

Оглавление	
Введение.....	2
1. Химия процесса.....	4
1.1. Реакция полимеризации винилацетата.....	5
1.2. Свойства реагентов.....	7
1.3. Свойства готового продукта.....	11
2. Технологическая схема производства ПВА в растворе.....	13
3. Материальный баланс.....	14
4. Тепловой баланс.....	18
5. Аппаратурный расчет.....	23
5.1. Выбор конструкционного материала.....	23
5.2. Расчет толщины обечайки, выбор днища.....	24
5.3. Выбор фланцев.....	25
5.4. Выбор штуцеров.....	26
5.5. Выбор рубашки.....	28
5.6. Расчет перемешивающего устройства.....	29
5.7. Расчет и выбор опор.....	33
6. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и сбережения.....	35
6.1. Введение.....	35
6.2. Анализ конкурентных технических решений.....	35
6.3. SWOT-анализ.....	36
7. Планирование научно-исследовательских работ.....	40
7.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	40
7.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований .....	41
7.3. Определение трудоемкости выполнения работ.....	41
7.4. Разработка графика проведения научного исследования.....	43
7.5. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	47
7.5.1. Расчет материальных затрат НТИ.....	47

7.5.2. Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ.....	48
7.5.3. Основная заработная плата исполнителей темы.....	49
7.5.4. Отчисления во внебюджетные фонды.....	51
7.5.5. Накладные расходы.....	52
7.5.6. Формирование бюджета затрат научно-технического проекта.....	52
7.6. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	53
8. Социальная ответственность.....	55
8.1. Производственная безопасность.....	55
8.2. Анализ выявленных вредных факторов производства.....	55
8.2.1. Коллективные и индивидуальные средства защиты.....	56
8.2.2. Производственное освещение.....	57
8.2.3. Защита от шума и вибраций.....	58
8.3. Анализ опасных факторов.....	60
8.4. Экологическая безопасность.....	62
8.4.1. Выбросы в атмосферу.....	63
8.4.2. Сточные воды.....	63
8.5. Безопасность чрезвычайных ситуаций.....	64
8.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	66
Заключение.....	69
Список литературы.....	70

## Введение

Поливинилацетат — это важный продукт современной химической технологии.

Будучи единственным полимером, получаемым полимеризацией из винилацетата, он является сырьем для целой группы, так называемых клеевых поливинилацетатных пластмасс [12]. Все остальные полимеры данной группы получают методом полимераналогичных превращений. В состав группы входят поливинилацетат, поливиниловый спирт, поливинилацетали.

Целью данной работы было проектирование установки полимеризации винилацетата в растворе. Производительность 10000 т/год чистого полимера; процесс — периодический; растворитель — этанол, инициатор — перекись бензоила.

Поливинилацетат в виде спиртового раствора (ТУ 6-10-1081-70) выпускают трех марок, отличающихся по вязкости мольных растворов (в сантипуазах): С-4 (3—6 сП), С-8 (6—10 сП); С-12 (10—14 сП). Концентрация лаков — 45-55% полимера; содержание мономера не более 1,2%.

## 1. Химия процесса

В зависимости от назначения поливинилацетата полимеризацию осуществляют различными методами: блочным, лаковым, суспензионным и эмульсионным.

При полимеризации в растворителях в качестве инициаторов применяют перекись бензоила, динитрил азоизомасляной кислоты.

Выбор растворителя определяется назначением поливинилацетата [9]:

-для реакций омыления ПВА и с целью удешевить производство используют метанол;

-для склеивания бумаги, ткани, стекла, а так же для получения нетоксичного ПВС медицинского и пищевого назначения – этанол.

-для склеивания и лакирования кожи – этилацетат;

Основной способ переработки раствора ПВА это производство ПВС (и некоторых других веществ), в свою очередь являющихся очень важным продуктом химической технологии.

Так же при добавлении в строительные растворы он повышает их адгезию, придает пластичность, увеличивает прочность конечного изделия.

Поливинилацетат применяется в производстве лаков, где он ценен благодаря высоким свойствам прилипания (адгезии), пластичности, светостойкости и бесцветности.

Растворы поливинилацетата в органических растворителях – клеи. Высокие клеящие свойства открывают возможности для его применения при склейке древесины.

Поливинилацетат был впервые получен в США в 1914 году. С тех пор мировое потребление ПВА увеличилось до 2,5 млн. тонн в год и продолжает расти [10].

На 2015 год производство ПВА в странах СНГ составило 77,4 тыс. тонн [11].

## 1.1. Реакция полимеризации винилацетата

Поливинилацетат получают радикальной полимеризацией винилацетата. Инициатором служит перекись бензоила (ПБ) или динитрил азоизомасляной кислоты (ДАК).

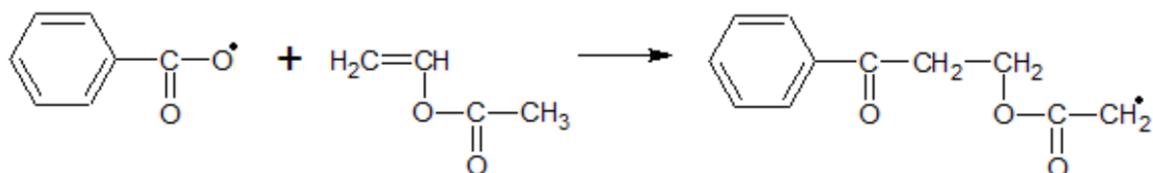
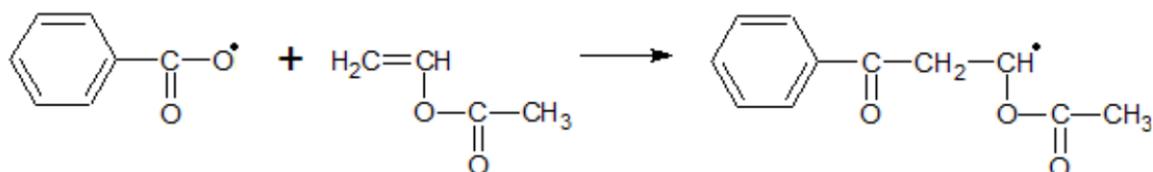
Радикальная полимеризация проходит в три стадии:

### 1. Иницирование

В условиях полимеризации ПБ распадается на свободные радикалы:

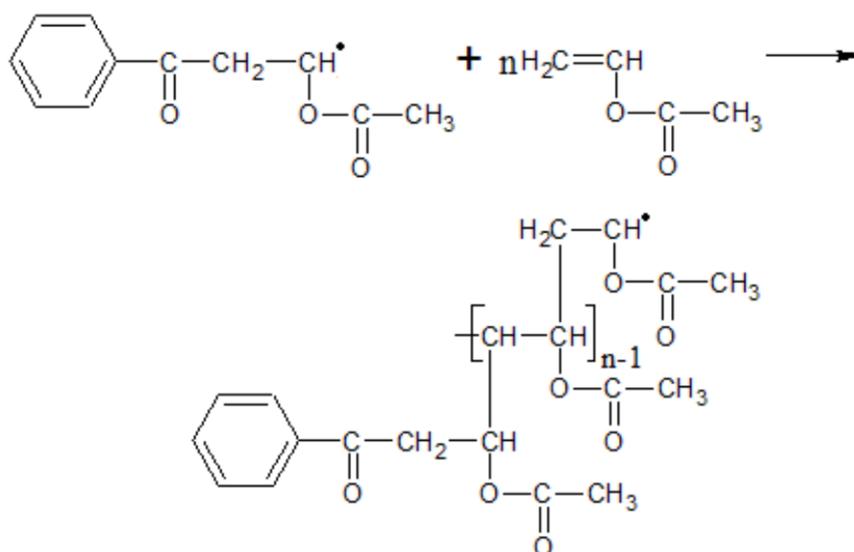


А затем происходит иницирование молекулы винилацетата:

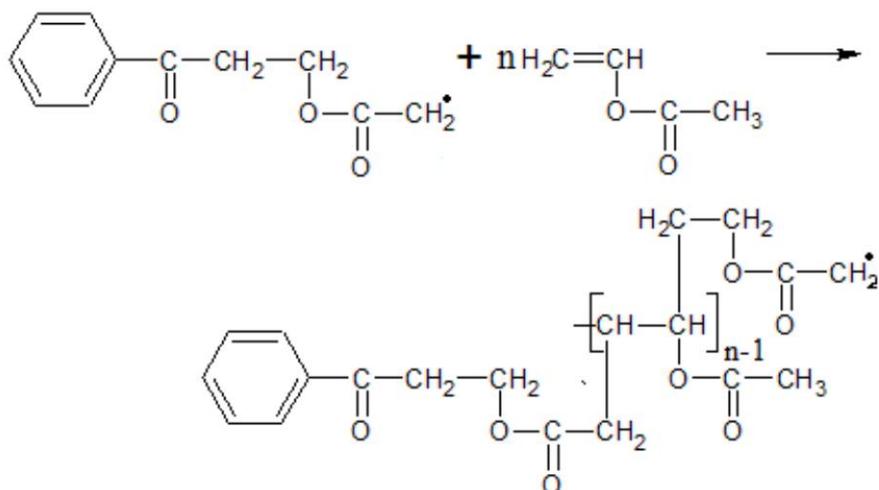


### 2. Рост цепи

К иницированной молекуле присоединяются молекулы ВА, образуя полимерную цепь линейного строения:



или образуя разветвленные макромолекулы за счет переноса цепи на метильную группу полимера и третичный атом углерода:

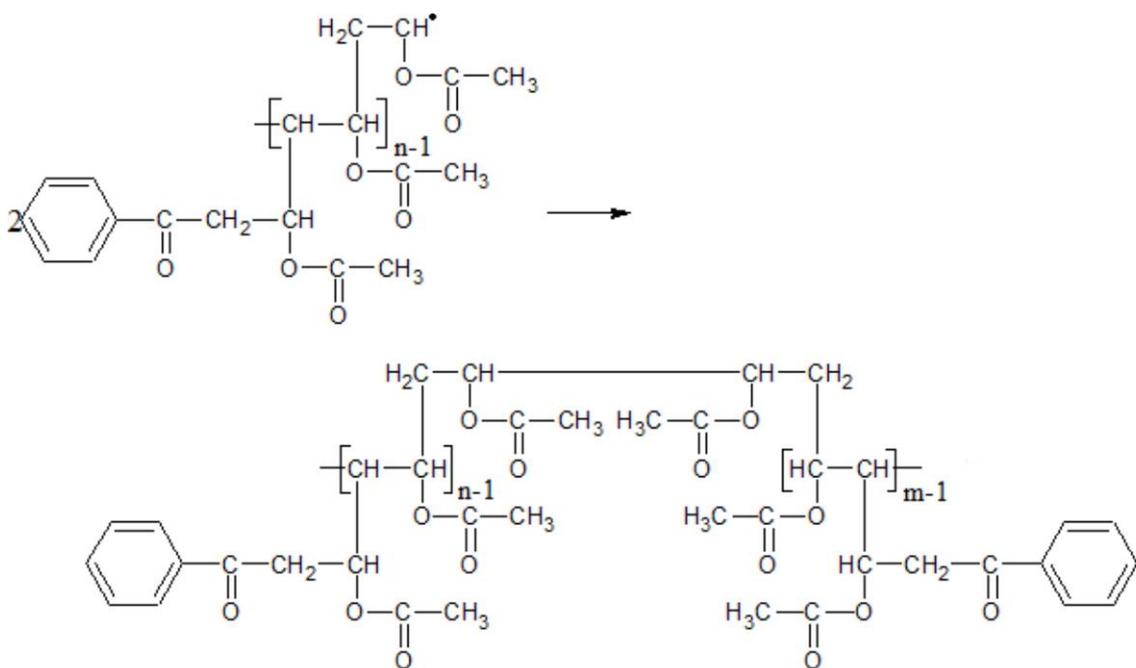


Мы сделаем допущение, что весь образующийся в ходе реакции полимер — линейного строения, т.к. при полимеризации в растворе образуются относительно короткие полимерные цепи, и некоторым различием свойств линейного и разветвленного ПВА можно пренебречь [12].

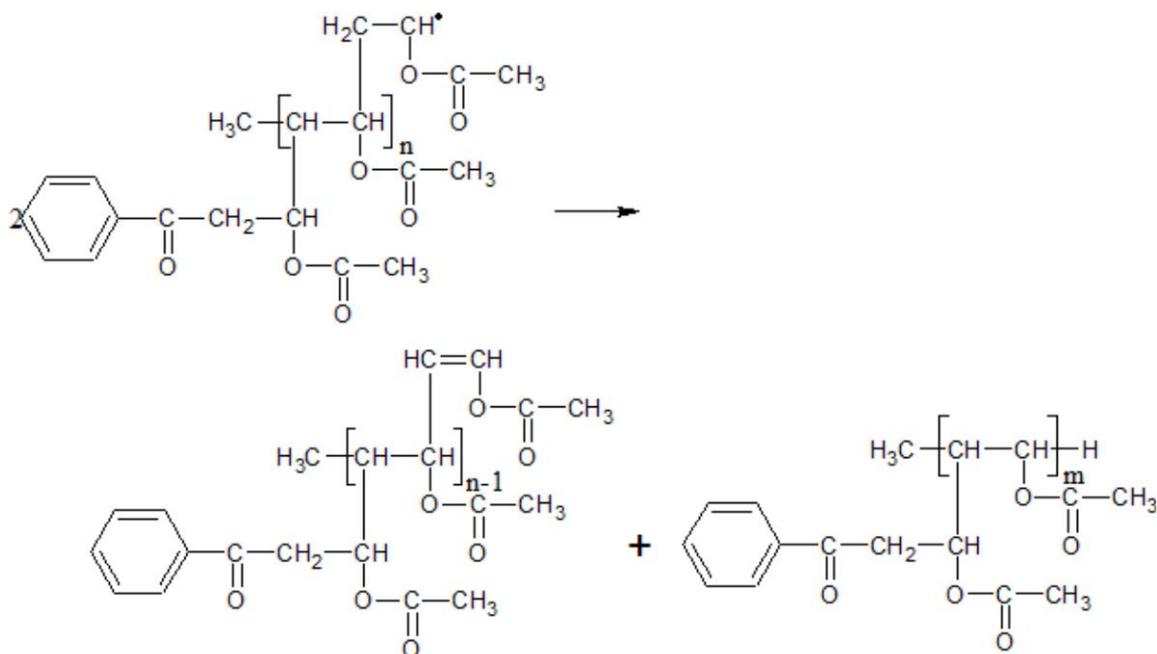
### 3. Обрыв цепи

Обрыв цепи может происходить двумя способами: рекомбинацией и диспропорционированием.

