



федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

**ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ**  
**Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»**

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «РПиР»

\_\_\_\_\_ М.В.Кравцова  
(подпись) (И.О. Фамилия)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на бакалаврскую работу**

Студент: Мещеряков Олег Сергеевич

1. Тема: «Модернизация узла дегазации установки Е-1 на предприятия ООО «Тольяттикаучук»»
2. Срок сдачи студентом законченной бакалаврской работы 01.06.2016
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе:  
Технологический регламент цеха Е-1
4. Содержание выпускной квалификационной работы:
  - Анализ узла дегазации цеха Е-1 на ООО «Тольяттикаучук»
  - Совершенствование узла дегазации цеха Е-1 на ООО «Тольяттикаучук»

Руководитель бакалаврской работы

В.Ю.Зотов

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

О.С.Мещеряков

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия)

федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

**ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ**

**Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»**

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «РПиР»

\_\_\_\_\_ М.В.Кравцова

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН  
бакалаврской работы**

Студента: Мещерякова Олега Сергеевича

по теме: «Модернизация установки Е-1 на предприятии ООО

«Тольяттикаучук»»

Наименование работы	раздела	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руковод ителя
Введение		15.05.2016			
Анализ существующего узла дегазации цеха Е-1 ООО «Тольяттикаучук»		17.05.2016			
Совершенствование узла дегазации цеха Е-1 ООО «Тольяттикаучук»		20.05.2016			
Заключение		01.06.2016			

Руководитель бакалаврской работы

В.Ю.Зотов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

О.С.Мещеряков

(подпись)

(И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

**Бакалаврскую работу выполнил:** Мещеряков О.С.

**Тема работы:** «Модернизация узла дегазации установки Е-1 на ООО«Тольяттикаучук»».

**Научный руководитель:** Зотов.В.Ю.

**Цель бакалаврской работы:** исследование и модернизация узла дегазации латекса СКМС-30 АРК на прямоточных отгонных агрегатах путем увеличения времени контакта латекса с паром. Краткие выводы по бакалаврской работе: в работе был проанализирован процесс отгонки латекса на установке Е-1 и выбран путь его совершенствования.

Бакалаврская работа состоит из введения, двух глав, заключения, списка используемых источников.

Во введении обосновывается актуальность проводимой модернизации, описывается цель, задачи, объект и предмет совершенствования. В первой главе показан технологический процесс получения латекса СКМС-30 АРК на ООО «Тольяттикаучук». Во второй главе разработано технологическое решение по совершенствованию узла дегазации латекса СКМС-30 АРК.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, 2-х разделов, заключения, списка литературы из 60 источников. Общий объем работы, без приложений 64 страницы машинописного текста, в том числе таблиц -30, рисунков – 2.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	8
1.1 Химизм процесса полимеризации и выделения каучука.....	8
1.2 Характеристика исходного сырья.....	13
1.3 Получение латекса СКМС-30 АРК для выпуска каучука СКМС-30 АРКМ-15, БСК-1502.....	16
1.4 Получение латекса СКМС-30 АРК для безмасляных каучуков и при совместном выпуске маслonaполненных и безмасляных каучуков.....	19
1.5 Технологический расчет процесса дегазации.....	24
1.5.1 Материальный и тепловой баланс.....	24
1.5.2 Расход пара на предварительную дегазацию.....	28
1.5.3 Расход пара на вакуумную дегазацию.....	29
1.5.4 Расход умягченной воды на увлажнение пара.....	30
1.6 Технологический расчет и выбор оборудования.....	36
1.6.1 Отгонная колонна 66/2.....	36
1.6.2 Конденсатор.....	40
1.7 Охрана труда и противопожарная защита.....	44
1.8 Экологическая безопасность производства бутадиен-альфаметилстирольных каучуков.....	47
ГЛАВА 2. МОДЕРНИЗАЦИЯ УЗЛА ДЕГАЗАЦИИ. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ.....	49
2.1 Краткая характеристика сравниваемых результатов.....	49
2.2.1 Расчет капитальных вложений.....	50
2.2.2 Расходы на сборку и монтаж.....	50
2.2.3 Расходы на демонтаж.....	51
2.3 Расчет себестоимости продукции. Расчет расхода сырья и энергоносителей.....	51
2.4 Сравнительный анализ себестоимости 1 тонны продукции базового и проектного вариантов.....	55
2.5 Выводы.....	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	58
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	59
ПРИЛОЖЕНИЕ	

## ВВЕДЕНИЕ

На заводах СК выпускают широкий ассортимент бутадиен - стирольных (альфаметилстирольных) каучуков общего назначения. Каучуки низкотемпературной полимеризации (4-8 °С ), отличаются улучшенными свойствами прочностью, эластичностью, меньшим пеклообразованием, прочностью связи в резиновых смесях ,поэтому их выпуск составляет около 80% общего объема производств. В меньших количествах выпускаются каучуки высокотемпературной полимеризации ( 50°С ). Потребителями бутадиен-стирольных каучуков являются главным образом шинная и резинотехническая отрасли промышленности.

