы при 20 °С, $\frac{\text{кДж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$;

$G_{\text{реак}}^{20}$ – масса реактора, кг;

$C_{p_{\text{ст}}}$ – теплоемкость стали, $\frac{\text{кДж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$;

$G_{\text{тепл}}^{80}$ – количество теплоносителя, кг;

$C_{p_{\text{В.Ф.}}}^{80}$ – теплоемкость водной фазы при 80 °С, $\frac{\text{кДж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$;

$Q_{\text{меш}} = 2\%$ от $Q_{\text{общ}}$.

$$Q_{\text{меш}} = 0,02 \cdot (10003,95 \cdot 2,8278 \cdot 293 + 20057,92 \cdot 4,1816 \cdot 293 + 16000 \cdot 0,482 \cdot 293) \\ = 702469,66 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{прих}} = (10003,95 \cdot 2,8278 \cdot 293) + (20057,92 \cdot 4,1816 \cdot 293) + (16000 \cdot 0,482 \cdot 293) \\ + (4,197 \cdot C_{\text{тепл}} \cdot 353) + 702469,66 = 35825952,51 + 1481,5 \cdot G_{\text{тепл}}$$

$$Q_{\text{расх}} = Q_{\text{ВХ}}^{70} + Q_{\text{В.Ф.}}^{70} + Q_{\text{реак}}^{70} + Q_{\text{тепл}}^{20}$$

$$Q_{\text{расх}} = G_{\text{ВХ}}^{70} \cdot C_{p_{\text{ВХ}}}^{70} \cdot t_{\text{ВХ}}^{70} + G_{\text{В.Ф.}}^{70} \cdot C_{p_{\text{В.Ф.}}}^{70} \cdot t_{\text{В.Ф.}}^{70} + G_{\text{реак}}^{70} \cdot C_{p_{\text{ст}}} \cdot t_{\text{реак}}^{70} + G_{\text{тепл}}^{20} \cdot C_{p_{\text{тепл}}}^{20} \cdot t_{\text{тепл}}^{20}$$

$G_{\text{ВХ}}^{70}$ – количество винилхлорида, кг;

$C_{p_{\text{ВХ}}}^{70}$ – теплоемкость винилхлорида при 70 °С, $\frac{\text{кДж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$;

$G_{\text{В.Ф.}}^{70}$ – количество водной фазы, кг;

$C_{p_{\text{В.Ф.}}}^{70}$ – теплоемкость водной фазы при 70 °С, $\frac{\text{кДж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$;

$G_{\text{тепл}}^{20}$ – масса реактора, кг;

$C_{p_{\text{ст}}}$ – теплоемкость стали, $\frac{\text{кДж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$;

$G_{\text{тепл}}^{20}$ – количество теплоносителя, кг;

$C_{p_{\text{тепл}}}^{80}$ – теплоемкость теплоносителя при 20 °С, $\frac{\text{кДж}}{(\text{кг}\cdot\text{К})}$;

$$Q_{\text{расх}} = (10003,95 \cdot 3,0978 \cdot 333) + (20007,90 \cdot 4,1893 \cdot 333) + (16000 \cdot 0,482 \cdot 333) \\ + (293 \cdot 4,1816 \cdot G_{\text{тепл}}) = 40829603,49 + 1225,21 \cdot G_{\text{тепл}}$$

Исходя из равенства, $Q_{\text{прих}} = Q_{\text{расх}}$ находим количество теплоносителя:

$$35825952,51 + 1481,5 \cdot G_{\text{тепл}} = 40829603,49 + 1225,21 \cdot G_{\text{тепл}}$$

$$G_{\text{тепл}} = \frac{40829603,49 - 35825952,51}{256,29} = 19523,40 \text{ кг}$$

Избыточное количество тепла, приходящее в систему на стадии нагрева:

$$q_1 = \frac{Q_{\text{избыточное}}}{\tau \cdot 3600} = \frac{5003650,98}{2 \cdot 3600} = 694,95 \text{ кВт}$$

2. Стадия полимеризации

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{ВХ}}^{70} + Q_{\text{В.Ф.}}^{70} + Q_{\text{реак}}^{70} + Q_{\text{тепл}}^{20} + Q_{\text{меш}} + Q_{\text{Х.Р.}}$$

$$Q_{\text{прих}} = (G_{\text{ВХ}}^{70} \cdot C_{p_{\text{ВХ}}}^{70} \cdot t_{\text{ВХ}}^{70} + G_{\text{В.Ф.}}^{70} \cdot C_{p_{\text{В.Ф.}}}^{70} \cdot t_{\text{В.Ф.}}^{70}) + (G_{\text{реак}}^{70} \cdot C_{p_{\text{ст}}} \cdot t_{\text{реак}}^{70} + G_{\text{тепл}}^{20} \cdot C_{p_{\text{тепл}}}^{20} \cdot t_{\text{тепл}}^{20}) + Q_{\text{меш}} + (G_{\text{ВХ}} \cdot \Delta H \cdot x)$$

$C_{\text{ст}}$ – теплоемкость стали, $\frac{\text{кДж}}{(\text{кг}\cdot\text{К})}$;

$G_{\text{тепл}}^{20}$ – количество теплоносителя, кг;

$C_{p_{\text{тепл}}}^{20}$ – теплоемкость теплоносителя при 20 °С, $\frac{\text{кДж}}{(\text{кг}\cdot\text{К})}$;