Рекомбинация:



Диспропорционирование:



Вследствие объемного заместителя, вторая реакция более характерна для полимеризации винилацетата и мы можем сделать допущение того, что обрыв цепи всегда происходит диспропорционированием.

## 1.2. Свойства реагентов

Непосредственно в процессе полимеризации винилацетата в растворе участвуют 4 реагента: винилацетат, перекись бензоила, этанол, пропионовый альдегид.

### Винилацетат

Виниловый эфир уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COO}-\text{CH}=\text{CH}_2$ .

Представляет из себя бесцветную жидкость с температурой кипения  $72,7^\circ\text{C}$  и молярной массой  $86,09$  г/моль. ВА хорошо растворим в обычных органических растворителях. С водой, спиртами и углеводородами образует азеотропные смеси.

По химическим свойствам винилацетат – типичный виниловый эфир:

- в растворах кислот или щелочей гидролизуется с образованием уксусной кислоты и ацетальдегида;

- взаимодействует с карбоновыми кислотами в присутствии солей Hg, образуя новые виниловые эфиры;

- полимеризуется под действием света, радикальных инициаторов с образованием поливинилацетата, сополимеризуется с виниловыми мономерами.

- присоединяет по двойной связи галогены, HCl, HBr, H<sub>2</sub>, уксусную кислоту;

- подвергается карбонилированию, вступает в диеновый синтез и др.

В промышленности винилацетат получают главным образом окислительным присоединением уксусной кислоты к этилену в присутствии солей Pd:



Винилацетат вызывает сильное раздражение и омертвление кожи, его пары – ожог роговой оболочки глаз. ПДК = 10 мг/м<sup>3</sup>.

#### Перекись бензоила

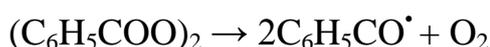
Бензоилпероксид (так же дибензоилпероксид) это органическое соединение, которое относится к диацилпероксидам и представляет собой бесцветные кристаллы с молярной массой 242,23 г/моль. Молекула бензоилпероксида имеет следующее строение: (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COO)<sub>2</sub>.

Химические свойства:

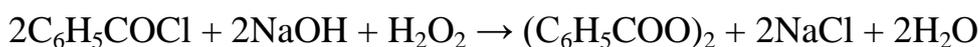
- растворяется в простых и сложных эфирах, в керосине и петролейном эфире; умеренно растворяется в ацетоне, метилэтилкетоне, бензоле, стироле, метилметакрилате; не растворяется в диэтиленгликоле и кремнийорганических жидкостях.

- выступает окислителем: окисляет замещённые фосфины R<sub>3</sub>P до R<sub>3</sub>PO, сульфиды до сульфоксидов; при взаимодействии с азотной кислотой вступает в реакции замещения в бензольное ядро в мета-положение.

- способен распадаться на активные радикалы, в следствие чего используется в реакциях радикальной полимеризации:



Синтез бензоилпероксида заключается в реакции бензоилхлорида с пероксидом водорода в щелочном растворе:



Чистая перекись бензоила крайне горючее вещество. Оно загорается при действии минеральных кислот и может воспламенять органические вещества при контакте. При нагревании, ударе и трении происходит детонация.

Однако смесь бензоилпероксида с водой с содержанием последней выше 20% устойчива.

### Этанол

В случае производства поливинилацетата в растворе периодическим методом, в качестве растворителя нами был выбран спирт этиловый технический  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  М46 (далее по тексту этанол).

Этанол это бесцветная летучая жидкость с характерным запахом и жгучим вкусом. Температура кипения  $78,5^\circ\text{C}$ ; молярная масса 46,07 г/моль.

Типичный представитель одноатомных спиртов:

- легко окисляется до диоксида углерода и воды, так же возможно контролируемое окисление до ацетальдегида, уксусной кислоты, щавелевой кислоты и некоторых других продуктов;

- обладает слабо выраженными кислотными свойствами, в частности, подобно кислотам взаимодействует со щелочными металлами, а также магнием, алюминием и их гидридами, выделяя при этом водород и образуя солеподобные этилаты, являющиеся типичными представителями алкоголятов.

- обратимо реагирует с карбоновыми и некоторыми неорганическими кислородсодержащими кислотами с образованием сложных эфиров;

- с галогеноводородами ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$ ) вступает в обратимые реакции нуклеофильного замещения;

- сам этанол также обладает нуклеофильными свойствами;

- реагирует с альдегидами с образованием полуацеталей и ацеталей;

- нагревании с концентрированной серной кислотой или другими водоотнимающими средствами кислотного характера образует диэтиловый эфир; при более сильном нагревании образуется этилен.

Существует 2 основных способа получения этанола — микробиологический (брожение) и синтетический (гидратация этилена).

1. В промышленных масштабах спиртовым брожением получают этанол из сырья, содержащего целлюлозу, которую предварительно гидролизуют.

2. Гидратацию этилена ведут по двум схемам:

- прямая гидратация при температуре  $300^{\circ}\text{C}$ , давлении 7 МПа и в присутствии катализатора:  $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ;

- гидратация с образованием промежуточного продукта – эфира серной кислоты, и его гидролиз (при температуре  $80\text{-}90^{\circ}\text{C}$  и давлении 3,5 МПа):



Этанол горюч и легко воспламеняется. При достаточном доступе воздуха горит (за счёт его кислорода) светлым голубоватым пламенем.

Этиловый спирт по степени воздействия на организм человека относится к 4-му классу опасности. Предельно допустимая концентрация (ПДК) паров этилового спирта в воздухе рабочей зоны производственных помещений –  $1000 \text{ мг/м}^3$ .

### Пропионовый альдегид

Пропаналь  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ .

Представляет из себя бесцветную жидкость с характерным запахом. Молярная масса =  $58,10 \text{ г/моль}$ ; температура кипения =  $48,8^{\circ}\text{C}$ . Смешивается со многими органическими растворителями.

ПА – типичный представитель насыщенных альдегидов:

- при окислении пропионового альдегида в присутствии катализаторов образуется пропионовая кислота;

- при гидрогенизации получается пропанол;

- при взаимодействии пропионового альдегида с избытком  $\text{NH}_3$  в газовой фазе образуется акрилонитрил;

- при фотохимическом циклоприсоединении к олефинам получают производные оксетана;

- при реакции с этанолом получается этилпропионат.

В промышленности пропионовый альдегид получают оксосинтезом из этилена,  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2$  в присутствии  $\text{Co}(\text{CO})_4$  при  $190\text{-}210^\circ\text{C}$  и давлении 25 Мпа:



Пропионовый альдегид оказывает наркотическое и раздражающее действие, поражает дыхательную систему. Хорошо всасывается через неповрежденную кожу, раздражает ее а при длительном контакте вызывает некроз. При попадании в глаза – сильное раздражение, ожоги роговицы. ПДК  $5 \text{ мг/м}^3$ ; класс опасности 3. Чрезвычайно горюч.

### 1.3. Свойства готового продукта

Поливинилацетат – карбоцепной полимер, содержащий в каждом звене макромолекулы ацетатную группировку:  $[-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OCOCH}_3)-]_n$ .

Это аморфное бесцветное вещество, не имеющее вкуса и запаха. Молекулярная масса варьируется от 10 до  $1600 \cdot 10^3$  а.е.м.

Поливинилацетат обладает хладотекучестью, устойчив к старению в атмосферных условиях, высокой адгезией к различным поверхностям, хорошими оптическими свойствами, износостоек.

Химические свойства:

- хорошо растворим в кетонах, сложных эфирах, хлорированных и ароматических углеводородах, метаноле, хуже – в этаноле; не растворим в воде, алифатичных углеводородах, бензине, минеральных маслах, гликолях;

- омыляется водными растворами кислот или щелочей и подвергается алкоголизу под действием каталитических количеств кислот и алкоголятов щелочных металлов в безводных средах с образованием ПВС;

- окисляется концентрированной азотной кислотой до щавелевой кислоты;

- при нагревании до 180-200<sup>0</sup>С происходит деструкция, сопровождающаяся выделением уксусной кислоты и образованием одиночных и сопряженных двойных связей в основной цепи полимера.

В промышленности поливинилацетат получают радикальной полимеризацией винилацетата в растворе, эмульсии или суспензии. Далее будет рассмотрена подробная схема получения ПВА в растворе.

## 2. Технологическая схема производства ПВА в растворе

Процесс полимеризации ВА в растворе периодическим методом осуществляем в полимеризаторе из хромоникелевой или хромистой стали вместимостью 20 м<sup>3</sup>, снабженном рамной мешалкой с частотой вращения 2-35 об/мин, рубашкой и конденсатором-холодильником.

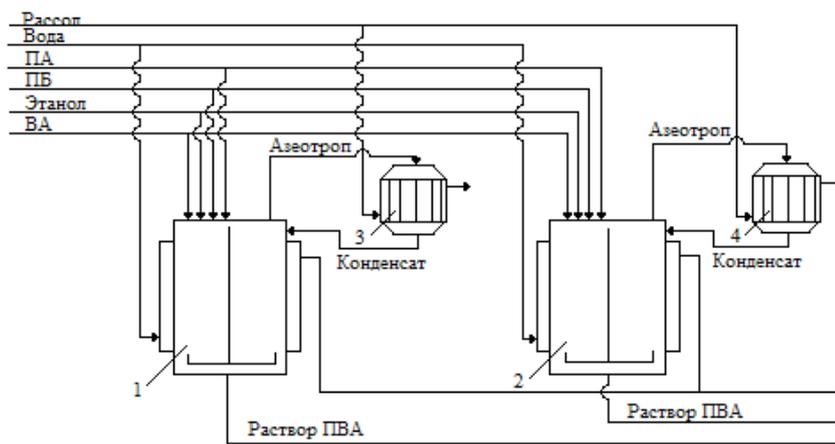


Рисунок 1. Технологическая схема установки полимеризации винилацетата в растворе. 1,2 — полимеризатор оборудованный мешалкой; 3,4 — обратный холодильник.

В соответствии с заданной рецептурой из мерников в полимеризатор подают ВА, этанол, раствор инициатора (ПБ) в этаноле с концентрацией 5% масс и стабилизатор (ПА). Полимеризатор обогревается горячей водой, подаваемой в рубашку аппарата. Реакционная смесь закипает при 68<sup>0</sup>С (в зависимости от содержания в ней растворителя) и избыток теплоты экзотермической реакции отводится за счет испарения азеотропной смеси ВА-этанол, а при подъеме температуры выше 70<sup>0</sup>С в рубашку аппарата подают холодную воду. Пары, не сконденсировавшиеся в конденсаторе, охлаждаемой водой, поступают в холодильник, охлаждаемый рассолом с температурой от -10 до -13<sup>0</sup>С.

По мере нарастания вязкости реакционной массы постепенно уменьшают частоты вращения мешалки. После завершения реакции раствор низкомолекулярного полимера разбавляют этанолом до концентрации 35-40% масс. Конверсия ВА достигает 98%.

### 3. Материальный баланс

Дни работы:  $D=365-(P+B)=365-(27+13)=325$  (сут)

Производительность в сутки без учета потерь:

$$P_c = \frac{N}{D} = \frac{10000}{325} = 30,76923 \text{ т/сут} = 30769,23 \text{ кг/сут}$$

Потери на стадиях:

1. Фильтрация ВА и этанола  $\alpha_1 - 0,2\%$
2. Полимеризация  $\alpha_2 - 0,3\%$
3. Фильтрация раствора ПВА  $\alpha_3 - 0,2\%$

Производство в сутки с учетом потерь:

$$P_c^п = \frac{P_c}{\left(1-\frac{\alpha_1}{100}\right) \cdot \left(1-\frac{\alpha_2}{100}\right) \cdot \left(1-\frac{\alpha_3}{100}\right)} = \frac{30769,23}{0,99302} = 30985,64 \text{ кг/сут}$$

Степень превращения винилацетата равна 0,98.

Рецептура загрузки сырья на полимеризацию:

1. Винилацетат – 100 вес.ч.
2. Этиловый спирт – 100 вес.ч.
3. Перекись бензоила – 0,1 вес.ч.
4. Пропионовый альдегид – 0,01 вес.ч.

Суточный расход винилацетата с учетом всех потерь:

$$G_{ВА}^1 = P_c^п * \left(1 - \frac{\alpha_1}{100}\right) = 30985,64 * 0,998 = 30923,66 \text{ кг/сут.}$$

Суточный расход этанола с учетом всех потерь:

$$G_{Эол}^1 = P_c^п * \left(1 - \frac{\alpha_1}{100}\right) = 30985,64 * 0,998 = 30923,66 \text{ кг/сут.}$$

приход	кг/сут	%	расход	кг/сут	%
1. ВА	30985,64	100	1. ВА	30923,66	99,8
2. Этанол	30985,64	100	2. Этанол	30923,66	99,8
			3. Потери в т. ч.:		0,2
			-ВА	61,97	
			-этанол	61,97	
Всего	61971,27	100	Всего	61971,27	100

Таблица 1. Стадия фильтрации ВА и этанола.