В зависимости от содержания стирольных звеньев в сополимере существенно меняется комплекс свойств эластомера. С ростом числа стирольных звеньев улучшаются прочностные характеристики эластомеров, но ухудшаются их эластичность и морозостойкость.

**Актуальность темы проекта.** Конверсия мономеров при производстве латекса СКМС составляет 66 – 72 %, соответственно некоторое количество мономеров альфаметилстирола остается непрореагированным, его нужно удалить, так как мономер альфаметилстирола ухудшает физико-химические свойства каучука, а также является ценным продуктом и может повторно использоваться.

Целью работы является снижение мономера альфометилстирола в латексе.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ метода вакуумной дегазации на прямоточных колоннах
2. Провести экономический расчет действующего метода отгонки(дегазации)

3. Разработать технологическое решение по повышению эффективности метода вакуумной дегазации на прямоточных колоннах.

4. Провести сравнительный анализ опираясь на экономический расчет базового и проектного вариантов.

## ГЛАВА 1. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

### 1.1. Химизм процесса полимеризации и выделения каучука

Синтетический каучук получается сополимеризацией бутадиен и альфаметилстирола в водной эмульсии. В качестве основного эмульгатора применяется калиевое или натриевое мыло диспропорционированной канифоли (талловой или сосновой).

В качестве дополнительных эмульгаторов применяются мыла жирных кислот и диспергатор НФ. Основным назначением эмульгаторов является обеспечение устойчивости эмульсии углеводородов в воде. Вместе с тем, эмульгаторы оказывают значительное влияние на протекание процесса полимеризации. По современным представлениям роль и поведение эмульгаторов в полимеризационных системах сводятся к следующему:

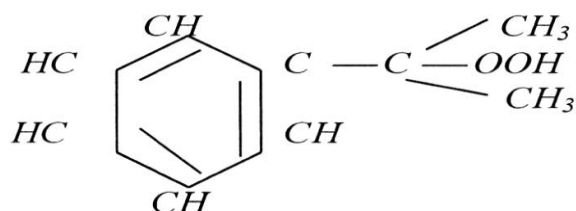
Водные растворы мыл представляют собой сложную систему. Характерной особенностью веществ, применяемых в качестве эмульгаторов, является одновременно содержание в их молекуле гидрофильных и гидрофобных групп. Молекулы этих веществ обладают поверхностной активностью и состоят из большой нейтральной углеводородной части и полярной части (карбоксилатные группы канифольного мыла).

Благодаря специфике молекул в водных растворах эмульгаторы находятся в виде скоплений молекул, ориентированных относительно друг друга. Эти скопления носят название мицелл.

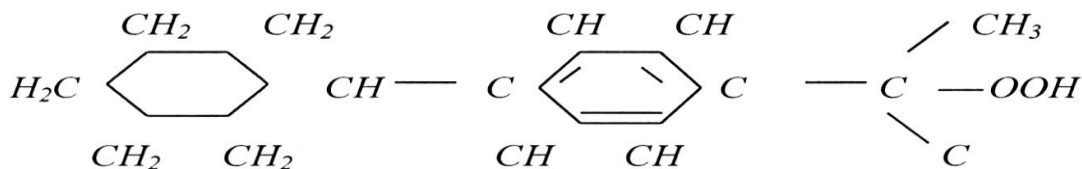
В настоящее время общепризнанным является следующий механизм эмульсионной полимеризации - молекулы мономеров проникают внутрь мицелл, в которых и образуются полимеры.

Для процесса полимеризации бутадиена и альфаметилстирола применяются вещества иницирующие (возбуждающие) процесс полимеризации. В качестве инициатора используются: гидроперекись изопропилбензола – гипериз.[36]



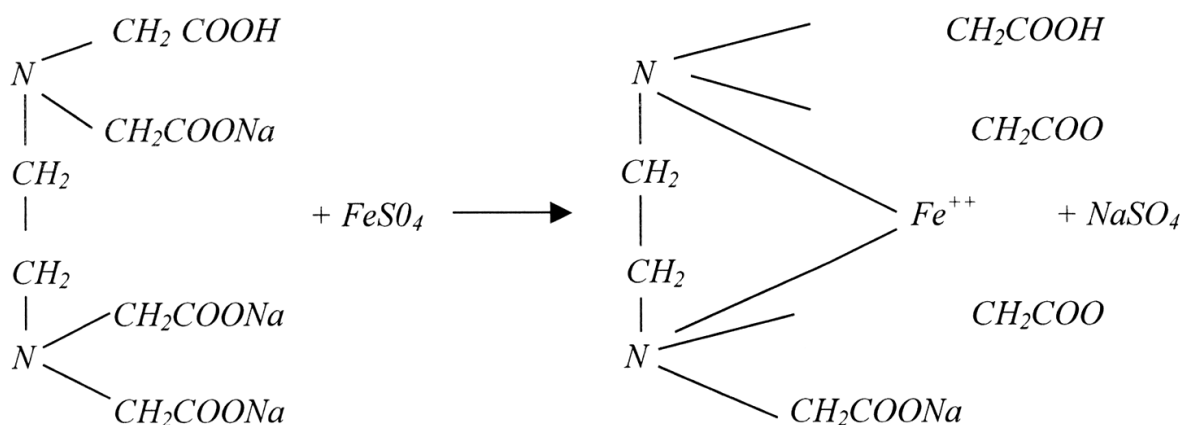


И гидроперекись тинана ( $C_{10}H_{18}O_2$ )