ΔH – удельный тепловой эффект полимеризации винилхлорида, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

$$\Delta H = 1640 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (1)$$

x – степень превращения;

$Q_{\text{меш}} = 2\%$ от $Q_{\text{общ}}$.

$$Q_{\text{Х.Р.}} = G_{\text{ВХ}} \cdot \Delta H \cdot x = 10003,95 \cdot 1640 \cdot 0,90 = 14765830,2 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{меш}} = 0,02 \cdot (1000,40 \cdot 3,0978 \cdot 333 + 20007,90 \cdot 4,1893 \cdot 333 + 16000 \cdot 0,482 \cdot 333 \\ + 14765830,2) = 925553,3 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{прих}} = (10003,95 \cdot 3,0978 \cdot 333) + (20007,90 \cdot 4,1893 \cdot 333) + (16000 \cdot 0,482 \cdot 333) + (293 \cdot 4,1816 \cdot G_{\text{тепл}}^{20}) + 14765830,2 + 925553,3 = 56520986,99 + 1225,21 \cdot G_{\text{тепл}}$$

$$Q_{\text{расх}} = Q_{\text{ВХ}}^{70} + Q_{\text{В.Ф.}}^{70} + Q_{\text{реак}}^{70} + Q_{\text{тепл}}^{80} + Q_{\text{ПВХ}}$$

$$Q_{\text{расх}} = G_{\text{ВХ}}^{70} \cdot C_{p_{\text{ВХ}}}^{70} \cdot t_{\text{ВХ}}^{70} + G_{\text{В.Ф.}}^{70} \cdot C_{p_{\text{В.Ф.}}}^{70} \cdot t_{\text{В.Ф.}}^{70} + G_{\text{тепл}}^{80} \cdot C_{p_{\text{тепл}}}^{80} \cdot t_{\text{тепл}}^{80} + G_{\text{ПВХ}}^{70} \cdot C_{p_{\text{ПВХ}}}^{70} \cdot t_{\text{ПВХ}}^{70}$$

$G_{\text{ВХ}}^{70}$ – количество винилхлорида, кг;

$C_{p_{\text{ВХ}}}^{70}$ – теплоемкость винилхлорида при 70 °С, $\frac{\text{кДж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$;

$G_{\text{ПВХ}}^{70}$ – количество поливинилхлорида, кг;

$C_{p_{\text{ПВХ}}}^{70}$ – теплоемкость поливинилхлорида при 70 °С, $\frac{\text{кДж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$;

$G_{\text{тепл}}^{80}$ – количество теплоносителя, кг;

$C_{p_{\text{тепл}}}^{80}$ – теплоемкость теплоносителя при 80 °С, $\frac{\text{кДж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$;

$$Q_{\text{расх}} = (1000,40 \cdot 3,0978 \cdot 333) + (20007,90 \cdot 4,1893 \cdot 333) + (16000 \cdot 0,482 \cdot 333) + (4,196 \cdot 353 \cdot G_{\text{тепл}}) + (8995,51 \cdot 1,457 \cdot 333)$$

Из равенства $Q_{\text{прих}} = Q_{\text{расх}}$ находим количество теплоносителя:

$$47203208,32 + 1225,21 \cdot G_{\text{тепл}} = 35876285,37 + 1481,19 \cdot G_{\text{тепл}}$$

$$G_{\text{тепл}} = \frac{47203208,32 - 35876285,37}{255,98} = 44\,249 \text{ кг}$$

Избыточное количество тепла, приходящее в систему на стадии полимеризации:

$$q_2 = \frac{Q_{\text{избыточное}}}{\tau \cdot 3600} = \frac{11326922,95}{15 \cdot 3600} = 209,76 \text{ кВт}$$

3. Стадия охлаждения реакционной смеси до 318 К

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{ВХ}}^{70} + Q_{\text{В.Ф.}}^{70} + Q_{\text{реак}}^{70} + Q_{\text{тепл}}^{20} + Q_{\text{ПВХ}}^{70} + Q_{\text{меш}}$$

$$Q_{\text{прих}} = G_{\text{ВХ}}^{70} \cdot C_{p_{\text{ВХ}}}^{70} \cdot t_{\text{ВХ}}^{70} + G_{\text{В.Ф.}}^{70} \cdot C_{p_{\text{В.Ф.}}}^{70} \cdot t_{\text{В.Ф.}}^{70} + G_{\text{реак}}^{70} \cdot C_{p_{\text{ст}}}^{70} \cdot t_{\text{реак}}^{70} + G_{\text{тепл}}^{20} \cdot C_{p_{\text{тепл}}}^{20} \cdot t_{\text{тепл}}^{20} + G_{\text{ПВХ}}^{70} \cdot C_{p_{\text{ПВХ}}}^{70} \cdot t_{\text{ПВХ}}^{70} + Q_{\text{меш}}$$

$G_{\text{тепл}}^{20}$ – количество теплоносителя, кг;

$G_{\text{тепл}}^{20}$ – теплоемкость теплоносителя при 20 °С, $\frac{\text{кДж}}{(\text{кг}\cdot\text{К})}$;