Суточный расход инициатора с учетом всех потерь:

$$G_{ПБ}^1 = P_c^п * 0.001 = 30985,64 * 0,001 = 30,98 \text{ кг/сут.}$$

Из взятого количества инициатора на образование концевых групп расходуется:

$$G_{\text{ПБ}}^{\text{конц}} = \frac{P_c^{\text{п}}}{\left(\frac{x \cdot M_{\text{ПБ}}}{0,001 \cdot f_{\text{и}} \cdot M_{\text{R}}} + 1\right)} = \frac{30985,64}{\left(\frac{0,98 \cdot 1}{0,001 \cdot 0,9 \cdot 1} + 1\right)} = 28,43 \text{ кг/сут.}$$

Суточный расход регулятора с учетом всех потерь:

$$G_{\text{ПА}}^1 = P_c^{\text{п}} \cdot 0,0001 = 30985,64 \cdot 0,0001 = 3,1 \text{ кг/сут.}$$

На обрыв полимерных цепей регулятора расходуется:

$$G_{\text{ПА}}^{\text{об}} = G_{\text{ПА}}^1 \cdot \left(1 - \frac{\alpha_2}{100}\right) = 3,1 \cdot 0,997 = 3,09 \text{ кг/сут.}$$

Количество образующегося ПВА на стадии полимеризации:

$$G_{\text{ПВА}}^1 = G_{\text{ВА}}^1 \cdot x + G_{\text{ПБ}}^{\text{конц}} + G_{\text{ПА}}^{\text{об}} = 30923,66 \cdot 0,98 + 28,43 + 3,09 = 30336,1 \text{ кг/сут.}$$

Останется не прореагировавшего мономера:

$$G_{\text{ВА}}^2 = G_{\text{ВА}}^1 \cdot \left(1 - \frac{\alpha_2}{100} - x\right) = 30923,66 \cdot 0,097 = 525,7 \text{ кг/сут.}$$

Потери ПВА на стадии полимеризации составят:

$$G_{\text{ПВА}}^{\text{пот}} = G_{\text{ПВА}}^1 \cdot \frac{\alpha_2}{100} = 30336,1 \cdot 0,003 = 90,74 \text{ кг/сут.}$$

Потери ВА на стадии полимеризации составят:

$$G_{\text{ВА}}^{\text{пот}} = G_{\text{ВА}}^1 \cdot \frac{\alpha_2}{100} = 30923,66 \cdot 0,003 = 92,77 \text{ кг/сут.}$$

Потери этанола на стадии полимеризации составят:

$$G_{\text{Эол}}^{\text{пот}} = G_{\text{Эол}}^1 \cdot \frac{\alpha_2}{100} = 30923,66 \cdot 0,003 = 92,77 \text{ кг/сут.}$$

Потери инициатора на стадии полимеризации:

$$G_{\text{ПБ}}^{\text{пот}} = G_{\text{ПБ}}^1 \cdot \frac{\alpha_2}{100} = 30,98 \cdot 0,003 = 0,093 \text{ кг/сут.}$$

Потери регулятора на стадии полимеризации:

$$G_{\text{ПА}}^{\text{пот}} = G_{\text{ПА}}^1 \cdot \frac{\alpha_2}{100} = 3,1 \cdot 0,003 = 0,0093 \text{ кг/сут.}$$

Останется после полимеризации в составе раствора:

-ПВА:

$$G_{\text{ПВА}}^2 = G_{\text{ПВА}}^1 \cdot \left(1 - \frac{\alpha_2}{100}\right) = 30245,7 \cdot 0,997 = 30245,7 \text{ кг/сут.}$$

-Этанол:

$$G_{\text{Эол}}^2 = G_{\text{Эол}}^1 * \left(1 - \frac{\alpha_2}{100}\right) = 30923,66 * 0,997 = 30830,89 \text{ кг/сут.}$$

-ПБ:

$$G_{\text{ПБ}}^2 = G_{\text{ПБ}}^1 * \left(1 - \frac{\alpha_2}{100}\right) - G_{\text{ПБ}}^{\text{конц}} = 30,98 * 0,997 - 28,43 = 2,46 \text{ кг/сут.}$$

приход	кг/сут	%	расход	кг/сут	%
1. ВА	30923,66	100	1. Раствор ПВА в т.ч.:	61604,76	99,55
2. Этанол	30923,66	100	-ПВА	30245,7	
3. ПБ	30,98	100	-ВА	525,70	
4. ПА	3,09	100	-этанол	30830,89	
			-ПБ	2,46	
			2. Потери в т.ч.:	276,38	0,45
			-ПВА	90,74	
			-ВА	92,77	
			-этанол	92,77	
			-ПБ	0,093	
			-ПА	0,009	
Всего	61881,44	100	Всего	61881,44	100

Таблица 2. Стадия полимеризации.

После завершения реакции раствор низкомолекулярного полимера разбавляют этанолом до концентрации 40%масс.

Суточный расход этанола на разбавление раствора ПВА:

$$G_{\text{Эол}}^{\text{доб1}} = \frac{G_{\text{Эол}}^2}{2,20073} = 14009,39 \text{ кг/сут.}$$

Потери ПВА на стадии фильтрации раствора:

$$G_{\text{ПВА}}^{\text{пот}} = G_{\text{ПВА}}^2 * \frac{\alpha_3}{100} = 30245,7 * 0,002 = 60,49 \text{ кг/сут.}$$

Потери ВА на стадии фильтрации раствора:

$$G_{\text{ВА}}^{\text{пот}} = G_{\text{ВА}}^2 * \frac{\alpha_3}{100} = 525,7 * 0,002 = 1,05 \text{ кг/сут.}$$

Потери этанола на стадии фильтрации раствора:

$$G_{\text{Эол}}^{\text{пот}} = G_{\text{Эол}}^2 * \frac{\alpha_3}{100} = 30830,89 * 0,002 = 61,66 \text{ кг/сут.}$$

Потери добавочного этанола на стадии фильтрации раствора:

$$G_{\text{Эол}}^{\text{пот}} = G_{\text{Эол}}^{\text{доб}} * \frac{\alpha_3}{100} = 14009,39 * 0,002 = 28,02 \text{ кг/сут.}$$

Потери ПБ на стадии фильтрации раствора:

$$G_{\text{ПБ}}^{\text{пот}} = G_{\text{ПБ}}^2 * \frac{\alpha_3}{100} = 2,46 * 0,002 = 0,005 \text{ кг/сут.}$$

Останется после фильтрации в составе раствора:

-ПВА:

$$G_{\text{ПВА}}^3 = G_{\text{ПВА}}^2 * \left(1 - \frac{\alpha_3}{100}\right) = 30245,7 * 0,998 = 30185,21 \text{ кг/сут.}$$

-ВА:

$$G_{\text{ВА}}^3 = G_{\text{ВА}}^2 * \left(1 - \frac{\alpha_3}{100}\right) = 525,7 * 0,998 = 524,65 \text{ кг/сут.}$$

-этанол:

$$G_{\text{Эол}}^3 = G_{\text{Эол}}^2 * \left(1 - \frac{\alpha_3}{100}\right) = 30830,89 * 0,998 = 30769,23 \text{ кг/сут.}$$

-добавочный этанол:

$$G_{\text{Эол}}^{\text{доб2}} = G_{\text{Эол}}^{\text{доб1}} * \left(1 - \frac{\alpha_3}{100}\right) = 14009,39 * 0,998 = 13981,38 \text{ кг/сут.}$$

-ПБ:

$$G_{\text{ПБ}}^3 = G_{\text{ПБ}}^2 * \left(1 - \frac{\alpha_3}{100}\right) = 2,46 * 0,998 = 2,458 \text{ кг/сут.}$$

приход	кг/сут	%	расход	кг/сут	%
1. Раствор ПВА в т.ч.:	61604,76	81,47	1. Раствор ПВА в т.ч.:	75462,92	99,8
-ПВА	30245,7		-ПВА	30185,21	
-ВА	525,7		-ВА	524,65	
-этанол	30830,89		-этанол	30769,23	
-ПБ	2,46		-ПБ	2,458	
2. Добавочный этанол	14009,39	18,53	-добавочный этанол	13981,38	
			2. Потери в т.ч.:	151,23	0,2
			-ПВА	60,49	
			-ВА	1,05	
			-этанол	61,66	
			-ПБ	0,0049	
			-разбавочный этанол	28,02	
Всего	75614,15	100	Всего	75614,15	100

Таблица 3. Стадия фильтрации раствора ПВА.

Предельная допустимая концентрация ВА регламентируется ТУ 6-10-1081-70 и составляет 1,2%масс.

$$C_{\text{ВА}} = \frac{524,65 * 100}{75614,15} = 0,7\% < 1,2\%$$

Следовательно, в отгонке мономерной фазы нет необходимости.

#### 4. Тепловой баланс

Расчет плотности раствора:

$$\rho_{p-ра} = \frac{1}{\frac{x_{ПВА}}{\rho_{ПВА}} + \frac{x_{ВА}}{\rho_{ВА}} + \frac{x_{Эол}}{\rho_{Эол}}} = \frac{1}{\frac{0,4}{1200} + \frac{0,593}{793} + \frac{0,007}{934}} = 918,62 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Расчет необходимого объема реактора:

$$V_p = \frac{G}{\rho_{p-ра}} = \frac{75614,15}{918,62} = 82,32 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Технологический процесс полимеризации проходит за 36 часов (2 дня), следовательно:

$$V_p = \frac{82,32 \cdot 48}{24} = 164,63 \text{ м}^3/\text{цикл}.$$

По ГОСТу 20680-69 объем аппарата принимаем равным  $20 \text{ м}^3$  и ставим девять таких аппаратов. По ГОСТу 9931-85 выбираем аппарат, основные параметры которого  $D_B=2,6 \text{ м}$ ,  $L=4,08 \text{ м}$ ,  $F_B=37,3 \text{ м}^2$ .

При неизвестной массе аппарата мы можем воспользоваться прикидочной формулой:

$$M_{\text{апп}} = 2300 \cdot P \cdot D = 2300 \cdot 1 \cdot 2,6 = 5980 \text{ кг}.$$

Ниже расчет будет представлен для одного аппарата.

Полимеризация винилацетата в растворе состоит из трех стадий:

- а) стадия нагрева;
- б) стадия реакции;
- в) стадия охлаждения.

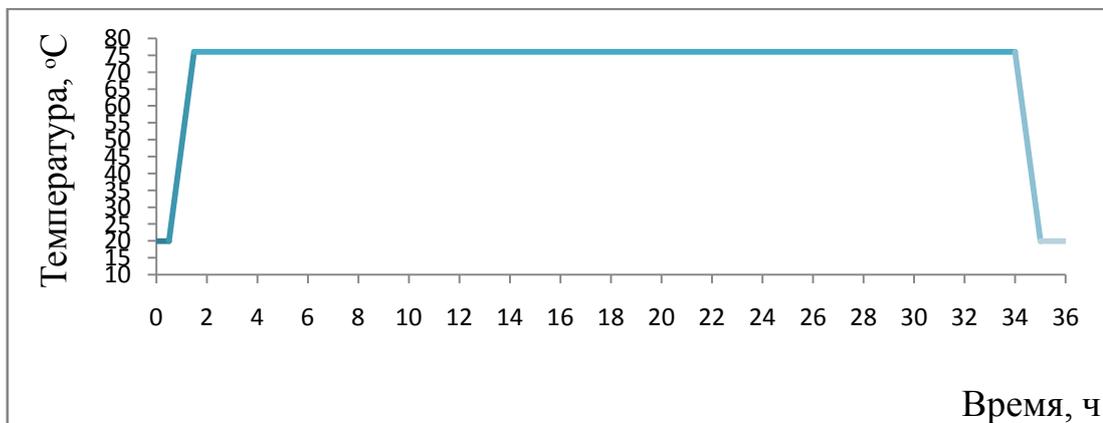


Рисунок 2. Циклограмма работы реактора.

Стадии технологического процесса:

- загрузка реактора – 0,5 часа;
- нагрев реакционной смеси – 1 час;
- продолжительность химической реакции – 32,5 часа;
- охлаждение раствора – 1 час;
- разбавление и выгрузка из реактора – 1 час.

Тепловой баланс стадии нагревания:

$$Q_{\text{пр}}^{\text{M+Э}} + Q_{\text{пр}}^{\text{P-P}} + Q_{\text{пр}}^{\text{меш}} + Q_{\text{пр}}^{\text{тепл}} = Q_{\text{р}}^{\text{M+Э}} + Q_{\text{р}}^{\text{P-P}} + Q^{\text{пот}}$$

$$Q_{\text{пр}}^{\text{тепл}} = Q_{\text{р}}^{\text{M+Э}} + Q_{\text{р}}^{\text{P-P}} + Q^{\text{пот}} - Q_{\text{пр}}^{\text{M+Э}} - Q_{\text{пр}}^{\text{P-P}} - Q_{\text{пр}}^{\text{меш}}$$

$$Q_{\text{пр}}^{\text{M+Э}} = G_1 * c_{\text{BA}} * t_1 + G_2 * c_{\text{Эол}} * t_1 = 3435,96 * 1,93 * 20 + 3435,96 * 2,43 * 20 = 299615,94 \text{ кДж.}$$

$$Q_{\text{р}}^{\text{M+Э}} = G_1 * c_{\text{BA}} * t_2 + G_2 * c_{\text{Эол}} * t_2 = 3435,96 * 2,36 * 76 + 3435,96 * 3,04 * 76 = 1408552,26 \text{ кДж.}$$

$$Q_{\text{пр}}^{\text{P-P}} = G_{\text{ап}} * c_{\text{ап}} * t_1 = 5980 * 0,5 * 20 = 59800,00 \text{ кДж.}$$

$$Q_{\text{р}}^{\text{P-P}} = G_{\text{ап}} * c_{\text{ап}} * t_2 = 5980 * 0,5 * 76 = 227240,00 \text{ кДж.}$$

$$Q_{\text{пр}}^{\text{меш}} = 0,01 * (Q_{\text{пр}}^{\text{M+B}} + Q_{\text{пр}}^{\text{P-P}}) = 0,01 * (299615,94 + 59800,00) = 3594,16 \text{ кДж.}$$

$$Q^{\text{пот}} = 0,05 * (Q_{\text{р}}^{\text{P-P}} + Q_{\text{р}}^{\text{M+B}}) = 0,05 * (227240,00 + 1408552,26) = 81789,61 \text{ кДж.}$$

$$Q_{\text{пр}}^{\text{тепл}} = 1408552,26 + 227240,00 + 81789,61 - 299615,94 - 59800,00 - 3594,16 = 1354571,77 \text{ кДж.}$$

Масса теплоносителя – воды:

$$m_{\text{тепл}} = \frac{Q_{\text{пр}}^{\text{тепл}}}{c_{\text{в}} * t_{90}} = \frac{1354571,77}{4,208 * 90} = 3576,71 \text{ кг.}$$

Теплонапряженность стадии нагрева:

$$q_1 = \frac{Q_{\text{пр}}^{\text{тепл}}}{\tau} = \frac{1354571,77}{3600 * 1} = 376,27 \text{ кВт.}$$

Приход	кДж	Расход	кДж
1. Теплота, поступающая в аппарат с загруженными веществами	299615,94	1. Теплота, уносимая продуктами реакции	1408552,26
2. Реактор	59800,00	2. Реактор	227240,00
3. Мешалка	3594,16	3. Теплота, теряемая в окружающую среду	81789,61
4. Теплота, поступающая в аппарат с теплоносителем	1354571,77		
Итого	1717581,87	Итого	1717581,87

Таблица 4. Тепловой баланс стадии нагревания.