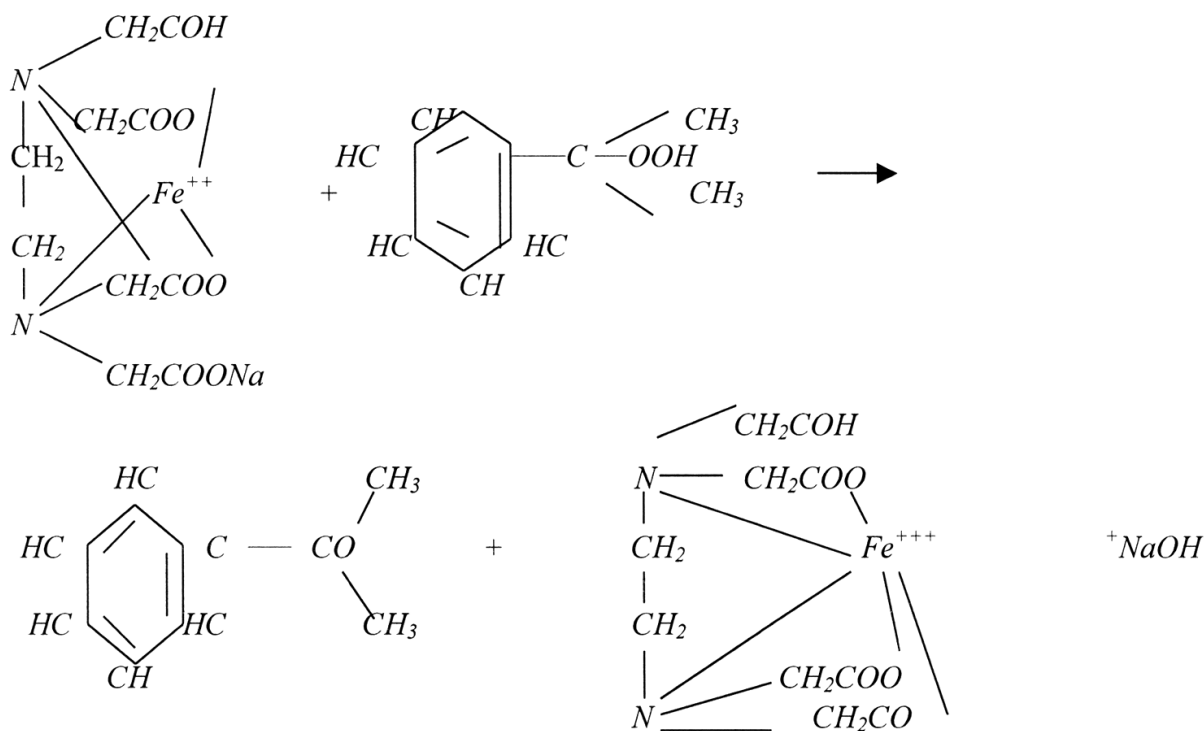


Гидроперекись в определенных условиях способна распадаться с образованием активного радикала, который и возбуждает процесс полимеризации.

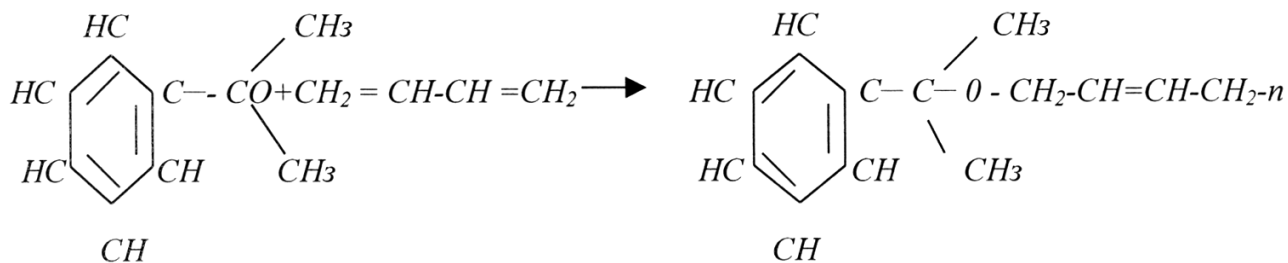
Для ускорения процесса распада гидроперекиси в системе полимеризации применяются вещества - активаторы. Активатором в процессе полимеризации при получении каучука является железо-трилоновый комплекс, образующийся при взаимодействии сернокислого закисного железа с натриевой или калиевой солью этилендиаминтетрауксусной кислоты по реакции:



Железо-трилоновый комплекс реагирует с гидроперекисью с образованием активного радикала, комплекса трехвалентного железа и щелочи:

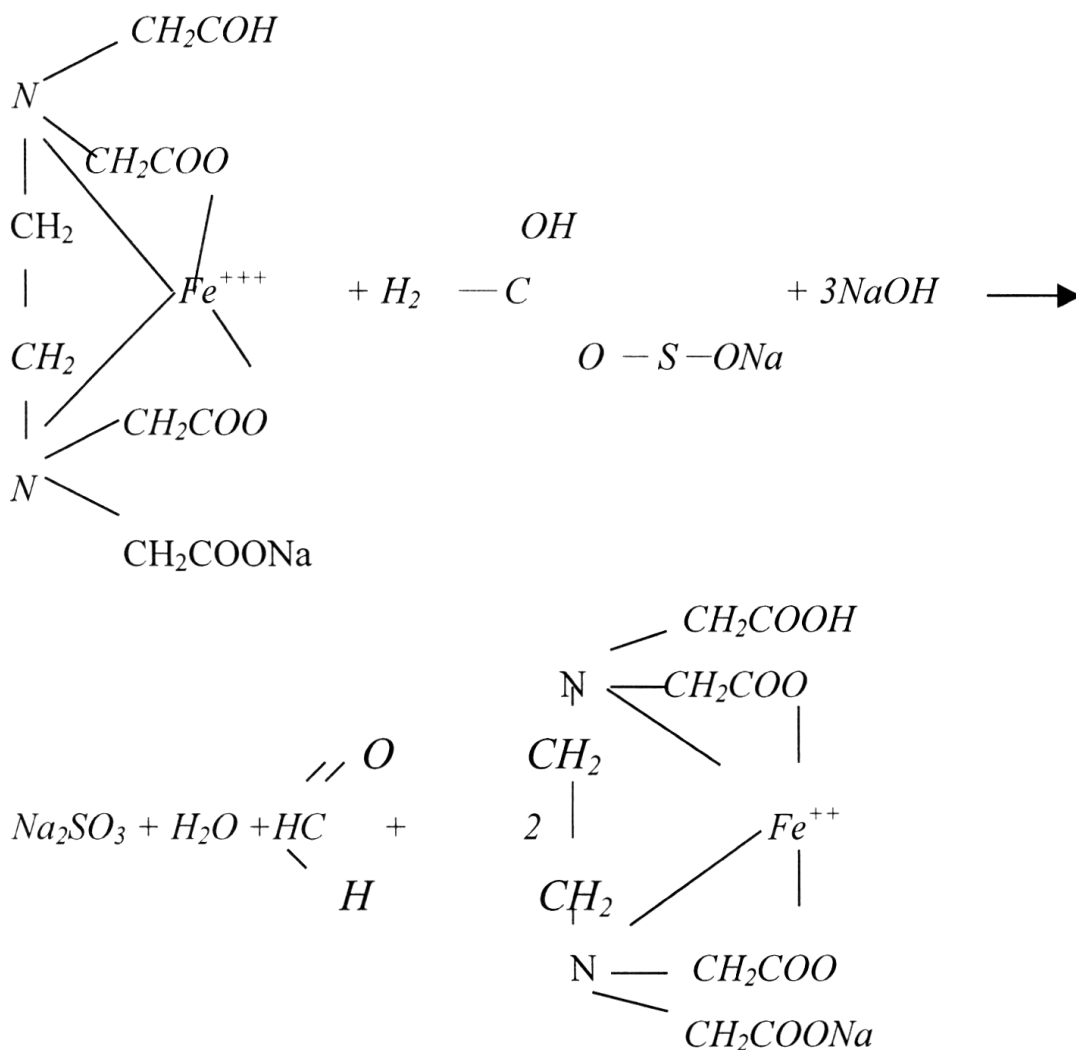


При взаимодействии образовавшегося свободного радикала с мономерами начинается полимеризация мономеров, рост цепи полимера:



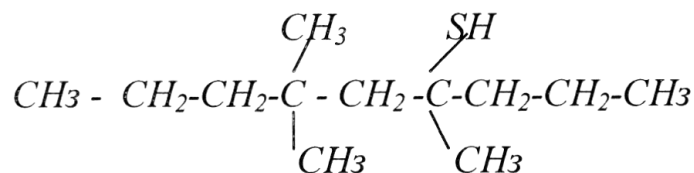
К растущей цепи присоединяются, как молекула бутадиена, так и молекула альфа-метилстирола, образуя молекулу полимера.