$Q_{\text{меш}}$ – 2% от $Q_{\text{общ}}$

$$Q_{\text{меш}} = 0,02 \cdot (1000,40 \cdot 3,0978 \cdot 333 + 19967,89 \cdot 4,185 \cdot 333 + 16000 \cdot 0,482 \cdot 333 + 8995,51 \cdot 1,457 \cdot 333) = 715837,56 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{прих}} = 1000,40 \cdot 3,0978 \cdot 333 + 19967,89 \cdot 4,185 \cdot 333 + 16000 \cdot 0,482 \cdot 333 + 8995,51 \cdot 1,457 \cdot 333 + 4,182 \cdot 293 \cdot G_{\text{тепл}} + 715837,56$$

$$Q_{\text{расх}} = Q_{\text{ВХ}}^{45} + Q_{\text{В.Ф.}}^{45} + Q_{\text{тепл}}^{30} + Q_{\text{реак}}^{45} + Q_{\text{ПВХ}}^{45}$$

$$Q_{\text{расх}} = G_{\text{ВХ}}^{45} \cdot C_{\text{рВХ}}^{45} \cdot t_{\text{ВХ}}^{45} + G_{\text{В.Ф.}}^{45} \cdot C_{\text{рВ.Ф.}}^{45} \cdot t_{\text{В.Ф.}}^{45} + G_{\text{реак}}^{45} \cdot C_{\text{рст}} \cdot t_{\text{реак}}^{45} + G_{\text{тепл}}^{80} \cdot C_{\text{ртепл}}^{80} \cdot t_{\text{тепл}}^{80} + G_{\text{ПВХ}}^{45} \cdot C_{\text{рПВХ}}^{45} \cdot t_{\text{ПВХ}}^{45}$$

$G_{\text{ВХ}}^{45}$ – количество винилхлорида, кг;

$C_{\text{рВХ}}^{45}$ – теплоемкость винилхлорида при 45 °С, $\frac{\text{кДж}}{(\text{кг}\cdot\text{К})}$;

$G_{\text{В.Ф.}}^{45}$ – количество водной фазы, кг;

$C_{\text{рВ.Ф.}}^{45}$ – теплоемкость водной фазы при 45 °С, $\frac{\text{кДж}}{(\text{кг}\cdot\text{К})}$;

$G_{\text{реак}}^{45}$ – масса реактора, кг;

$C_{\text{рст}}$ – теплоемкость стали, $\frac{\text{кДж}}{(\text{кг}\cdot\text{К})}$;

$G_{\text{ПВХ}}^{45}$ – количество поливинилхлорида, кг;

$C_{\text{рПВХ}}^{45}$ – теплоемкость поливинилхлорида при 45 °С, $\frac{\text{кДж}}{(\text{кг}\cdot\text{К})}$;

$G_{\text{тепл}}^{80}$ – количество теплоносителя, кг;

$C_{\text{ртепл}}^{80}$ – теплоемкость теплоносителя при 80 °С, $\frac{\text{кДж}}{(\text{кг}\cdot\text{К})}$;

$$Q_{\text{расх}} = (1000,40 \cdot 2,9628 \cdot 318) + (19967,89 \cdot 4,179 \cdot 318) + (16000 \cdot 0,482 \cdot 318) + (8995,51 \cdot 1,3945 \cdot 318) + (4,196 \cdot 353 \cdot G_{\text{тепл}}$$

Из равенства $Q_{\text{прих}} = Q_{\text{расх}}$ находим количество теплоносителя:

$$36507715,47 + 1225,33 \cdot G_{\text{тепл}} = 33919799,49 + 1481,19 \cdot G_{\text{тепл}}$$

$$G_{\text{тепл}} = \frac{36507715,47 - 33919799,49}{255,86} = 10114,58 \text{ кг}$$

Избыточное количество тепла, приходящее в систему на стадии охлаждения:

$$q_3 = \frac{Q_{\text{избыточное}}}{\tau \cdot 3600} = \frac{2587915,98}{2 \cdot 3600} = 359,43 \text{ кВт}$$

где τ – длительность стадии охлаждения, ч.34

Расчет поверхности теплообмена

Расчет будем вести по самой теплонапряженной стадии – стадии нагрева.

Находим расчетную поверхность теплообмена :

$$F_{\text{расч}} = \frac{q_1}{K \cdot \Delta t_{\text{ср}}}$$

где K – коэффициент теплопередачи от воды к реакционной массе, который равен $340 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$;

$\Delta t_{\text{ср}}$ – средняя разность температур между водой в рубашке и реакционной массы в реакторе:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln\left(\frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}\right)}$$

$$+20 \xrightarrow{\text{вода}} 80;$$

$$+60 \xrightarrow{\text{реак.масса}} 45;$$

$$\overline{\Delta t_{\text{Б}}} = 40 \qquad \overline{\Delta t_{\text{М}}} = 35;$$

$\Delta t_{\text{б}} = t_{\text{р.м.}}^{\text{Н}} - t_{\text{тепл}}^{\text{Н}} = 333 - 293 = 40 \text{ К}$, где $t_{\text{р.м.}}^{\text{Н}}$ – начальная температура реакционной массы в начале охлаждения, $t_{\text{тепл}}^{\text{Н}}$ – начальная температура теплоносителя в начале охлаждения;

$\Delta t_{\text{м}} = t_{\text{тепл}}^{\text{К}} - t_{\text{р.м.}}^{\text{К}} = 318 - 303 = 15 \text{ К}$, где $t_{\text{р.м.}}^{\text{К}}$ и $t_{\text{тепл}}^{\text{К}}$ конечные температуры реакционной массы и теплоносителя в конце охлаждения соответственно.