Тепловой баланс реакции

$$Q_{\text{пр}}^{\text{м+э}} + Q_{\text{пр}}^{\text{р-р}} + Q_{\text{пр}}^{\text{меш}} + Q_{20}^{\text{тепл}} + Q_{\text{хр}} = Q_{\text{р}}^{\text{п+э}} + Q_{\text{р}}^{\text{р-р}} + Q^{\text{пот}} + Q_{50}^{\text{тепл}}$$

$$\Delta Q_{50-20}^{\text{тепл}} = Q_{\text{пр}}^{\text{м+э}} + Q_{\text{пр}}^{\text{р-р}} + Q_{\text{пр}}^{\text{меш}} + Q_{\text{хр}} - Q^{\text{пот}} - Q_{\text{р}}^{\text{р-р}} - Q_{\text{р}}^{\text{п+э}}$$

$$Q_{\text{хр}} = Q_{\text{пм}} * m_{\text{п}} = 89,5 * 6875,71 = 615376,26 \text{ кДж.}$$

$$Q_{\text{пр}}^{\text{м+э}} = G_1 * c_{\text{ВА}} * t_2 + G_2 * c_{\text{Эол}} * t_2 = 3435,96 * 2,36 * 76 + 3435,96 * 3,04 * 76 = 1408552,26 \text{ кДж.}$$

$$Q_{\text{р}}^{\text{п+э}} = G_4 * c_{\text{ПВА}} * t_2 + G_3 * c_{\text{Эол}} * t_2 = 3360,63 * 2,02 * 76 + 3425,65 * 3,04 * 76 = 1306346,29 \text{ кДж.}$$

$$Q_{\text{пр}}^{\text{р-р}} = G_{\text{ап}} * c_{\text{ап}} * t_2 = 5980 * 0,5 * 76 = 227240,00 \text{ кДж.}$$

$$Q_{\text{р}}^{\text{р-р}} = G_{\text{ап}} * c_{\text{ап}} * t_2 = 5980 * 0,5 * 76 = 227240,00 \text{ кДж.}$$

$$Q_{\text{пр}}^{\text{меш}} = 0,01 * (Q_{\text{пр}}^{\text{м+в}} + Q_{\text{пр}}^{\text{р-р}}) = 0,01 * (1408552,26 + 227240,00) = 16357,92 \text{ кДж.}$$

$$Q^{\text{пот}} = 0,05 * (Q_{\text{р}}^{\text{п+в}} + Q_{\text{р}}^{\text{р-р}}) = 0,05 * (1306346,29 + 227240,00) = 76679,31 \text{ кДж.}$$

$$\Delta Q_{50-20}^{\text{тепл}} = 1408552,26 + 227240,00 + 16357,92 + 615376,26 - 1306346,29 - 227240,00 - 76679,31 = 657260,83 \text{ кДж.}$$

Масса теплоносителя – воды:

$$m_{\text{тепл}} = \frac{\Delta Q_{50-20}^{\text{тепл}}}{c_{\text{в } 50} * t_{50} - c_{\text{в } 20} * t_{20}} = \frac{657260,83}{4,181 * 50 - 4,182 * 20} = 5240,90 \text{ кг.}$$

$$Q_{\text{пр}}^{\text{тепл}} = 5240,90 * 4,182 * 20 = 438348,59 \text{ кДж.}$$

$$Q_p^{\text{тепл}} = 5240,90 * 4,181 * 50 = 1095609,42 \text{ кДж.}$$

Теплонапряженность стадии полимеризации:

$$q_2 = \frac{\Delta Q_{50-20}^{\text{тепл}}}{\tau} = \frac{657260,83}{3600 * 32,5} = 5,62 \text{ кВт.}$$

Приход	кДж	Расход	кДж
1. Теплота, поступающая в аппарат с загруженными веществами	1408552,26	1. Теплота, уносимая продуктами реакции	1306346,29
2. Теплота химической реакции	615376,26		
3. Реактор	22724,00	2. Реактор	227240,00
4. Мешалка	16357,92	3. Теплота, поступающая в аппарат с теплоносителем	1095609,42
5. Теплота, поступающая в аппарат с теплоносителем	438348,59	4. Теплота, теряемая в окружающую среду	76679,31
Итого	2705875,02	Итого	2705875,02

Таблица 5. Тепловой баланс стадии полимеризации.

Тепловой баланс стадии охлаждения:

$$Q_{\text{пр}}^{\text{п+в}} + Q_{\text{пр}}^{\text{р-р}} + Q_{\text{пр}}^{\text{меш}} = Q_{\text{р}}^{\text{п+в}} + Q_{\text{р}}^{\text{р-р}} + Q^{\text{пот}} + Q_{\text{р}}^{\text{тепл}}$$

$$Q_{\text{р}}^{\text{тепл}} = Q_{\text{пр}}^{\text{п+в}} + Q_{\text{пр}}^{\text{меш}} + Q_{\text{пр}}^{\text{р-р}} - Q_{\text{р}}^{\text{п+в}} - Q_{\text{р}}^{\text{р-р}} - Q^{\text{пот}}$$

$$Q_{\text{пр}}^{\text{п+в}} = G_4 * c_{\text{ПВА}} * t_2 + G_3 * c_{\text{Эол}} * t_2 = 3360,63 * 2,02 * 76 + 3425,65 * 3,04 * 76 = 1306346,29 \text{ кДж.}$$

$$Q_{\text{р}}^{\text{п+в}} = G_4 * c_{\text{ПВА}} * t_1 + G_3 * c_{\text{Эол}} * t_1 = 3360,63 * 1,38 * 20 + 3425,65 * 2,43 * 20 = 259103,27 \text{ кДж.}$$

$$Q_{\text{пр}}^{\text{р-р}} = G_{\text{ап}} * c_{\text{ап}} * t_2 = 5980 * 0,5 * 76 = 227240,00 \text{ кДж.}$$

$$Q_{\text{р}}^{\text{р-р}} = G_{\text{ап}} * c_{\text{ап}} * t_1 = 5980 * 0,5 * 20 = 59800,00 \text{ кДж.}$$

$$Q_{\text{пр}}^{\text{меш}} = 0,01 * (Q_{\text{пр}}^{\text{п+в}} + Q_{\text{пр}}^{\text{р-р}}) = 0,01 * (1306346,29 + 227240,00) = 15335,86 \text{ кДж.}$$

$$Q^{\text{пот}} = 0,05 * (Q_{\text{р}}^{\text{р-р}} + Q_{\text{р}}^{\text{п+в}}) = 0,05 * (59800,00 + 259103,27) = 15945,16 \text{ кДж.}$$

$$Q_p^{\text{тепл}} = 1306346,29 + 15335,86 + 227240,00 - 259103,27 - 59800,00 - 15945,16 = 1214073,72 \text{ кДж.}$$

Масса теплоносителя – воды:

$$m_{\text{тепл}} = \frac{Q_p^{\text{тепл}}}{c_B * t_{20}} = \frac{1214073,72}{4,182 * 20} = 14515,47 \text{ кг.}$$

Теплонапряженность стадии нагрева:

$$q_3 = \frac{Q_p^{\text{тепл}}}{\tau} = \frac{1214073,72}{3600 * 1} = 337,24 \text{ кВт.}$$

Приход	кДж	Расход	кДж
1. Продукты	1306346,29	1. Продукты	259103,27
2. Реактор	227240,00	2. Реактор	59800
3. Мешалка	15335,86	3. Теплоноситель	1214073,72
		4. Теплота, теряемая в окружающую среду	15945,16
Итого	1548922,15	Итого	1548922,15

Таблица 6. Тепловой баланс стадии охлаждения.

Так как  $q_1$  больше чем  $q_2$  и  $q_3$ , то дальнейший расчет ведем для температуры  $76^\circ \text{C}$ .

Расчет поверхности теплообмена реактора:

$$F = \frac{q_1}{K * \Delta t_{\text{ср}}}$$

$$t_{\text{ср}} = \frac{76 - 20}{2} = 28^\circ \text{C}$$

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{макс}} - \Delta t_{\text{мин}}}{\ln\left(\frac{\Delta t_{\text{макс}}}{\Delta t_{\text{мин}}}\right)} = \frac{48 - 8}{\ln\left(\frac{48}{8}\right)} = 22,32$$

$$q_1 = \frac{Q_{\text{пр}}^{\text{тепл}}}{\tau} = \frac{1354571,77}{3600 * 1} = 376,27 \text{ кВт.}$$

Коэффициент теплопроводности  $K$  принимаем равным 1200.

Тогда поверхность теплообмена  $F$  будет равна:

$$F = \frac{376270}{1200 * 22,32} = 14,05 \text{ м}^2$$

$F_{\text{апп}} = 37,3 \text{ м}^2$ ,  $F_{\text{апп}} > F_{\text{м/о}}$ , условие выполняется.

## 5. Аппаратурный расчет

Расчет необходимого объема реактора:

$$V_p = \frac{G}{\rho_{p-ра}} = \frac{75614,15}{918,62} = 82,32 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Технологический процесс полимеризации проходит за 36 часов (2 дня), следовательно:

$$V_p = \frac{82,32 \cdot 48}{24} = 164,63 \text{ м}^3/\text{цикл.}$$

По ГОСТу 20680-69 объем аппарата принимаем равным  $20 \text{ м}^3$  и ставим девять таких аппаратов. По ГОСТу 9931-85 выбираем аппарат, основные параметры которого  $D_B=2,6 \text{ м}$ ,  $L=4,08 \text{ м}$ ,  $F_B=37,3 \text{ м}^2$ .

### 5.1. Выбор конструкционного материала

При конструировании химической аппаратуры следует применять стойкие металлические и неметаллические конструкционные материалы в заданных агрессивных средах. Важно учитывать все виды возможного коррозионного разрушения материалов в агрессивной среде при ее заданных рабочих параметрах. При выполнении прочностных расчетов в первую очередь сталкиваются с необходимостью оценки общей поверхностной коррозии выбираемого конструкционного материала, характеризующегося проницаемостью ПМ мм/год. В расчетах аппаратуры на прочность потеря по толщине материала на коррозию учитывается соответствующей прибавкой С, определяемой амортизационным сроком службы аппарата и проницаемостью по формуле:

$C = \text{ПМ} \cdot t_a$ , где  $\text{ПМ} \leq 0,1 \text{ мм/год}$ ,  $t_a$  – амортизационный срок, примем  $t_a = 20 \text{ лет}$ .

$$C = 20 \cdot 0,1 = 2 \text{ мм.}$$

Материал деталей полимеризатора, соприкасающихся с реакционной средой – сталь марки Х18Н10Т ГОСТ 7350-80 (центральная обечайка, днища, люки, фланцы, детали мешалок).

Материал опор полимеризатора – сталь марки Ст.6 ГОСТ 380-80.

Материал рубашки – коррозионно-стойкая сталь Х18Н9Т, так как на рубашку действует коррозия, как с внешней, так и с внутренней стороны.

Материал деталей мешалки – сталь марки Ст.35 ГОСТ 1030-80.

## 5.2. Расчет обечайки, выбор днища

Находим расчётное давление на стенки:

$$P = P_c + g * \rho_{ж} * H_{ж} * 10^{-6} = 1 + 9,8 * 918,62 * 2,9 * 10^{-6} = 1,26 \text{ Мн/м}^2.$$

$$S = \frac{D_b * P}{2 * \delta * \varphi} + C' + C'' = \frac{2,6 * 1,26}{2 * 160 * 1} + 3 + 2 = 15,23 \sim 16 \text{ мм.}$$

Составным элементом корпуса химического аппарата является днище, которое, как правило связано с корпусом аппарата и изготавливается из того же материала. Форма днища определяется сопрягаемой с ней формой обечайки, химико-технологическими требованиями, предъявляемые к тому или иному аппарату, давлением среды в нем, конструктивными соображениями и бывает эллиптической, полушаровой, сферической, конической, плоской (круглой и прямоугольной).

В сварной и паяной аппаратуре днища обычно привариваются или припаиваются к обечайке.

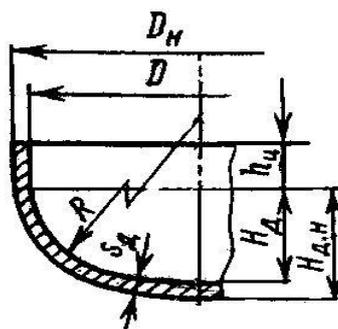


Рисунок 2. Днище для стальных сварных аппаратов эллиптическое отбортованное.

Наиболее рациональной формой днища для цилиндрических аппаратов является эллиптическая. Эллиптические днища изготавливаются из листового проката штамповкой и могут использоваться в аппаратах с избыточным давлением до 10 Мпа.

Принимаем толщину днища равной толщине обечайки  $S = 16$  мм.

По госту 6533-78 подбираем стандартное эллиптическое отбортованное стальное днище.

Внутренний диаметр днища, $D$ , мм	Толщина днища, $S_d$ , мм	$h_b$ , мм	$h_1$ , мм	Объем днища, $V_d$ , м <sup>3</sup>	Масса днища, $m$ , кг
2600	16	650	60	2,71	996,4

Таблица 7. Параметры днища 2600-16 ГОСТ 6533-78.

### 5.3. Выбор фланцев

Из всех разъемных неподвижных прочноплотных соединений, применимых в химическом аппарат строении, наибольшее распространение имеют фланцевые соединения. С помощью фланцев происходит присоединение к аппаратам всевозможных крышек, труб, соединяются между собой составные корпуса отдельные части аппаратов и т.п.

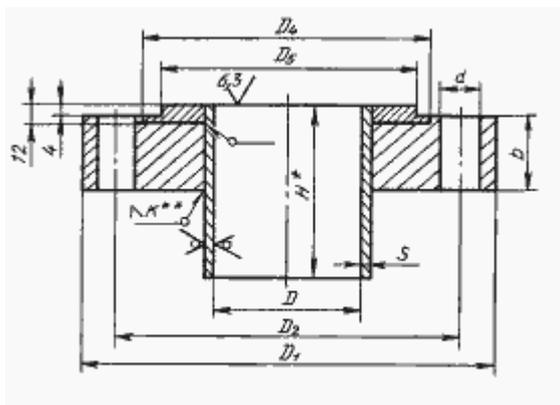


Рисунок 3. Стальной плоский приварной фланец с выступом, наплавленным коррозионно-стойкой сталью.