Перевод трехвалентного железа в комплексе в первоначальное, двухвалентное состояние происходит за счет ронгалита, присутствующего в полимеризационной системе:

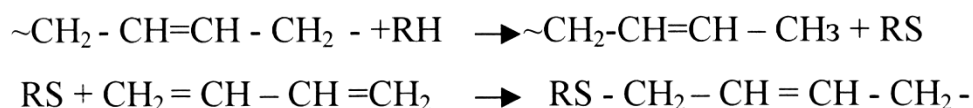


Двухвалентный комплекс железа вновь реагирует с молекулой гидроперекиси, за счет чего образуются свободные радикалы, которые дают начало роста новой полимерной цепи.

Регулирование молекулярного веса полимера производится с помощью третичного додецилмеркаптана, имеющего структурную формулу:



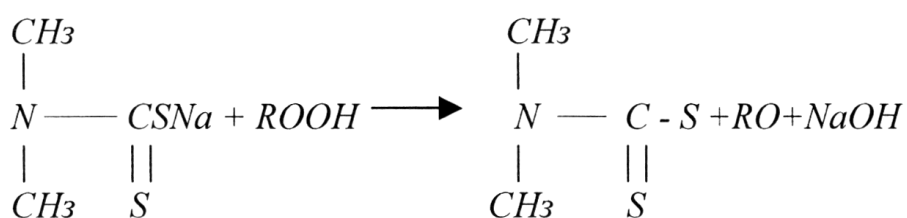
Механизм регулирования состоит в реакции переноса цепи, т.е. в обрыве реакции роста полимерной цепи с образованием свободного радикала, дающего начало роста новой цепи:



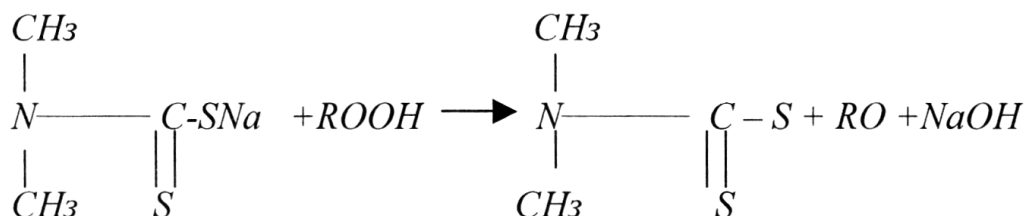
RS - обозначает радикал третичного додецилмеркаптана.

Окончательный обрыв процесса полимеризации, после достижения необходимой конверсии мономеров, производится вводом в систему раствора прерывателя, например, диметилдитиокарбамата натрия, который взаимодействует с гидроперекисью и образует радикалы, обрывающие процесс полимеризации за счет вступления в реакцию с растущими цепями.

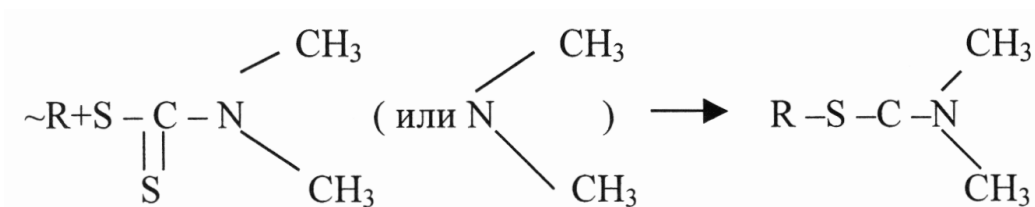
Химизм образования радикалов следующий:



Образовавшийся из ДДК натрия радикал может в дальнейшем распадаться с образованием нового по строению радикала:



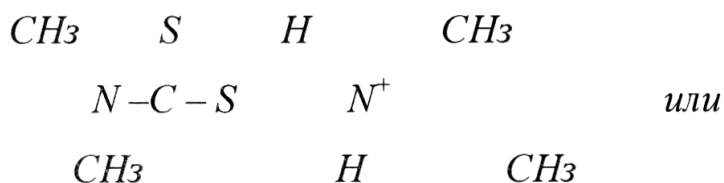
Образующиеся из ДДК натрия малоактивные радикалы вступают в реакцию с полимерными цепями и обрывают рост цепи



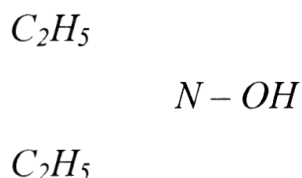
Сероуглерод со щелочью, присутствующей в системе, образует соответствующие соли и воду:



В качестве прерывателя может использоваться диметилдитиокарбамат диметиламина (ускоритель к-45)



водный раствор диэтилгидроксиламина (ДЭГА) технического



Латекс, полученный в результате полимеризации бутадиена и альфаметилстирола, представляет собой коллоидную систему, в которой мелкие частицы каучука находятся во взвешенном состоянии и имеют одинаковый электрический заряд. Под влиянием этих зарядов частицы отталкиваются одна от другой, чем в известной степени обуславливается стабильность латекса [1,30].