Таким образом, $\Delta t_{\text{ср}}=38,46$

Расчетная поверхность теплообмена:

$$F_{\text{расч}} = \frac{694950}{340 \cdot 38,46} = 53,15 \text{ м}^2$$

Действительная поверхность теплообмена:

$$F_{\text{дейст}} = \pi \cdot D \cdot H + F_{\text{крыш}} = (3,14 \cdot 2,8 \cdot 6,98) + 7,1 = 68,47 \text{ м}^2,$$

Где D – диаметр аппарата, м;

h – высота аппарата, м;

$F_{\text{крыш}}$ - внутренняя поверхность крышки, м^2 .

Так как $F_{\text{расч}} < F_{\text{дейст}}$, то можно сделать вывод, что поверхность теплообмена данного реактора справляется с тепловыми нагрузками и установка дополнительных устройств не требуется.

3.6 Конструкционный расчет

Цель конструктивного расчета – определить диаметры патрубков для подвода воды в реактор, толщину стенки корпуса автоклава и диаметр зажимного болта крышки реактора.

1. Определим диаметр патрубков $d_{\text{вн.п.}}$, м, для подачи воды в рубашку по формуле:

$$d_{\text{вн.п.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \omega \cdot \rho}}$$

G – массовый расход, кг/с (самый большой расход на стадии полимеризации) ;

ω - скорость движения теплоносителя, м/с

ρ – плотность теплоносителя, $\text{кг}/\text{м}^3$

$$d_{\text{вн.п.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 19523,4}{3,14 \cdot 0,1 \cdot 1000 \cdot 2 \cdot 3600}} = 0,035 \text{ м}$$

2. Определим диаметр патрубков $d_{\text{вн.п.}}$, м, для подачи водной фазы по формуле:

$$d_{\text{вн.п.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \omega \cdot \rho}}$$

G – массовый расход, кг/с;

ω – скорость движения, м/с

ρ – плотность теплоносителя, $\text{кг}/\text{м}^3$

$$d_{\text{вн.п.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 20007,90}{3,14 \cdot 0,1 \cdot 1000 \cdot 1 \cdot 3600}} = 0,071 \text{ м}$$

3. Определим диаметр патрубков $d_{\text{вн.п.}}$, м, для подачи мономерной фазы по формуле:

$$d_{\text{вн.п.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \omega \cdot \rho}}$$

G – массовый расход, кг/с;

ω – скорость движения, м/с

ρ – плотность теплоносителя, $\text{кг}/\text{м}^3$

$$d_{\text{вн.п.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10003,95}{3,14 \cdot 0,09 \cdot 911 \cdot 1 \cdot 3600}} = 0,043 \text{ м}$$

Выбор фланцев

Для присоединения трубопроводной арматуры выберем фланец плоский приварной по ГОСТ Р 54432 —2011:

d_B	b	D	D_1	D_2	d	h	n
<i>мм</i>							<i>шт</i>
45	17	145	110	88	18	3	2
100	23	215	180	158	18	3	2

Для соединения крышки аппарата с обечайкой выберем фланец для стальных сварных аппаратов:

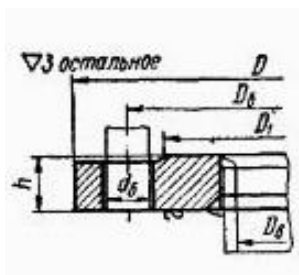


Рисунок 5 – Фланец для стальных сварных аппаратов

Таблица 9 - Основные размеры фланца

D _B	D	D ₆	D ₁	d ₆	h	n
мм						шт
2800	3000	2945	2695	M30	68	2

3.7 Аппаратурные расчеты

Для проведения процесса суспензионной полимеризации винилхлорида требуются не только реактор, но и вспомогательные емкости, сушилка, центрифуга, насосы.

3.7.1 Емкостные аппараты.

Объем емкостных аппаратов рассчитывается по формуле [9]:

$$V = \frac{G}{\rho}$$

Где G – количество вещества, поступающего в емкость, кг;

ρ – плотность вещества, поступающего в емкость, $\text{кг}/\text{м}^3$.

1. Емкость с мешалкой для приготовления водной фазы:

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{20098,12}{998} = 20\text{м}^3$$

По ГОСТ 20680-2002 примем объем аппарата равный 20 м³

2. Емкость с мешалкой для приготовления мономерной фазы:

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{10034,02}{911} = 11\text{м}^3$$

По ГОСТ 20680-2002 примем объем аппарата равный 20 м³

3. Промежуточная емкость:

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{30013,72}{970,87} = 31 \text{ м}^3$$

По ГОСТ 20680-2002 примем объем аппарата равный 31 м³

3.7.2 Насосы.

Для перекачивания жидкостей используются центробежные лопастные насосы. Выбор насосов производится по производительности. Для данного производства были выбраны насосы по ГОСТ 12124-87, обладающие следующими характеристиками:

Таблица 10 – Основные параметры насоса

Обозначение типоразмера	Код ОПК	Подача Q, м ³ /с (м ³ /ч)	Напор, м	Предельное давление, МПа (кгс/см ²) ⁹	КПД, % не менее	Частота вращения (синхронная) n, с ⁻¹ (об/мин)	Масса, кг не более
НМ 125-550	36 3141 1840 07	0,035 (125)	550	9,81 (100)	72	50 (3000)	2400

3.7.3 Сушилка

Для сушки продукта выберем распылительную сушилку СРЦ-8/400 НК. Система подачи теплоносителя – нижняя, под факел распылителя. Детали, соприкасающиеся с продуктом, изготовлены из стали X18H10T, остальные – из углеродистой стали.