Для соединения крышки и обечайки выбираем стальной плоский приварной фланец по ГОСТ 28759.2-90.

$D$ , мм	$D_1$ , мм	$D_2$ , мм	$D_3$ , мм	$D_4$ , мм	$b$ , мм	$s$ , мм	$d$ , мм	диаметр	z-кол-во болтов, шт
2600	2800	2745	2695	2710	115	16	30	M27	96

Таблица 8. Основные размеры фланца.

## 5.4. Выбор штуцеров

С помощью штуцеров осуществляется разъемное присоединение труб к химическим аппаратам, так как в большинстве случаев трубы и особенно арматура и измерительные приборы имеют разъемное присоединение к аппаратам, что обуславливается удобством (главным образом) их осмотра, ремонта и замены.

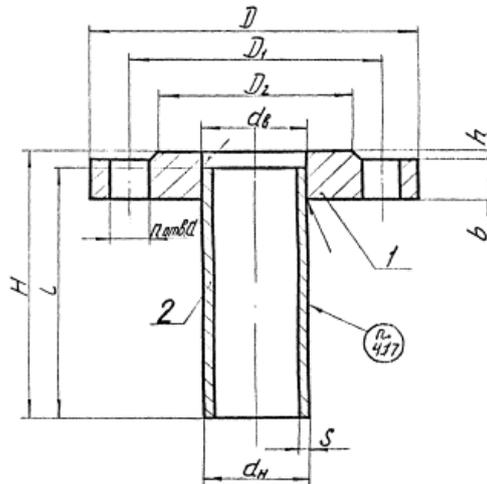


Рисунок 4. Штуцер для стальных аппаратов. 1 – фланец; 2 – патрубок.

Расчёт штуцеров сводится к определению диаметра штуцера по уравнению:

$$d = \sqrt{4G/(\pi r w)},$$

1. Штуцер для ввода исходных веществ 1.

$$G = \frac{M_{\text{исх}}/K_a * K_{\text{ш}}}{t} = \frac{3439/1*1}{0,5*3600} = 1,91 \text{ кг/с.}$$

Примем, что скорость загрузки 0,5 м/с.

$$d = \sqrt{\frac{4*1,91}{3,14*918,62*0,5}} = 0,073 \text{ м} = 73 \text{ мм.}$$

Примем штуцер с условным проходом  $D_y = 80 \text{ мм}$ .

2. Штуцер для ввода исходных веществ 2.

$$G = \frac{M_{\text{исх}}/K_a * K_{\text{ш}}}{t} = \frac{3436/1*1}{0,5*3600} = 1,91 \text{ кг/с.}$$

$$d = \sqrt{\frac{4*1,91}{3,14*918,62*0,5}} = 0,073 \text{ м} = 73 \text{ мм.}$$

Примем штуцер с условным проходом  $D_y = 80 \text{ мм}$ .

3. Штуцер для выгрузки раствора:

$$G = \frac{M_{\text{исх}}/K_a * K_{\text{ш}}}{t} = \frac{8402/1*1}{0,5*3600} = 4,67 \text{ кг/с.}$$

$$d = \sqrt{\frac{4*4,67}{3,14*918,62*0,25}} = 0,161 \text{ м} = 161 \text{ мм}$$

Округляем до табличного 200 мм.

4. Штуцер для ввода греющего агента:

Примем, что скорость загрузки 1,5 м/с.

$$d = \sqrt{\frac{4*3}{3,14*918,62*1,5}} = 0,053 \text{ м} = 53 \text{ мм.}$$

Примем штуцер с условным проходом  $D_y = 80$  мм.

5. Штуцер для вывода греющего агента:

$$d = \sqrt{\frac{4*3}{3,14*918,62*1,5}} = 0,053 \text{ м} = 53 \text{ мм.}$$

Примем штуцер с условным проходом  $D_y = 80$  мм.

6. Штуцер для отхода паров:

$$G = \frac{M_{\text{исх}}/K_a * K_{\text{ш}}}{t} = \frac{6872,27/1*1}{0,5*3600} = 3,82 \text{ кг/с.}$$

$$d = \sqrt{\frac{4*4,67}{3,14*918,62*1,5}} = 0,059 \text{ м} = 67 \text{ мм.}$$

Примем штуцер с условным проходом  $D_y = 100$  мм.

7. Штуцер для прихода конденсата:

$$d = \sqrt{\frac{4*4,67}{3,14*918,62*3}} = 0,059 \text{ м} = 67 \text{ мм.}$$

Примем штуцер с условным проходом  $D_y = 100$  мм.

В соответствии с АТК 24.218.06-90 были приняты следующие диаметры штуцеров.

Наименование	$D_y$ , мм	$D_b$ , мм	$D$ , мм	$H$ , мм	$b$ , мм
1. Штуцер для ввода 1 и 2	80	91	185	215	15
2. Штуцер для вывода	200	222	315	220	19
3. Штуцер для ввода и вывода греющего агента	80	91	185	215	15
4. Штуцер для отхода паров и привода конденсата	100	110	205	215	15

Таблица 9. Размеры штуцеров по ГОСТ 12820.

### 5.5. Выбор рубашки

По [7. табл. 9.2–9.3] выбираем параметры рубашки.

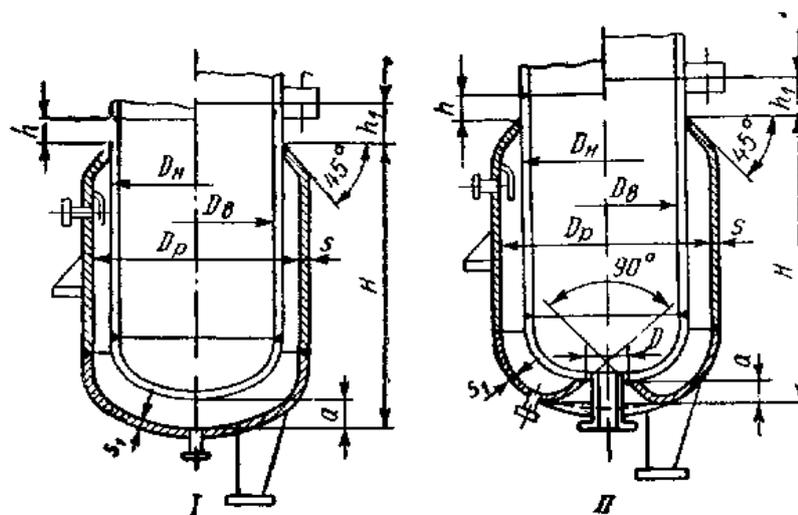


Рисунок 5. Рубашка.

$D_b$ , мм	$D_p$ , мм	$H$ , мм	$h$ , мм	$h_1$ , мм	$a$	$F$	$s$
2600	2800	3100	150	250	40	27	16

Таблица 10. Параметры рубашки.

## 5.6. Расчет перемешивающего устройства

Диаметр мешалки:

$$d_M = \frac{D_B}{(1,4 \div 1,7)} = \frac{2600}{1,15} = 2261 \text{ мм} \sim 2260 \text{ мм}$$

$$b = 0,07 * d_M = 0,07 * 2260 = 158,2 \text{ мм.}$$

$$h_M = 0,06 * d_M = 0,06 * 2260 = 135,6 \text{ мм.}$$

$$h = 0,9 * d_M = 0,9 * 2260 = 2034 \text{ мм.}$$

Для перемешивания выбираем мешалку рамную.

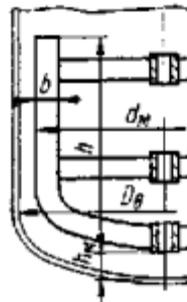


Рисунок 6. Рамная мешалка.

$\omega$ , рад/сек	$n$ , об/мин	$w$ , м/сек	$\mu_c$	$\rho_c$ , кг/м <sup>3</sup>	$N$ , кВт
2,1	19,8	2,31	1	800	0,46

Таблица 11. Параметры рамной мешалки МР-1-2260-20-0,46-360-Ст.35.

Определение размеров мешалки [8. табл. 31.10]:

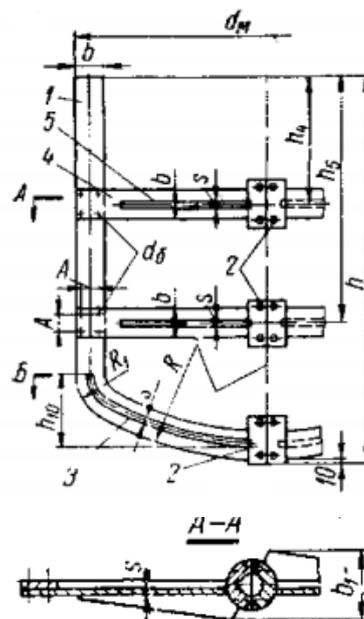


Рисунок 7. Рамная мешалка.

$d_M$	$d$	$h$	$h_3$	$h_4$	$h_5$	$h_6$	$h_7$	$h_8$	$h_9$
мм									
2260	100	2000	2240	505	1285	375	1025	375	1195
$h_{10}$	$h_{11}$	$h_{12}$	$h_{13}$	$h_{14}$	$b_1$	$s$	$R_z$	масса	$M_K$
мм								кг	Н*М
450	372	728	190	1290	236	16	280	347	36900

Таблица 12. Параметры рамной мешалки МР-1-2260-20-0,46-360-Ст.35.

Определение размеров ступицы [8. табл. 31.7]:

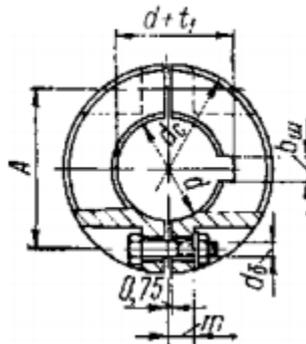


Рисунок 8. Ступица.

$d_M$ , мм	$d$ , мм	$d_c$ , мм	$h_c$ , мм	$m$ , мм	$A$ , мм	$A_1$ , мм	$b_{ш}$ , мм	$d+t_1$ , мм	$d_b$ , мм
2260	80	130	200	25	100	130	22	88,4	M12

Таблица 13. Ступица для рамной мешалки МР-1-2260-20-0,46-360-Ст.35.

### Выбор механического привода

Определение номинальной мощности мешалки:

$$N_M = K_N * p_c * n^3 * d_M^5 = 0,4 * 919 * 0,33^3 * 2,26^5 = 779 \text{ Вт} = 0,8 \text{ кВт.}$$

Определение затрачиваемой мощности на трение:

$$N_T = 0,18 * N_M = 0,18 * 0,8 = 0,144 \text{ кВт.}$$

Определение номинальной мощности электродвигателя.

$$N_{\text{э}} = \frac{N_M + N_T}{\eta_n} = \frac{0,8 + 0,144}{0,96} = 0,98 \text{ кВт.}$$

Округляем до табличного значения и принимаем  $N_{\text{э}} = 1,1 \text{ кВт}$ , выбираем двигатель АИР90LB8.

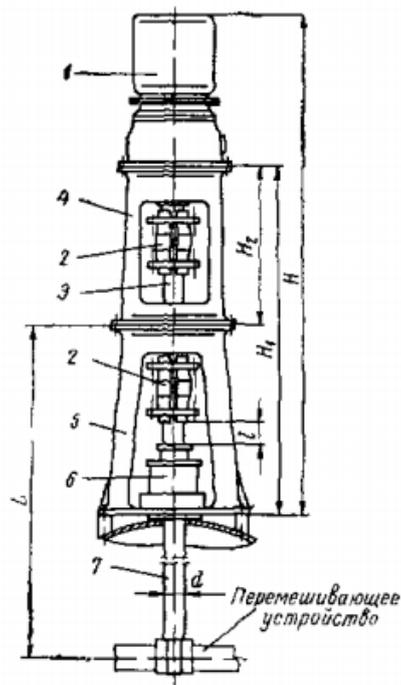


Рисунок 9. Привод вертикальный с одной промежуточной опорой вала.  
 1- мотор-редуктор по МН 5534-64; 2 – муфта по МН 5871-66 (2 шт.); 3 – вал промежуточный; 4 – стойка по МН 5856-66; 5 – стойка по МН 5855-66; 6 – уплотнение по МН 5866-66; 7 – вал перемешивающего устройства.

Типоразмер мотор-редуктора [8. табл. 32.1]: 11.

обозначение привода	типоразмер мотор-редуктора	d, мм	H, мм	H1, мм	H2, мм	масса, кг	P*, н
8	11	80	2010	1120	470	350	6950

Таблица 14. Параметры привода 8-11-19,8 МН 5856-66.

Опорная часть вертикального привода [8. табл. 32.16]:

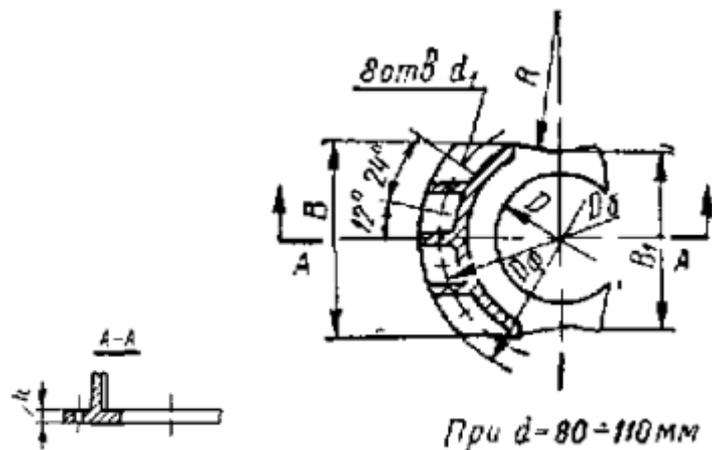


Рисунок 10. Опора привода.

d	D <sub>Ф</sub>	D <sub>б</sub>	D	B	B <sub>1</sub>	R	d <sub>1</sub>	h
мм								
80	615	570	260	400	350	600	23	30

Таблица 15. Параметры опорной части привода 8-11-19,8 МН 5856-66.