## 1.2 Характеристика исходного сырья

1. Бутадиен 1,3 — бесцветный газ характерным запахом в 1,88 раза тяжелее воздуха, пожаровзрывоопасен. При высоких концентрациях в воздухе действует угнетающее на нервную систему, в малых концентрациях раздражает слизистую оболочку глаз и верхних дыхательных путей. В организме не накапливается. Жидкий бутадиен попадая на кожу, вызывает обморожение из за интенсивного испарения, в этом случае необходимо промыть кожу теплой водой с мылом. Острое отравление бутадиеном характеризуется общей сонливостью, головной болью, шумом в ушах, ощущения опьянения. Первая до врачебная помощь при острых отравлениях вынести пострадавшего на свежий воздух ,при отсутствии дыхания производить искусственное дыхания.

2. Стирол - прозрачная жидкость, токсическое воздействие на организм человека аналогично действию альфа метилстирола, пожаровзрывоопасен.

3. Гидроперекись изопропил бензола (гипериз) -прозрачная маслянистая жидкость, огне- взрывоопасная с характерным запахом, напоминающим озон. Разлагается при температурах выше 74°C. при температуре 170°C разлагается со взрывом. Бурное разложение его со взрывом возможно и при более низких температурах, в случаях контакта с кислотами, щелочами, а также со свинцом, медью, железом и их окислами. Гипериз обладает общетоксичным воздействием на организм человека: Пары гипериза могут вызвать угнетение или возбуждение центральной нервной системы, при вдыхании раздражают легкие вплоть до ожога, раздражают желудочно-кишечный тракт. Жидкий гипериз хорошо всасывается через кожу, вызывает увеличение лейкоцитов в крови и образование мега гемоглобина, что приводит к кислородному голоданию организма, может вызывать дерматиты.

При попадании в глаза гипериз вызывает конъюнктивит и помутнение роговицы, возможна полная потеря зрения [54].

4. Гидроперекись пинана - прозрачная жидкость от бесцветного до светло- желтого цвета с характерным запахом пожаровзрывоопасен. Токсическое воздействие на организм человека аналогично воздействию (гипериза).

5. Сернокислое железо (железный купорос) - представляет собой зеленовато- голубые кристаллы, обладает общетоксичным действием при попадании в организм, раздражает кожный покров и слизистые оболочки.

6. Ронгалит - смесь безводного формальдегидсульфоксилата натрия и его кристаллогидрата. Внешний вид - чешуйки или куски белого светло—желтого или серого цвета, горючее вещество при попадании на кожу и слизистые оболочки может вызвать раздражение.

7. Этилендиаминтетрауксусная кислота ( ЭДТУ) — влажная паста от белого до серого или кремового цвета, оказывает влияние на центральную

нервную систему, обладает слабо выраженным раздражающим действием на слизистые оболочки и кожу. Паста ЭДГУ - трудно горючее вещество .

8. Лейканол (диспергатор НФ) - продукт пол конденсации  $\beta$  - нафталин-сульфоукислота с формальдегидом, может поставляться в сухом и жидком виде. Жидкий лейканол пожаробезопасен, в твердом виде - горючий порошок. Пары лейканола раздражают кожу и слизистые оболочки.

9. Синтетические жирные кислоты (фракции  $C_{10} + C_{16}$  и  $C_{12} + C_{15}$ ) — внешний вид мазеобразный продукт от белого до светло-желтого цвета. СЖК -горючий продукт. СЖК способны проникать в организм через кожу, оказывают обще токсическое действие, раздражают кожу и слизистые оболочки.

10. Канифольное мыло - слабощелочной водный раствор калиевых и натриевых солей смоляных кислот. Канифольное мыло- не горючий, невзрывоопасный продукт, токсическим не обладает. При работе с канифольным мылом необходимо руководствоваться правилами работы со слабыми щелочами.

11. Щелочи (едкий натр, едкий калий ) поступает в цех в твердом виде или растворе. Твердый едкий натр - плавленная масса или чешуйки белого цвета. Твердый едкий калий - плавленная масса или чешуйки зеленого или сиреневого цвета. Раствор едкого натра - бесцветный, раствор едкого калия - прозрачная жидкость голубого или сиреневого цвета. Попадание щелочи на кожу вызывает химические ожоги, попадание щелочи в глаза может привести к потере зрения [9].

12. Ортофосфорная кислота — бесцветная жидкость, при попадании на кожу вызывает сильные химические ожоги (прижигает ткани ), вызывает дерматиты. Вдыхание аэрозоли кислоты вызывает атрофические процессы в слизистой оболочке верхних дыхательных путей. Ортофосфорная кислота пожаре и взрывоопасна.

13. Диэтилгидроксиламин натрия (ДЭГА) - применяется в виде водного раствора и представляет собой прозрачную жидкость. Раствор имеет

щелочную реакцию, при попадании на кожу вызывает раздражение. При работе с раствором необходимо руководствоваться правилами работы со слабыми щелочами ДЭГА.

14. Жидкость ПМС -200 А - бесцветная жидкость, не токсична, химически инертна.