Таблица 11 – Технологическая характеристика сушилки

Производительность по испаренной влаге, кг/ч	1600 – 3000
Диаметр сушильной камеры, мм	8000
Объем сушильной камеры, м ³	402
Температура газов, °С	
На входе	150 – 350
На выходе	90
<i>Центробежно – распылительный механизм</i>	
Диаметр диска, мм	270
Скорость вращения диска, об/мин	8000
Электродвигатель	
Мощность, кВт	40

Число оборотов вала в минуту	2950
Габаритные размеры сушилки (диаметр×высота), мм	8500×19480
Вес, кг	46000

В сушилку полимер поступает после каждого цикла в центрифуге. Сушка происходит после каждого третьего цикла.

3.7.4 Центрифуга

Центрифуга 2ФГН-2201К-01 [10] предназначена для разделения хорошо фильтруемых средне- и мелкодисперсных суспензий. Центрифуга негерметизированная, с невзрывозащищенным электрооборудованием; периодического действия со сдвоенным ротором. Детали, соприкасающиеся с продуктом, изготовлены из стали 12Х18Н10Т.

Таблица 12 – Технологические характеристики центрифуги

Ротор	
Внутренний диаметр, мм	2200
Длина, мм	1740
Рабочий объем, дм ³	2750
Загрузка, кг не более	3500
Количество циклов	27
Время цикла, мин	35
Наибольшая частота вращения, об/мин	600
Наибольший фактор разделения	445
Электродвигатель (главный)	
Тип	4А335М8
Мощность, кВт	160
Частота вращения вала, об/мин	740
Габаритные размеры центрифуги, мм	6030×5350×4965
Масса, кг	30700

3.7.5 Расчет и выбор опор

Опоры служат для установки полимеризаторов на фундаменты и несущие конструкции. Основной исходной величиной для расчета является нагрузка на лапу [8]:

$$Q = \frac{G_{\max}}{n},$$

Где n – число лап,

G_{\max} – максимальный вес аппарата, включающий в себя вес самого реактора, вес рубашки и максимально возможный вес продуктов, загружаемых в него.

Вес аппарата $G_{\text{ап}} = 46000$ кг;

Вес рубашки $G_{\text{руб}} = H \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \rho \cdot (D_{\text{внеш}}^2 - d_{\text{вн}}^2)$,

Где H – высота рубашки, м;

$D_{\text{внеш}}$ – внешний диаметр рубашки, м;

$d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр рубашки, м

s – толщина стенки рубашки, м;

ρ – плотность стали, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

$$G_{\text{руб}} = 11 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 7850 \cdot (3,22^2 - 3,2^2) = 8703,56 \text{ кг}$$

Максимально возможный вес продуктов: $G_{\text{прод}} = 47292,308$ кг

Таким образом, максимальный вес аппарата будет равен:

$$G_{\max} = 25000 + 8703,56 + 46000 = 79703,56 \text{ кг}$$

Находим нагрузку на одну лапу:

$$Q = \frac{79703,56}{10} = 7970,36 \text{ кг}$$

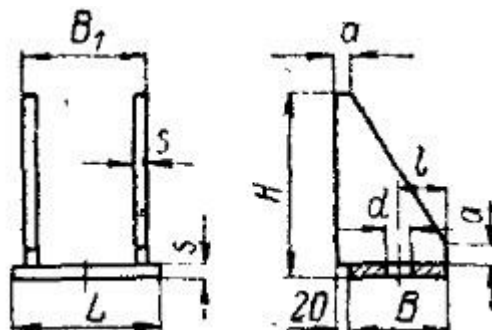


Рисунок 6 – Лапа стальная подвесная

Выберем стандартную опору для аппарата [13]:

Таблица 13 – Основные параметры лапы

Допускаемая нагрузка на лапу, $G \cdot 10^{-4}$, Н	Опорная площадь, $F \cdot 10^4$, м ²	Удельная нагрузка на опорную площадь q , МН/м ²	L	B	B_1	H	s	l	a	d	Масса лапы, кг
			мм								
8,0	639	1,25	270	240	240	420	14	120	25	34	21,5

Таблица 14 – Основные размеры стальной подкладки под лапу

Допускаемая нагрузка на лапу $G \cdot 10^{-4}$, Н	H	B	S_h
	мм		
8,0	500	360	10

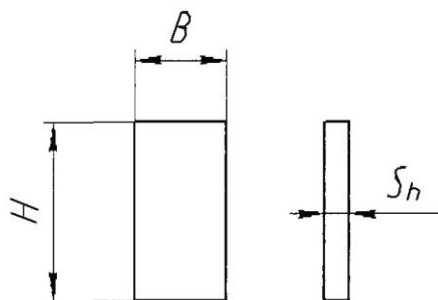


Рисунок 7 – Стальная подкладка

3.7.6 Выбор обечайки и патрубков

По ГОСТ 20680-2002 выбираем цилиндрическую обечайку на аппарат и на патрубки [17].