### Выбор уплотнения

Сальниковое уплотнение имеет два исполнения: для обычных (1) и устойчивых к коррозии (2) сталей.

Выберем сальниковое уплотнение 80.1 МН 5856-66 и подберем его параметры [8. табл. 32.22]:

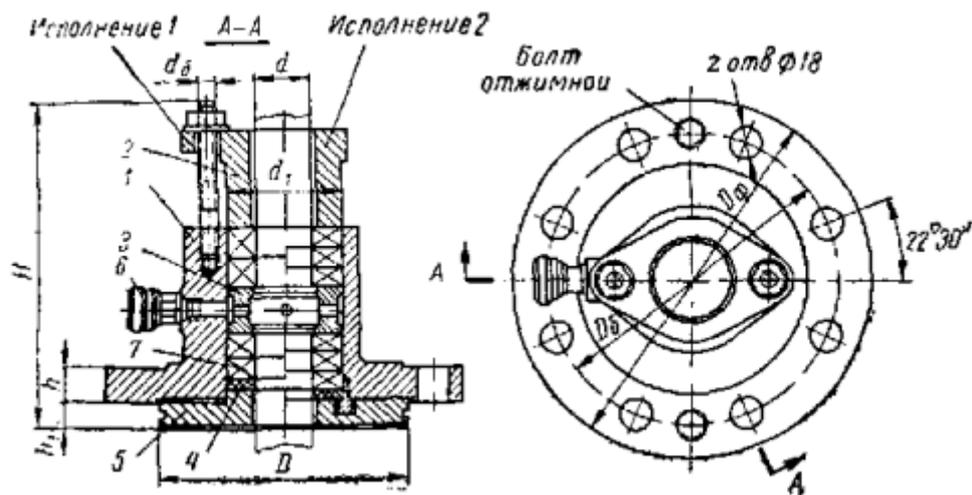


Рисунок 11. Сальниковое уплотнение. 1 – корпус; 2 – втулка; 3,4 – кольцо; 5 – диск; 6 – масленка; 7 – забивка и крепежные детали.

d	d <sub>1</sub>	D <sub>Ф</sub>	D <sub>б</sub>	D	H	h	h <sub>1</sub>	d <sub>б</sub>	к-во	масса
мм									шт	кг
80	106	260	225	202	206	22	16	M16	4	19,7

Таблица 16. Параметры уплотнения 80.1 МН 5856-66.

## 5.7. Расчет и выбор опор

Установка химических аппаратов на фундаменты или специальные несущие конструкции осуществляется большей частью с помощью опор.

Вертикальные аппараты обычно устанавливают или на стойках, когда их размещают внизу в помещении, или на подвесных лапах, когда аппарат размещают между перекрытиями в помещении или на специальных стальных конструкциях.

Для того чтобы выбрать опору, необходимо рассчитать вес всего аппарата в рабочем состоянии (при гидроиспытании).

Масса корпуса аппарата:

$$M_k = M_o + M_{кр} + M_{ф} + M_{дн} + M_{руб};$$

Масса обечайки:

$$M_o = \frac{H * \pi * (D_H^2 - D_B^2) * \rho}{4} = \frac{2,7 * 3,14 * (2,632^2 - 2,6^2) * 7900}{4} = 2803,36 \text{ кг.}$$

$$M_{кр} + M_{дн} = 2 * 996,4 = 1992,8 \text{ кг.}$$

$$M_{ф} = 2 * 2,06 + 4 * 3,19 + 8,05 = 24,93 \text{ кг.}$$

$$M_{руб} = \frac{H * \pi * (D_H^2 - D_B^2) * \rho}{4} = \frac{3,1 * 3,14 * (2,832^2 - 2,8^2) * 7900}{4} = 3464,74 \text{ кг.}$$

Тогда масса корпуса будет равна:

$$M_k = 2803,36 + 1992,8 + 24,93 + 3464,74 = 8285,83 \text{ кг.}$$

Масса жидкости:

$$\text{Объем аппарата: } V_A = 20 \text{ м}^3.$$

Масса воды в аппарате (при гидроиспытании):

$$M_{в1} = V_A * \rho_{в} = 20 * 1000 = 20000 \text{ кг.}$$

Таким образом, суммарная масса аппарата (при гидроиспытании):

$$M = M_k + M_{в1} = 8285,83 + 20000 = 28285,83 \text{ кг.}$$

Вес всего аппарата:

$$G = M * g = 28285,83 * 9,8 = 277201,13 \text{ Н.}$$

Для установки аппарата используем 4 опоры, значит вес, приходящийся на одну опору: 69300,28 Н или 0,069 Мн.

Исходя из величины нагрузки, приходящейся на одну опору, мы подбираем ее параметры [8. табл. 29.2]:

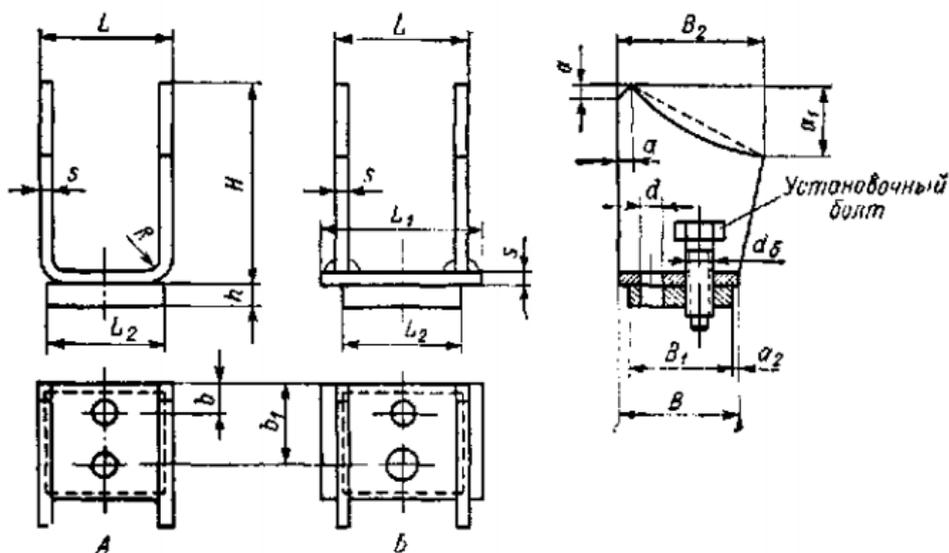


Рисунок 12. Опора вертикальных цилиндрических аппаратов.

$G \cdot 10^3$	тип	L	$L_1$	$L_2$	B	$B_1$	$B_2$
Мн	опоры	мм					
10	II	500	550	470	490	390	680
b	$b_1$	H	h	s	a	$a_1$	$a_2$
мм							
60	225	1200	50	34	35	350	80
R	d	$d_6$	исполнение				
			A	Б			
мм			кг				
30	42	M48	—	461			

Таблица 17. Параметры опоры ОВ-III-Б-240000 ОН 26-01-69–68.

## 6. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

### 6.1. Введение

Спиртовой раствор поливинилацетата (далее ПВА) представляет собой бесцветную жидкость с характерным запахом. Из-за своих выдающихся адгезивных свойств используется как основа для изготовления клеев различного назначения, а так же износостойких лаков и красок.

Поливинилацетат в виде спиртового раствора (ТУ 6-10-1081-70) выпускают трех марок, отличающихся по вязкости мольных растворов (в сантипуазах): С-4 (3—6 сП), С-8 (6—10 сП); С-12 (10—14 сП). Концентрация лаков — 45-55% полимера; содержание мономера не более 1,2%.

Производство в странах СНГ составляет порядка 80 тыс. тон/год и продолжает расти.

### 6.2. Анализ конкурентных технических решений

При ведении собственного производства необходим систематический анализ конкурирующих разработок во избежание потери занимаемой ниши рынка. Периодический анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности позволяет оценить эффективность научной разработки по сравнению с конкурирующими предприятиями.

Из наиболее влияющих предприятий — конкурентов в области производства поливинилацетата в растворе можно отнести: «ООО Рикол» (Рязанская область), «ИвПВА» (Ивановская область).

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 — наиболее слабая позиция, а 5 — наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i,$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;  $B_i$  – вес критерия (в долях единицы);  $B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{к1}$	$B_{к2}$	$K_{\phi}$	$K_{к1}$	$K_{к2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии синтезируемого вещества							
1. Выход продукта	0,3	5	3	3	1,5	0,9	0,9
2. Энергоемкость процессов	0,3	3	4	4	0,9	1,2	1,2
Экономические критерии оценки эффективности							
3. Цена	0,2	5	4	4	1,0	0,8	0,8
4. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
5. Финансирование научной разработки	0,1	3	4	4	0,3	0,4	0,4
Итого:	1				4,2	3,8	3,8

Таблица 18. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок.  $B_{\phi}$  – продукт проведенной работы;  $B_{к1}$  – «ООО Рикол»;  $B_{к2}$  – «ИвПВА».

### 6.3. SWOT-анализ

SWOT – (Strengths – сильные стороны, Weaknesses – слабые стороны, Opportunities – возможности и Threats – угрозы) – это комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблицу 19.

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Экологичность технологии</p> <p>С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями</p> <p>С3. Использование отходов производств в качестве сырья (ресурсоэффективность технологии)</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования</p> <p>У3. Развитая конкуренция технологий производства</p>		

Таблица 19. Первый этап SWOT-анализа.

Интерактивные матрицы представлены в таблицах 20, 21, 22, 23.

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		С1	С2	С3
	В1	+	+	+

Таблица 20. Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности».

Слабые стороны проекта		
Возможности проекта		Сл1
	В1	–

Таблица 22. Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности».

Сильные стороны проекта				
Угрозы		С1	С2	С3
	У1	+	–	+
	У2	–	–	+
	У3	+	–	+

Таблица 23. Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы».

Слабые стороны проекта		
Угрозы		Сл1
	У1	+
	У2	+
	У3	–

Таблица 24. Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы».

Таким образом, в рамках третьего этапа может быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа.

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Экологичность технологии</p> <p>С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями</p> <p>С3. Использование отходов производств в качестве сырья (ресурсоэффективность технологии)</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Разработка технологии полимеризации винилацетата в эмульсии</p>	<p>По причине большого срока поставок необходимых для исследований материалов возможно отставание от конкурентов с последующим падением спроса на продукцию</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования</p> <p>У3. Развитая конкуренция технологий производства</p>	<p>Экологичность выбранной технологии, а также использование отходов в качестве сырья вполне способны ослабить влияние перечисленных угроз.</p>	<p>При задержках в поставках используемых материалов и одновременном развитии конкуренции технологии обогащения есть риски потери занятой ниши рынка. При добавлении к этому несвоевременного финансово-вого обеспечения угроза потери рынка значительно возрастает</p>

Таблица 25. Итоговая матрица SWOT-анализа.

## 7. Планирование научно-исследовательских работ

### 7.1. Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ.

Основные этапы	№ра б	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультант ЭЧ, СО, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, бакалавр,
	4	Патентный обзор литературы	Бакалавр
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретические исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр
	8	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	9	Разработка технологии полимеризации винилацетата	Бакалавр
	10	Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант по ЭЧ

	11	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант СО
Оформление комплекта документации по ВКР	12	Составление пояснительной записки	Бакалавр

Таблица 26. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

### 7.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

	1	2	3
А. Мономер	Винилацетат (100)	Винилацетат (100)	Винилацетат (100)
Б. Растворитель	Этанол (100)	Метанол (50)	Метанол (100)
В. Инициатор	Перекись бензоила (0,1)	ДАК (0,1)	ДАК (0,1)
Г. Регулятор	Пропионовый альдегид (0,01)	–	–

Таблица 27. Морфологическая матрица для методов получения ПВА.

### 7.3. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется формула:

$$t_{ожі} = \frac{3*t_{min\ i} + 2*t_{max\ i}}{5},$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел. – дн.;  $t_{min\ i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел. – дн.;  $t_{max\ i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной;  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел. – дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{ч_i},$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;  $t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел. – дн;  $ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Результаты расчетов занесены в таблицу 28.

№	Название работ	Трудоемкость работ									Исполнители	$T_p$ , раб. дн.			$T_p$ , кал. дн.		
		$t_{min}$ , чел-дн.			$t_{max}$ , чел-дн.			$t_{ож}$ , чел-дн.				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
1	Составление технического задания	0,3	0,3	0,3	1	1	1	0,6	0,6	0,6	Р	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2
		0,3	0,3	0,3	1	1	1	0,6	0,6	0,6	Б	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2
		0,3	0,3	0,3	1	1	1	0,6	0,6	0,6	К <sup>1</sup>	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2
		0,3	0,3	0,3	1	1	1	0,6	0,6	0,6	К <sup>2</sup>	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2
2	Выбор направления исследований	0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Р	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
		0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Б	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
3	Подбор и изучение материалов	6	6	6	1,2	1,2	1,2	8,4	8,4	8,4	Р	4,2	4,2	4,2	5	5	5
		6	6	6	1,2	1,2	1,2	8,4	8,4	8,4	Б	4,2	4,2	4,2	5	5	5
4	Литературный обзор	7	7	7	1,0	1,0	1,0	8,2	8,2	8,2	Б	8,2	8,2	8,2	9,7	9,7	9,7
5	Календарное планирование работ по теме	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Р	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
		1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Б	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8

6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	5	5	5	10	10	10	7	7	7	Б	7	7	7	8,3	8,3	8,3
7	Оценка эффективности результатов	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Р	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4
		5	5	5	7	7	7	5,8	5,8	5,8	Б	2,9	2,9	2,9	3,4	3,4	3,4
8	Определение целесообразности проведения ВКР	6	6	6	7	7	7	6,4	6,4	6,4	Р	3,2	3,2	3,2	3,8	3,8	3,8
		6	6	6	7	7	7	6,4	6,4	6,4	Б	3,2	3,2	3,2	3,8	3,8	3,8
9	Разработка технологии полимеризации метилметакрилата	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Б	2,4	2,4	2,4	2,8	2,8	2,8
10	Оценка эффективности производства	7	7	7	10	10	10	7,6	7,6	7,6	Б	4,1	4,1	4,1	4,8	4,8	4,8
		7	7	7	10	10	10	7,6	7,6	7,6	К <sup>1</sup>	4,1	4,1	4,1	4,8	4,8	4,8
11	Разработка СО	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Б	4,1	4,1	4,1	4,8	4,8	4,8
		7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	К <sup>2</sup>	4,1	4,1	4,1	4,8	4,8	4,8
12	Составление пояснительной записки	10	10	10	15	15	15	12	12	12	Б	12	12	12	14,2	14,2	14,2

Таблица 28. Временные показатели проведения научного исследования.