16. Продукт ОП-10 - прозрачная жидкость, при попадании на кожу вызывает дерматит, при попадании в глаза - конъюнктивит. Продукт ОП -10 – пожароопасная жидкость.

17. Третичный додецилмеркоптан (ТДМ) - прозрачная жидкость от бесцветного до бледно-желтого цвета, с ярко выраженным неприятным запахом. При длительном контакте с кожей вызывает дерматит, угнетающе действует на центральную нервную систему.

18. Рассол -водный раствор хлористого кальция. Рассол представляет собой прозрачную светло-желтую жидкость с сильным горьким вкусом. При попадании на кожу может вызывать раздражение [1].

### **1.3. Получение латекса СКМС-30 АРК для выпуска каучука СКМС-30 АРКМ-15, БСК-1502**

Процесс полимеризации проводится при температуре 4-12 °С до заданной степени превращения мономеров (конверсии) 62-68%. Соотношение между углеводородной и водной фазами, подаваемыми на полимеризацию, выдерживается автоматически, как 100:200 ± 3, регуляторами расхода (поз. 8016, 5017), клапаны которых установлены на линии углеводородной шихты и разбавленной водной фазы в смеситель.

Углеводородная шихта и водная фаза подаются в зависимости от заданной подачи, смешиваются в струйном смесителе и в виде эмульсии углеводородов поступают во всасывающую линию насоса № 48/1,2, в которую подается раствор инициатора. Заданный расход инициатора



выдерживается автоматически регулятором (поз. 8019), клапан которого установлен на линии от насоса № 54.

В линию углеводородной шихты смесителем подается раствор регулятора, заданный расход которого выдерживается автоматически регулятором (поз. 8021), клапан которого установлен на линии нагнетания от насоса № 56а.

Готовая эмульсия углеводородов от насоса № 48 непрерывно подается на распределительный коллектор, из которого в заданных количествах поступает на работающие полимеризационные батареи.

Заданный расход эмульсии углеводородов выдерживается автоматически регуляторами расхода (поз. 8022-8027), клапаны которых установлены на линиях подачи эмульсии в каждую батарею.

Молекулярная масса полимера регулируется третичным додецилмеркаптаном, который расходуется медленно и сохраняется на протяжении всего процесса полимеризации. Для достижения наилучшего распределения молекулярных весов в полимере регулятор вводят по ходу процесса в три точки, а именно [10]:

- в линию углеводородной шихты перед смесителем в виде раствора третичного додецилмеркаптана в альфаметилстироле в «голову» процесса;

- на конверсию 20-30% в полимеризатор № 49/3, 4,5 в виде эмульсии третдоддецилмеркаптана;

- на конверсию 35-45% в полимеризатор № 49/6-49/8 в виде эмульсии третдоддецилмеркаптана. Количество подаваемой эмульсии регулятора замеряется по приборам (поз. 8072 и 8073).

В случае резкого снижения активности процесса, вызванного попаданием различных ингибирующих примесей в систему полимеризации с сырьем, для активизации процесса допускается временная дополнительная подача раствора инициатора. Дополнительная дозировка («подпитка») раствора инициатора проводится от насоса № 54 по линии подачи эмульсии регулятора с остановом насоса № 52.

Процесс сополимеризации проходит с выделением тепла. Съем тепла реакции осуществляется через «рубашку» и внутренний змеевик, в которые подается рассол с температурой (-6) - (-8)°С. Обратный рассол пройдя сетчатый фильтр № 50, где происходит фильтрация рассола, возвращается в отделение Е-8. Температура в полимеризаторах замеряется и регулируется термометрами сопротивления в комплекте со вторичными приборами ПВ-101Э, клапаны (поз. 8026-8039) регуляторов установлены на линиях подачи прямого рассола в змеевики. Замер температуры контролируется ртутным термометром, установленным в специально оборудованный «карман» на аппарате № 49. Давление на каждой батарее регистрируется приборами типа TRCW со вторичным прибором ПВ-4-2Э или РПВ-4-2Э (поз. 6036-6041). Давление на каждом полимеризаторе замеряется техническим манометром.

Конверсия после аппаратов № 49/3,7,12 определяется лабораторией через каждые четыре часа и по требованию. Для отбора проб на линиях выхода латекса из полимеризаторов имеются пробоотборники [30,36].

Для контроля за кинетикой процесса полимеризации любая из батарей может быть контрольной, т.е. отбор проб проводится после 1-го, 3-го, 5-го, 7-го, 9-го, 12-го полимеризаторов.

По достижении установленной по технологическому режиму конверсии мономеров в латекс вводят стоппер процесса полимеризации. Линия подачи раствора стоппера подведена к обеим дроссельным линиям от мерника № 57.

Дозировка раствора стоппера в латекс производится автоматически регуляторами расхода (поз. 8050), клапаны которых установлены на линиях подачи раствора стоппера в латекс, выходящий из последнего полимеризатора каждой батареи.