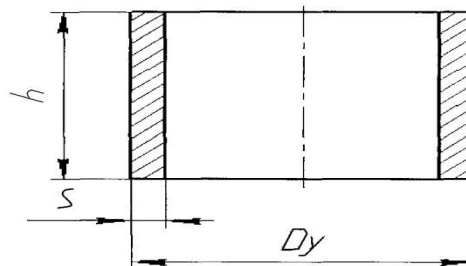


Рисунок 8 – Цилиндрическая обечайка

Таблица 15 – Основные размеры обечайки и патрубков

	D_y	s	h
	мм		
Обечайка аппарата	3054	26	9800
Обечайка рубашки	3220	10	9550
Патрубок входа/выхода хладагента, теплоносителя	135	5	165
Патрубок входа исходных веществ	110	5	145
Патрубок выхода продукта	325	8	210
Патрубок гильзы термопары/датчика давления	45	2	105

3.8 Аналитический контроль производства

Для правильного проведения процесса полимеризации хлористого винила и получения полимера высокого качества необходимо, чтобы хлористый винил не содержал примесей, отрицательно влияющих на процесс полимеризации. Поэтому в хлористом виниле, поступающем на полимеризацию, определяют содержание основного вещества, а также качественно и количественно содержание всех примесей.

1. Анализ мономера

Ориентировочное представление о степени чистоты хлористого винила дает определение количества хлористого винила, выкипающего до заданной температуры, а также измерение показателя преломления.

Определение концентрации винилхлорида методом выкипания.

Метод заключается в определении количества хлористого винила, выкипающего до -10 °С. Анализируемый продукт наливают в калиброванную на 100 мл специальную колбу с суживающимся отростком в дне (рисунок 9).

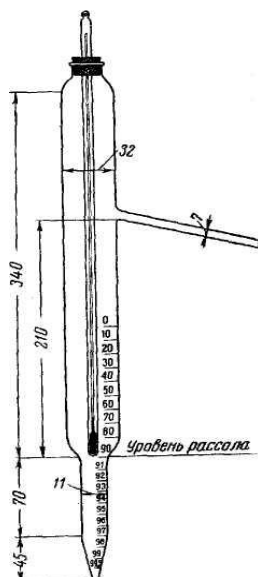


Рисунок 9 – Прибор для определения концентрации хлористого винила по выкипанию.

Колбу предварительно охлаждают, ополаскивая 2 - 3 порциями испытуемого хлористого винила. Для равномерного выкипания пробы в колбу помещают 3 - 4 крупинки песка, после чего наливают точно 100 мл пробы хлористого винила. Затем в колбу вставляют на пробке термометр, градуированный от $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ с ценой деления $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, и опускают его до суживающейся части колбы. Колбу помещают в баню с рассолом (температура рассола $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) так, чтобы шарик термометра находился над поверхностью рассола, и отмечают температуру начала кипения (появление в жидкости пузырьков пара). Отгонку хлористого винила продолжают до достижения температуры в колбе $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Остаток в колбе условно считают примесями к хлористому винилу. Отогнанная часть принимается за чистый хлористый винил.

Методика анализа хлористого винила по выкипанию весьма несовершенна и может давать ошибочные результаты.

Определение с помощью показателя преломления.

Для измерения показателя преломления используется рефрактометр типа Аббе с приставкой, позволяющей измерять под давлением показатель преломления низкокипящих жидкостей. Приставка снабжена рубашкой, в

которой во время измерения циркулирует термостатированная вода. В верхней крышке приставки установлен термометр, регистрирующий температуру анализируемой жидкости. Приставка укрепляется вместо верхней призмы рефрактометра. Во избежание испарения хлористого винила Для анализа берут 40 мл хлористого винила и измеряют показатель преломления всей пробы при 17 °С. Затем из пробы трижды отгоняют по 10 мл продукта и каждый раз в остатке определяют показатель преломления при 17 °С. Таким образом, из каждой пробы производится по 4 определения показателя преломления.

Рефрактометрический метод также не дает совершенно точной характеристики испытуемого продукта, так как в числе примесей, содержащихся в хлористом виниле, могут оказаться соединения, имеющие как больший, так меньший, чем у хлористого винила, показатель преломления. С помощью этого метода можно лишь приблизительно судить о характере примесей в испытуемом техническом продукте.

Более полное представление о качестве технического хлористого винила можно получить путем количественного определения примесей методами, описанными ниже.

Определение содержания примесей в хлористом виниле.

Определение ацетилена в жидком хлористом виниле. В охлажденную колбу, закрытую пробкой с отводной трубкой, наливают 100 мл испытуемого хлористого винила. Содержимое колбы испаряют при комнатной температуре и отходящие газы пропускают через 2 - 3 поглотителя, в которые налито по 50 мл раствора Илосвая. Хлористый винил испаряют в течение около 1,5 ч. Содержимое поглотителей переносят на воронку с пористым дном, жидкость отсасывают и осадок ацетиленида меди промывают для удаления аммиака до тех пор, пока промывные воды не будут оставаться розовыми после добавления одной капли 0,1 н. раствора перманганата.

Влажный осадок растворяют на фильтре в 30 мл 2 % -ного раствора сульфата окисного железа. Фильтр промывают несколько раз водой и весь

раствор с промывными водами титруют 0,01 н. раствором перманганата до появления не исчезающего окрашивания.

Содержание ацетилена (в %) вычисляют по формуле

$$x = a \cdot 0,00013$$

где a - количество 0,01 н. раствора перманганата, израсходованное на титрование, мл; 0,00013 - коэффициент пересчета.