Р – руководитель, Б – бакалавр, К<sup>1</sup> – консультант по экономической части, К<sup>2</sup> – консультант по социальной ответственности.

#### 7.4. Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем, поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – это горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Данный график строится на основе таблицы 24.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;  $T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;  $k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$K_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;  $T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;  $T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{142}{142 - 18 - 4} = 1,18.$$

Вид работы	Исполнители	Т <sub>кi</sub> , дней	Продолжительность выполнения работ														
			февраль		март			апрель			май						
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
Составление технического задания	Руководитель, бакалавр, консультант ЭЧ, СО	0,2	■														
Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	0,6	■	■													
Подбор и изучение материалов	Руководитель, бакалавр	5		■	■												
Патентный обзор литературы	Бакалавр	9,7			■	■	■	■									
Календарное планирование работ	Руководитель, бакалавр	0,8					■	■									
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр	8,3					■	■	■	■							
Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр	1,4 3,4								■	■						

Таблица 29. Календарный план-график проведения НИОКР.

Продолжение таблицы 29

Вид работы	Исполнители	$T_{ki}$ , дней	Продолжительность выполнения работ													
			февраль		март			апрель			май					
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр	3,8								■						
Разработка технологии полимеризации винилацетата	Бакалавр	2,8								■						
Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант ЭЧ	4,8									■					
Разработка социальной ответственности	Бакалавр, консультант СО	4,8										■				
Составление пояснительной записки	Бакалавр	14												■	■	■

Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
■	■	■	■

## 7.5. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

### 7.5.1. Расчет материальных затрат НТИ

Для выполнения данной ВКР требуются материальные затраты на:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований).

Материальные затраты данного НТИ представлены в таблице 30.

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за кг, руб.			Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Винилацетат	кг	31 000	31 000	31 000	70	70	70	2170 000	2170 000	2170 000
Этанол	кг	31 000			41			1271 000		
Метанол	кг		15 500	31 000		27	27		418 500	837 000
Перекись бензоила	кг	31			40 0			12400		
ДАК	кг		31	31		97 0	97 0		30070	30070
Пропионовый альдегид	кг	3			46 0			1380		
Итого:								3454 780	2618 570	3037 070

Таблицы 30. Материальные затраты.

#### 7.5.2. Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

Для оборудования нужно рассчитать величину годовой амортизации по следующей формуле:  $A_{\text{год}} = \frac{C_{\text{перв}}}{T_{\text{пи}}}$ ,

где  $C_{\text{перв}}$  – первоначальная стоимость, руб;  $T_{\text{пи}}$  – время полезного использования, год.

Цены на оборудование и объем отчислений приведены в таблице 31.

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед. оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Сумма амортизационных отчислений, руб.
1.	Реактор	9	1100000	55000
2.	Холодильник	9	150000	7500
Итого:			11250000	562500

Таблица 31. Затраты на закупку оборудования.

### 7.5.3. Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата;  $З_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12 – 20 % от  $З_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $З_{осн}$ ) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} * Т_p,$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;  $З_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб;  $Т_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m * M}{F_d},$$

где  $З_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года;  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб. дн.

В таблице 32 приведен баланс рабочего времени каждого работника НИИ.

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
Календарное число дней	142	142	142	142
Количество нерабочих дней выходные дни: праздничные дни:	18 4	18 4	18 4	18 4
Потери рабочего времени отпуск: невыходы по болезни:	0 0	0 0	0 0	0 0
Действительный годовой фонд рабочего времени	120	120	120	120

Таблица 32. Баланс рабочего времени.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} * (1 + k_{пр} + k_d) * k_p,$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;  $k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{тс}$ );  $k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;  $k_p$  – районный коэффициент, для Томска равный 1,3.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 33.

Категория	$Z_{тс}$ , руб.	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель							
ППС3	12067,25	0,35	1,3	25884,25	1206,725	11,8	14239,35
Бакалавр							
ППС1	8600,25	0,35	1,3	18447,53	860,035	58,2	50053,45
Консультант ЭЧ							
ППС3	20080,9	0,35	1,3	43073,5	2008,09	5	10040,45
Консультант СО							
ППС3	20080,9	0,35	1,3	43073,5	2008,09	5	10040,45

Таблица 33. Расчет основной заработной платы.

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 30.

Исполнитель	$Z_{осн}$ , руб.	$Z_{доп}$ , руб.	$Z_{зн}$ , руб.
Руководитель	14239,35	2135.9	16375,25
Бакалавр	50053,45	7508.02	57561,47
Консультант ЭЧ	10040,45	1506.07	11546,52
Консультант СО	10040,45	1506.07	11546,52

Таблица 34. Общая заработная плата исполнителей.

#### 7.5.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина этих отчислений определяется по формуле:

$$Z_{внеб} = K_{внеб} * (Z_{осн} + Z_{доп}),$$

где  $K_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 № 212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. Однако на основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 30,5%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 35.

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	14239,35	2135.9
Бакалавр	50053,45	7508.02
Консультант ЭЧ	10040,45	1506.07
Консультант СО	10040,45	1506.07
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,305	
Итого:	29594,08	

Таблица 35. Отчисления во внебюджетные фонды.

### 7.5.5. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование графических материалов, оплата услуг связи, электроэнергия, транспортные расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} * (\text{сумма статей } 1 \div 4),$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов  $k_{\text{нр}}$  допускается взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы на данные НИИ составляют 5302343,84 руб.

### 7.5.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 36.

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	1996320	1996320	1995000	табл. 27
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	3179400	3179400	3179400	табл. 28
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	84373,7	84373,7	84373,7	табл.29
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12656,06	12656,06	12656,06	табл.30
5. Отчисления во внебюджетные фонды	29594,08	29594,08	29594,08	-
6. Накладные расходы	5302343,84	5302343,84	5303663,84	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	5331937,92	5331937,92	5333257,92	Сумма ст. 1-6

Таблица 36. Расчет бюджета затрат НТИ.

Как видно из таблицы 36 основные затраты НТИ приходятся на основную заработную плату исполнителей темы.

#### 7.6. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{фин.р.}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где  $I_{\text{фин.р.}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;  $\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;  $\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда	0,25	5	5	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	3
3. Надежность	0,20	5	5	4
4. Воспроизводимость	0,25	5	4	4
5. Материалоемкость	0,15	5	5	5
ИТОГО	1	4,8	4,6	3,8

Таблица 37. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1	0,999
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,8	4,6	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	4,8	4,6	3,803
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,95	0,792

Таблица 38. Сравнительная эффективность разработки.

Вывод: сравнительный анализ интегральных показателей эффективности показывает, что предпочтителен первое исполнение для получения ПВА, но и второй вариант не уступает в эффективности.

## 8. Социальная ответственность

### 8.1. Производственная безопасность

Охрана труда - система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

Цели:

1. Сохранение здоровья работника.
2. Обеспечение роста производительности труда.

Задачи:

1. Установление оптимальных соотношений между факторами производственной среды. Это позволяет при данном уровне техники и технологии снизить неблагоприятное воздействие производственных факторов на работника.

2. Установление определенных норм, допустимых значений каждого из неблагоприятных факторов, законодательное закрепление этих норм и контроль за их выполнением.

3. Обеспечение безопасности выполнения работ как для исполнителя, так и для окружающих (контроль экологической обстановки).

4. Разработка конкретных мероприятий по оздоровлению условия труда.

5. Использование рациональных технических средств защиты работающих от влияния неблагоприятных факторов.

6. Разработка методов оценки эффективности планируемых и проведенных мероприятий по оздоровлению условий труда.

### 8.2. Анализ выявленных вредных факторов производства

Вредный производственный фактор - производственный фактор, воздействие которого на работающего, в определенных условиях, приводит к заболеванию или снижению работоспособности.

Каждый реагент, участвующий в полимеризации винилацетата является в

той или иной степени небезопасным для здоровья рабочего, поэтому основным вредным фактором производства является нежелательный контакт с веществами участвующими в синтезе или их парами, происходящий, например, в случае разгерметизации аппаратов и трубопроводом, либо же в случае нарушения технологического режима со стороны персонала.

Винилацетат – безцветная токсичная жидкость. Вызывает сильное раздражение и омертвление кожи, его пары – ожог роговой оболочки глаз. ПДК = 10 мг/м<sup>3</sup>.

Перекись бензоила – сильный окислитель. Чистая перекись бензоила крайне горючее вещество. Оно загорается при действии минеральных кислот и может воспламенять органические вещества при контакте. При нагревании, ударе и трении происходит детонация. При контакте вызывает ожоги кожи и слизистых оболочек. ПДК = 5 мг/м<sup>3</sup>.

Этиловый спирт – горюч и легко воспламеняется. При достаточном доступе воздуха горит (за счёт его кислорода) светлым голубоватым пламенем. По степени воздействия на организм человека относится к 4-му классу опасности. ПДК паров этилового спирта в воздухе рабочей зоны производственных помещений – 1000 мг/м<sup>3</sup>.

Пропионовый альдегид – чрезвычайно горюч. Оказывает наркотическое и раздражающее действие, поражает дыхательную систему. Хорошо всасывается через неповрежденную кожу, раздражает ее, а при длительном контакте вызывает некроз. При попадании в глаза – сильное раздражение, ожоги роговицы. Класс опасности 3. ПДК = 5 мг/м<sup>3</sup>.

Поливинилацетат – нетоксичное, но легко воспламеняемое вещество. Готовый продукт представляет из себя раствор ПВА в этаноле, вредные свойства которого были описаны выше.

### 8.2.1. Коллективные и индивидуальные средства

Для уменьшения времени непосредственного контакта с вредными веществами или с целью полного его исключения принимаются следующие

меры:

1. Для предотвращения утечек, все оборудование и трубопроводы надежно герметизированы.
2. Для предотвращения ожогов и контроля температурного режима нагретые поверхности оборудования покрываются теплоизоляцией.
3. Для промывки кожи работающих от контакта с перекисями в инициаторных станциях устанавливаются аварийный душ и раковина самопомощи.
4. С целью защиты работающих от воздействия паров вредных химических веществ все производственные помещения оснащаются приточно-вытяжной вентиляцией.
5. Для удаления паров, газов вредных веществ и дыма во время аварии в помещениях устанавливается аварийная вентиляция.
6. Для защиты органов дыхания от вредного воздействия веществ применяется изолирующий противогаз. При работе в емкостных аппаратах применяются шланговые противогазы типа ПШ-1, ПШ-2.
7. Для защиты органов слуха применяются звукоизолирующие кабины и экраны, акустические подвесные потолки.
8. Для защиты работающих от неблагоприятных климатических факторов в корпусах имеются системы отопления и кондиционирования.
9. Для защиты головы от травм все работники имеют каски.
10. Управление процессом ведется с пульта операторных КИП и с ЦПУ.

#### 8.2.2. Производственное освещение

Фактором, воздействующим на организм человека, а соответственно, и на качество выполнения производственного задания, является освещение.

В производственных помещениях используется 3 вида освещения естественное, искусственное, совмещенное (смешанное).

Естественное освещение создается природными источниками света прямыми солидными лучами и диффузным светом небосвода. Естественное

освещение является биологически наиболее ценным видом освещения, к которому максимально приспособлен глаз человека.

Искусственное освещение применяется в темное время суток и в помещениях, где нет естественного освещения. По конструктивному исполнению оно подразделяется на общее (равномерное или локализованное) и комбинированное (общее + местное). Одно местное освещение в производственных помещениях не допускается.

Выбор искусственных источников света производят в зависимости от характера зрительной работы и цветоразличению.

Рекомендуется искусственное освещение в помещениях операторной ЦПУ реализовывать с помощью системы общего равномерного освещения.

СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» регламентирует:

1. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа 300 – 500 лк. Допускается установка светильников местного освещения для подсвета документов.

2. В качестве источников света при искусственном освещении применяются преимущественно люминесцентные лампы.

Люминесцентные лампы должны применяться для общего освещения помещений с работами I-IV разрядов, а также в общественных и административных зданиях.

### 8.2.3. Защита от шума и вибраций

Интенсивное шумовое воздействие на организм человека неблагоприятно влияет на протекание нервных процессов, способствует развитию утомления, изменениям в сердечно-сосудистой системе и появлению шумовой патологии, среди многообразных проявлений которой ведущим клиническим признаком является медленно прогрессирующее снижение слуха по типу кохлеарного неврита.

Постоянные рабочие места находятся в операторных, где отсутствует оборудование, являющееся источником повышенного шума.

Основным источником шума в производстве ПВА является шум работающего двигателя мешалки – оборудования, установленного на наружных установках, где отсутствуют постоянные рабочие места.

Работа с оборудованием, создающим шум, должна производиться с использованием средств индивидуальной защиты, которые снижают уровень шума на 10÷20 дБ.

Индивидуальные средства защиты: противозумные наушники, вкладыши, шлемы и каски, противозумные костюмы, антифоны, “беруши”.

Используют: звукопоглощающие материалы, звукоизолирующие кожухи и экраны, звукоизолированные кабины.

Допустимые шумовые характеристики для рабочих мест регламентируются ГОСТ 12.1.003–83 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности».

Вследствие малой интенсивности рабочего процесса получаются длительные, но малые по мощности вибрации.

Для ослабления вибрации от работающего оборудования, передаваемой по строительным конструкциям, в проекте предусматриваются следующие мероприятия:

1. Самостоятельные фундаменты, не связанные с конструкцией здания;
2. Трубопроводы, примыкающие к машинам, создающим вибрацию, не имеют жесткого крепления к конструкциям здания.

Допустимый уровень вибрации нормируется ГОСТ 12.1.012–90 «Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования».

### 8.3. Анализ опасных факторов

Опасный производственный фактор (ОПФ) – производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

Травма – это повреждение тканей организма и нарушение его функций внешним воздействием.

Травма является результатом несчастного случая на производстве, под которым понимают случай воздействия опасного производственного фактора на работающего при выполнении им трудовых обязанностей или заданий руководителя работ.

#### 8.3.1 Термические опасности

Из-за особенностей производства ПВА в растворе термические опасности могут приводить к ожогам и ошпариванию из-за соприкосновения с предметами или материалами, имеющими высокую температуру, а также излучением источников тепла.

Для защиты от непосредственного контакта с нагретыми поверхностями и теплового излучения применяются средства коллективной защиты (СКЗ) и средства индивидуальной защиты (СИЗ).

Основными методами защиты являются: обеспечение недоступности нагретых поверхностей, теплоизоляция рабочих поверхностей источников излучения теплоты, экранирование источников или рабочих мест.

Средства защиты от термического воздействия должны обеспечивать тепловую облучённость на рабочих местах не более  $0,35 \text{ кВт/м}^2$ , температуру поверхности оборудования не более  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  при температуре внутри источника теплоты до  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $45 \text{ }^\circ\text{C}$  при температуре внутри источника теплоты более  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ .

В качестве средств индивидуальной защиты применяется теплозащитная одежда из хлопчатобумажных, льняных тканей, грубодисперсного сукна. Для работы в экстремальных условиях (тушение

пожаров и др.) используются костюмы с повышенными теплозащитными свойствами.

### 8.3.2. Пожаровзрывобезопасность

ВНЭ 5-79 «Правила пожарной безопасности при эксплуатации предприятий химической промышленности» регламентируют на случай непредвиденного возгорания оснащать все производственные помещения первичными средствами пожаротушения (огнетушители, асбестовые полотнища, песок).

Во всех производственных и вспомогательных помещениях предусматривается тушение пожара с помощью пожарных кранов. На наружных сетях противопожарного водопровода устанавливаются пожарные гидранты. Во время пожара для защиты от разрушения и деформации оборудования и металлоконструкций реакторного блока предусматривается подача воды с помощью лафетных стволов.

Корпус центрального пульта управления оборудуется установкой газового пожаротушения оснащенной: системой обнаружения, сигнализацией и тушения пожара в защищаемом помещении методом создания огнетушащей концентрации паров хладона по объему.

Обеспечение систем пожаротушения пеной и водой производится из насосной пожаротушения и запаса воды в резервуарах.

### 8.3.3. Электробезопасность

Все электрооборудование должно иметь надежное защитное заземление или зануление в соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ).

Заземляющие устройства электроустановок должны соответствовать требованиям ПОТ Р О-95120-001-94.

Для обеспечения электробезопасности следует соблюдать следующие требования:

1. Конструкция производственного оборудования, приводимого в действие электрической энергией, должна включать устройство (средство) для обеспечения электробезопасности.

2. В оборудовании должна быть обеспечена защита от случайного прикосновения к частям, находящимся под напряжением.

3. Для питания светильников общего освещения должно применяться напряжение не выше 380/220 В переменного тока при заземленной нейтрали и не выше 220 В переменного тока при изолированной нейтрали.

4. На лицевой и обратной сторонах каждой панели распределительных щитов должны быть четкие надписи, указывающие номер щита и к какой линии или агрегату относятся установленные на панели приборы и аппаратура, а также напряжение и род тока;

Все трубопроводы и аппараты, по которым транспортируются продукты, изготавливаются из углеродистой и легированной стали. Предусмотрена защита зданий, сооружений, оборудования, трубопроводов:

1. От прямых ударов молнии, осуществляется путем присоединения корпусов отдельных аппаратов к заземляющему устройству и установкой молниеприемников.

2. От статической индукции и статического электричества осуществляется путем его присоединения к контуру заземления.

#### 8.4. Экологическая безопасность

Экологическая безопасность — совокупность состояний, процессов и действий, обеспечивающая экологический баланс в окружающей среде и не приводящая к жизненно важным ущербам (или угрозам таких ущербов), наносимым природной среде и человеку.

Это также процесс обеспечения защищенности жизненно важных интересов личности, общества, природы, государства и всего человечества от реальных или потенциальных угроз, создаваемых антропогенным или естественным воздействием на окружающую среду.

Объектами ЭБ являются права, материальные и духовные потребности личности, природные ресурсы и природная среда или материальная основа государственного и общественного развития.

#### 8.4.1.. Выбросы в атмосферу

Процесс производства поливинилацетата является максимально автоматизированным, что сводит до минимума количество аварийных ситуаций, при которых возможны выбросы в атмосферу.

Как правило, при производстве могут происходить утечки паров винилацетата и этилового спирта, образующих азеотропную смесь (азеотроп), температура кипения которой значительно ниже температуры кипения реакционной смеси.

Данные утечки можно охарактеризовать как неорганизованные, т.е. утечки через неплотности соединений, появляющиеся за счет температурных деформаций и износа в процессе эксплуатации различного типа оборудования и трубопроводных коммуникаций с большим числом соединений и запорно-регулирующей арматуры, находящиеся на установке.

Утечки паров азеотропа могут происходить при перемещении в холодильник в местах соединения труб.

Также возможны вентиляционные утечки – загрязненный углеводородами воздух производственных помещений, удаляемый посредством общеобменной вентиляции.

Уменьшение количества выбросов достигается путем правильного ведения технологического процесса, герметичности емкостного оборудования и трубопроводов, применения герметичных электронасосов и пневмонасосов.

#### 8.4.2. Сточные воды

При производстве ПВА в растворе вода не участвует непосредственно в технологическом процессе, а служит лишь теплоносителем для обогрева

реакторов и охлаждения холодильников. Следовательно, перед сбросом в окружающую среду в специальной очистке не нуждается.

### 8.5. Безопасность чрезвычайных ситуаций

К наиболее частым авариям на предприятиях, классифицируемым как техногенные ЧС, относятся пожары, взрывы ёмкостей с горючими газами или жидкостями, разрушение и взрывы технологического оборудования, обрушение строительных конструкций, прорывы трубопроводов с газом, нефтью, ХОВ и другими продуктами, разрушение гидротехнических сооружений. Самые распространённые и типичные ЧС в современном индивидуальном обществе наиболее часто встречающиеся и, как правило, с тяжёлыми социальными, экономическими последствиями – пожары.

Важнейшими профилактическими мероприятиями являются:

1. Правильный выбор электрооборудования и способов его монтажа с учетом пожароопасности окружающей среды, систематический контроль исправности защитных устройств и аппаратов на электрооборудовании, постоянный надзор за эксплуатацией электроустановок и электросетей силами электротехнического персонала.

2. Предупреждение перегрева трущихся деталей и механизмов благодаря своевременной и качественной смазке, контролю за их температурой.

3. Оборудование эффективной вентиляции, исключающей возможность образования в помещении взрывоопасной смеси, и обеспечение нормальной работы вентиляции в окрасочных и сушильных камерах и других аппаратах;

4. Создание условий, обеспечивающих пожарную безопасность при работе с нагретыми до высокой температуры изделиями.

5. Надежная герметизация производственного оборудования и трубопроводов с огнеопасными веществами и немедленное устранение неисправностей при выявлении их утечек в окружающую среду.

6. Запрещение хранения, транспортировки и содержания на рабочих местах огнеопасных жидкостей и растворов в открытых ведрах, банках, баках

и т. п. и в количествах, превышающих сменную потребность.

7. Изоляция самовозгорающихся веществ от других материалов и веществ, соблюдение правил безопасного их хранения и систематическое контролирование состояния этих веществ.

8. Разъяснительная работа среди работающих по соблюдению правил и норм пожарной безопасности;

9. Запрещение курения и разведения огня в пожароопасных и взрывоопасных помещениях.

В случае возникновения пожара на территории предприятия действия всех работников должны быть направлены на немедленное сообщение о нем в пожарную охрану, обеспечение безопасности людей и их эвакуации, а также тушение возникшего пожара. Для оповещения людей о пожаре должны использоваться тревожные или звуковые сигналы.

Каждый работник, обнаруживший пожар обязан:

1. Немедленно сообщить об этом по телефону «01» в пожарную охрану.

2. Дать сигнал тревоги добровольной пожарной дружине, сообщить руководителю (генеральному директору, начальнику цеха, заведующей магазином и т.п.) или его заместителю о пожаре.

3. Принять меры по организации эвакуации людей (эвакуацию начинать из помещения, где возник пожар, а также из помещений, которым угрожает опасность распространения огня и дыма).

4. Одновременно с эвакуацией людей, приступить к тушению пожара своими силами и имеющимися средствами пожаротушения (огнетушители, вода, песок и т.п.).

5. В случае угрозы жизни людей организовать их спасение.

6. При необходимости отключить электроэнергию, остановить работу транспортирующих устройств и агрегатов, выполнить другие мероприятия, способствующие предотвращению развития пожара и задымления помещений здания.

7. Прекратить все работы в здании, кроме работ, связанных с

мероприятиями по ликвидации пожара.

8. Удалить за пределы опасной зоны всех посетителей и работников, не участвующих в тушении пожара.

9. Обеспечить соблюдение требований безопасности работниками, участвующими в тушении пожара, от возможных обрушений конструкций, поражения электрическим током, отравления дымом, ожогов;

10 Одновременно с тушением пожара организовать эвакуацию и защиту материальных ценностей.

#### 8.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности Согласно статье 7 Конституции РФ:

1. Российская Федерация - социальное государство, политика которого направлена на создание условий, обеспечивающих достойную жизнь и свободное развитие человека.

2. В Российской Федерации охраняются труд и здоровье людей, устанавливается гарантированный минимальный размер оплаты труда, обеспечивается государственная поддержка семьи, материнства, отцовства и детства, инвалидов и пожилых граждан, развивается система социальных служб, устанавливаются государственные пенсии, пособия и иные гарантии социальной защиты.

#### Согласно статье 37 Конституции РФ:

3. Каждый имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены, на вознаграждение за труд без какой бы то ни было дискриминации и не ниже установленного федеральным законом минимального размера оплаты труда, а также право на защиту от безработицы.

Работникам, которые заняты на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными и иными особыми условиями труда, полагаются следующие компенсации:

1) сокращенная продолжительность рабочего времени;

- 2) ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск;
- 3) повышение оплаты труда.

При этом сокращенная продолжительность рабочего времени должна составлять не более 36 часов в неделю, дополнительный отпуск — не менее семи календарных дней, а повышение оплаты труда — не менее четырех процентов тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда.

Что касается страховых взносов во внебюджетные фонды, то компенсационные выплаты работникам, занятым на работах с вредными условиями труда, не подлежат обложению страховыми взносами. С компенсационных выплат организации также не нужно платить и страховые взносы на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Основы законодательства о труде предусматривают большие льготы женщинам в области охраны труда и меры по его оздоровлению. Например, запрещается применять их труд на работах с вредными условиями. Установлены ограничения труда женщин на ночных, сверхурочных работах и при направлении их в командировки, предусмотрен перевод на более легкую работу, а также отпуска по беременности и родам, перерывы для кормления ребенка, включаемые в рабочее время и оплачиваемые.

Нормы, содержащиеся в главе IX Основ, регулируют труд молодежи и его охрану. Не допускается прием на работу лиц моложе 16 лет, и только в исключительных случаях по согласованию с ФЗМК могут приниматься на работу лица, достигшие 15 лет.

Рабочее место для выполнения работ стоя организуют при физической работе средней тяжести и тяжелой, а также при технологически обусловленной величине рабочей зоны, превышающей ее параметры при работе сидя. Категория работ - по ГОСТ12.1.005-76.

Согласно ГОСТ 12.2.033-78:

- 1 Конструкция, взаимное расположение элементов рабочего места

(органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

2 Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда.

Рабочее место для выполнения работ сидя организуют при легкой работе, не требующей свободного передвижения работающего, а также при работе средней тяжести в случаях, обусловленных особенностями технологического процесса. Категории работ - по ГОСТ 12.1.005-76.

Согласно ГОСТ 12.2.032-78:

1 Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации ит.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

2 Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда.

## Заключение

Нами была рассчитана и спроектирована установка для производства поливинилацетата в растворе периодическим способом с годовой производительностью цеха  $N=10000$  т/год чистого полимера.

В результате расчетов было выяснено, что нам потребуется реактор вместимостью  $165 \text{ м}^3$ . Для компактности и хорошего теплообмена, решено выбрать 9 реакторов по  $20 \text{ м}^3$ .

Один полный рабочий цикл реактора составляет 36 часов. Такая продолжительность позволяет получить полимер с содержанием мономерной фазы менее 0,7%.

В заключение данной работы мы можем выделить основные достоинства нашего метода:

1. Простота установки и эксплуатации.
2. Минимизация оборудования, которая позволяет сократить издержки на производственные нужды.

В целом, мы можем сделать вывод о том, что данная установка, способна стать ядром для крупного производства продуктов на основе ПВА, в особенности синтеза поливинилового спирта и других винилацетатных полимеров.

## Список литературы

1. В.Н. Стабников, И.М. Ройтер, Т.Б. Процюк. Этиловый спирт. М.: Пищевая промышленность. 1976г. – 123с.
2. Жоров Ю.М. Термодинамика химических процессов. Нефтехимический синтез, переработка нефти угля и природного газа. – М.: Химия, 1985. – 464с.
3. Гутник С.П., Кадоркина Г.Л., Сосонко В.Е. Примеры и задачи по технологии органического синтеза. – М.: Химия, 1984. – 192 с.
4. Тегер А.А. Физикохимия полимеров. 3-е издание, переработанное. – М.: Химия, 1978. – 544 с.
5. Сутягин В.М., Ляпков А.А. Физико химические методы исследования полимеров. Учебное пособие. - 2-е изд. - Томск: ТПУ, 2010. – 140 с.
6. Макаренко В.Г. Схемы автоматизации: учебно-методическое пособие к курсовому и дипломному проектированию Новочеркасск: ЮРГТУ, 1999. – 47с.
7. Лашинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов. Справочник – Л.: Машиностроение, 1981. – 382с.
8. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752с.
9. Технология производства поливинилацетата. <http://proizvodim.com>
10. Капатин К.К. Поливинилацетат (ПВА). Реферат. – 20с.
11. Рынок винилацетата в СНГ. Евразийский химический рынок №11 (122), 2015. – 380с.
12. Поливинилацетатные пластмассы. <http://xtbmc0608.narod.ru>
13. Статьи, посвященные физическим и химическим свойствам винилацетата, перекиси бензоила, пропионового альдегида. <http://www.xumuk.ru>