Определение хлористого водорода. Круглодонную колбу емкостью 200 мл, закрытую корковой пробкой с отводной трубкой с зажимом, взвешивают на аналитических весах. В колбу помещают пробу испытуемого жидкого винилхлорида, закрывают пробкой и погружают в сосуд с жидким винилхлоридом, служащим термостатом для поддержания температуры в колбе около -13 °С. Колбу быстро вынимают из термостата и взвешивают с точностью до 1,0 г. Затем отводную трубку колбы соединяют с промывной склянкой, заполненной дистиллированной водой, открывают зажим и вынимают колбу из бани. Нагреваясь до комнатной температуры, хлористый винил испаряется и барботирует через воду. Когда вся жидкость из колбы испарится, осторожно нагревая колбу, вытесняют из нее пары хлористого винила. В случае кислой реакции воды в промывной склянке, растворенный в ней хлористый водород оттитровывают 0,1 н. раствором едкого натра с индикатором фенолфталеином.

Содержание хлористого водорода (в %) вычисляют по формуле

$$x = \frac{a \cdot 0,036 \cdot 100}{m}$$

где a - количество 0,1 н. раствора едкого натра, израсходованное на титрование, мл;

m - навеска хлористого винила, г.

Термомеханический метод анализа примесей в техническом винилхлориде. Сущность метода заключается в сочетании распределительного хроматографического анализа с термической

десорбцией. Испытуемый хлористый винил испаряют и 500 мл газа пропускают из газометра через адсорбционную колонку. При этом избыток основного компонента смеси (хлористого винила), наиболее слабо адсорбирующегося, выходит из колонки, а содержащиеся в нем примеси задерживаются адсорбентом. Для проявления образующейся хроматограммы включают одновременно ток газа-носителя (азот) и движение печи. Затем включают обогрев печи. Подсчет и запись показаний интерферометра, на основании которых затем строят «выходную кривую» испытуемого хлористого винила, производят через каждую минуту. Для построения кривой откладывают на оси абсцисс время в минутах, истекшее от начала опыта, а на оси ординат – соответствующие показания интерферометра (в делениях барабана). Схема установки приведена на рисунке 7.

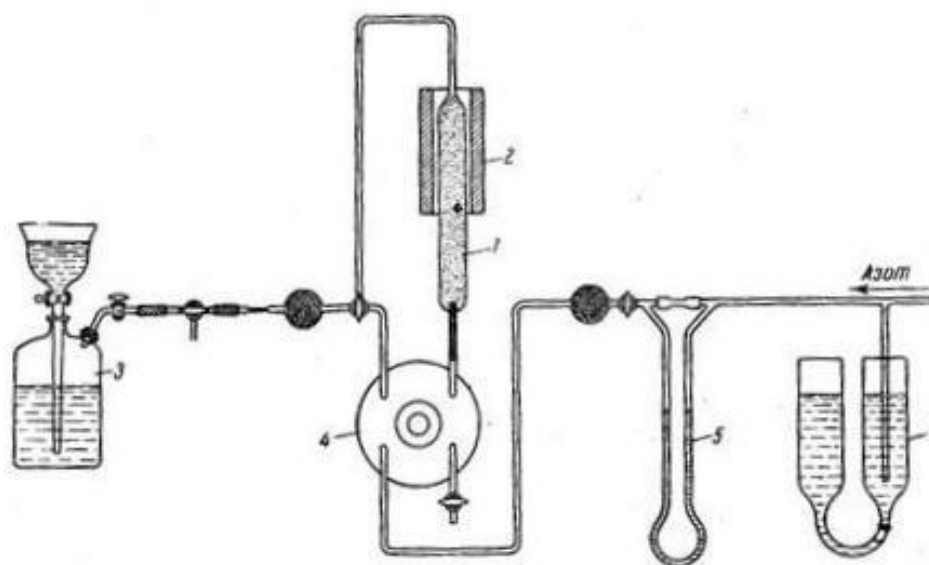


Рисунок 10 – Схема установки для термохроматографического анализа винилхлорида.

1 - адсорбционная колонка; 2 - электрическая трубчатая печь; 3 - газометр;
4 - интерферометр; 5 - реометр; 6 - сосуд для поддержания постоянного давления

«Выходная кривая» технического хлористого винила обладает характерными пиками, каждому из которых соответствует определенная примесь.

2. Анализ полимера

Суспензионный поливинилхлорид должен соответствовать нормам, указанным в таблице 16.

Таблица 16 – Технические требования к суспензионному поливинилхлориду

Наименование показателя	Норма для марки и сорта		Метод испытания
	ПВХ-С70		
	Высший сорт	1-й сорт	
1. Внешний вид			
а) цвет			
б) количество посторонних включений, шт. не более	5	25	
2. Насыпная плотность, $\text{г}/\text{см}^3$	0,50 – 0,60	0,45 – 0,60	По ГОСТ 11035–64, метод А
3. Массовая доля винилхлорида, млн^{-1} , не более	10	10	По ГОСТ 25737-91
4. Массовая доля влаги и летучих веществ, %, не более	0,3	0,5	По ГОСТ 14043–78
5. Остаток после просева на сите с сеткой № 02, %, не более	0,05	0,1	

3.9 Автоматический контроль производства

Основные параметры, которыми характеризуются процессы, происходящие в реакторе: скорость реакции и степень превращения исходного сырья в продукты реакции. На эти показатели влияет ряд факторов: концентрация реагирующих веществ, температура в реакторе. Основная задача управления процессом заключается в получении продуктов заданного состава путем, воздействия на эти величины.

Регулирование температуры в реакторах с мешалкой осуществляют за счет изменения расхода хладагента, подаваемого в охлаждающую рубашку. В простейшем случае расходом этого хладагента управляют с помощью одноконтурной АСР температуры, чувствительный элемент которой устанавливают в реакторе. Если при отводе тепла реакции хладагент испаряется, то для повышения качества регулирования можно применять каскадную АСР, в которой регулятор температуры действует на задание регулятора давления испаряющегося хладагента, в свою очередь воздействующего на клапан, установленный на линии отвода паров хладагента. При этом жидкий хладагент подают в рубашку по сигналу от уровня.

В случаях, когда по каким-либо причинам может резко возрастать скорость выделения тепла реакции, вплоть до превышения максимальной скорости теплоотвода, дополнительно предусматривают систему аварийной защиты, которая обеспечивает остановку реакции путем, например, прекращения подачи сырья в реактор.

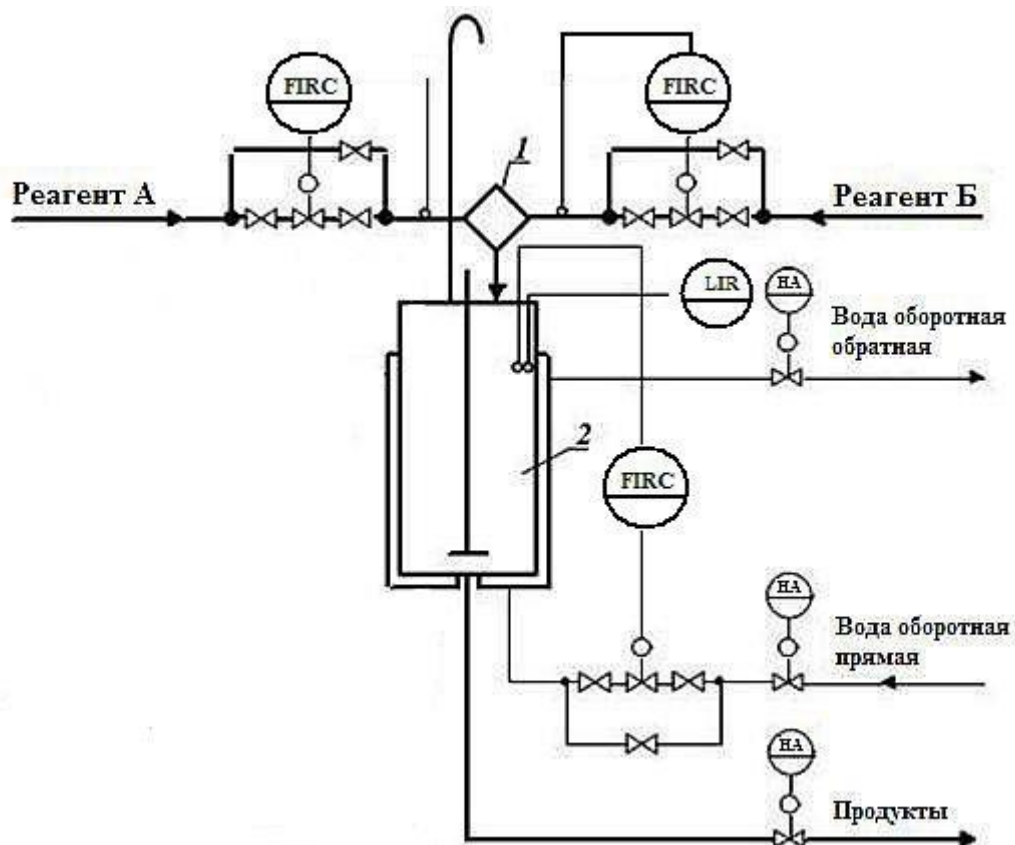


Рисунок 11 – Обвязка реактора периодического действия [9]

1 – смеситель; 2 – реактор.

С целью полного использования реагирующих веществ необходимо поддерживать заданное соотношение их расходов. При незначительных изменениях нагрузки реактора это можно обеспечить с помощью систем стабилизации расходов веществ, подаваемых в реактор. При больших колебаниях нагрузки необходимо применять АСР.

Таблица 17 – Карта контроля технологических параметров

Место измерения параметров или отбора проб	Контролируемый параметр	Частота и способ контроля	Нормы технологических показателей	Методы исследования и средства контроля	Кто контролирует
Реактор, поз.	Температура, поз. FIRC	<p>Визуально ежечасно с регистрацией</p> <p>Аналоговое управление</p> <p>Дистанционное управление регулирующим клапаном подачи воды в рубашку</p> <p>Звуковая и световая сигнализация нагрузки двигателя мешалки</p>	60±2 °С	<p>ТЖК – 0083, длина 120мм, преобразователь НП - ТЛ - 1М, предел измерения (10 – 150)°С, кл.т. 0,5, (пульт МП - 8000М).</p> <p>Прибор аналоговый показывающий, трехканальный М-1743, шк.(0 – 5)мА, кл.т. 1,0, пульт МП-800. Регулятор РБА – Ш, пульт МП-800.</p> <p>Сигнальная лампа на щите КИП.</p>	Аппаратчик

Заключение

Объектом курсового проекта был проектирование реактора получения поливинилхлорида суспензионным методом.

В процессе работы были проведены расчёты материального баланса, тепловые расчёты оборудования, конструкционный расчёт аппаратов установки производства. В данной работе приведена характеристика сырья, реагентов и готовой продукции, описание технологической схемы, рассмотрены аспекты безопасной эксплуатации производства, контроля качества выпускаемой продукции, автоматизации производства. В расчетной части данного проекта был рассчитан автоклав с мешалкой.