Для прерывания процесса полимеризации в аппаратах № 49/9-12 имеются индивидуальные линии подачи раствора стоппера. Количество подаваемого раствора регистрируется прибором поз. 5018.

На батареях № 4 и 6 имеются аппараты-дозреватели № 59, снабженные мешалкой, предназначенные для увеличения времени стопперирования латекса [17].

#### **1.4. Получение латекса СКМС-30 АРК для безмасляных каучуков и при совместном выпуске маслonaполненных и безмасляных каучуков**

Процесс получения латекса для безмасляных каучуков аналогичен масло - наполненному ведется на батареях № 1-3 до конверсии латекса 68-72 % при температуре 4-10°C. Имеется возможность при выпуске только безмасляного каучука при необходимости подключать и другие батареи.

При совместном выпуске маслonaполненного и безмасляного каучука получение латекса для безмасляного каучука производится на батареях 1-3, а маслonaполненного каучука на батареях 4-6 или в другом сочетании в зависимости от количества вырабатываемых каучуков.

Дегазация (отгонка) незаполимеризовавшихся мономеров из латекса производится непрерывным способом на колоннах в две стадии:

первая стадия - предварительная дегазация - удаление основной массы бутадиена и вторая стадия - отгонка оставшихся мономеров с водяным паром под вакуумом.

Латекс, заправленный стоппером, из последнего полимеризатора по одной (рабочей или резервной) дроссельной линии через распределительную «гребенку» поступает в колонну № 62 на предварительную дегазацию.

Предварительная дегазация осуществляется под небольшим избыточным давлением до 0,7 кгс/см<sup>2</sup> и температуре до 50°C. В верхнюю часть колонны № 62 вместе с латексом подается увлажненной умягченной водой пар.

Расход пара регистрируется прибором (поз. 521) и регулируется вентилем на линии подачи пара в колонну № 62. Расход умягченной воды на увлажнение пара регулируется вентилем на линии подачи умягченной воды в колонну № 62, в зависимости от температуры пара.

Верхняя часть колонны № 62 представляет собой «стакан» с 3-мя пакетами, состоящими из 8 чередующихся металлических дисков и колец. Пары бутадиена из верхней части колонны № 62 направляются в каплеотбойник №63, где освобождается от увлеченных капель латекса.

Из каплеотбойника пары поступают в конденсатор № 64, охлаждаемый оборотной водой. В конденсаторе № 64 конденсируются пары воды и альфаметилстирола.

Несконденсированные в конденсаторе № 64 газы, проходят в каплеотбойник № 64а и направляются на компримирование в отделение Е-9. Конденсат из аппаратов № 64 и № 64а поступает через гидрозатвор № 99 в емкость № 88. Латекс из куба колонны № 62 и каплеотбойника № 63, освобожденный от основной массы бутадиена, насосом, № 65/1,2 подается на вторую стадию дегазации вакуумную.

Агрегат вакуумной дегазации состоит из двух колонн № 66/1 и № 66/2. Латекс поступает в верхнюю часть колонны № 66/1, куда поступают также пары из колонны № 66/2.

Латекс из куба колонны № 66/1 насосом № 65/3 подается в верхнюю часть колонны № 66/2, куда подается водяной пар, увлажненный умягченной водой. Подача пара регулируется в зависимости от заданного расхода. Клапан регулятора находится на линии подачи пара. Вакуум в кубе колонны № 66/2 поддерживается не менее 350 мм рт.ст.

Дегазированный латекс из куба колонны № 66/2 через гидравлический затвор № 69 поступает в емкость № 70/ 4,5,6, откуда насосом №71/4,5,6 через фильтр № 72 непрерывно подается в цех Е-2.

Латекс, используемый для комплектации каучука БСК-1502, принимается в емкости № 70/2,3, откуда насосом № 71/7,8 подается в емкость № 101 отделения Е-12.

В холодное время года линии для подачи латекса в Е-12 обогреваются горячей водой, подаваемой в спутники.

Пары углеводородов и вода из колонны № 66/1 ,пройдя каплеотбойник № 68, где освобождаются от механических увлеченных частиц латекса, поступают в конденсатор смешения № 75а. Латекс из каплеотбойника № 68 непрерывно поступает в линию латекса из куба колонны № 66/1

В верхнюю часть конденсатора смешения № 75а подается альфаметилстирольная вода из емкости № 88 насосом № 180.

В конденсаторе смешения № 75а из поданной в него воды, отгоняются альфаметилстирол и бутадиен за счет тепла конденсации водяных паров и тепла газов, поступающих из колонн дегазации.

Вода из конденсатора смешения № 75а через гидрозатворы № 125 и № 125а сбрасывается в химзагрязненную канализацию. Пары углеводородов и воды после конденсатора смешения № 75а проходят последовательно три конденсатора № 75,76 и № 77.

Конденсаторы № 75 и 76 охлаждаются оборотной водой, конденсатор № 77 -рассолом. После конденсаторов и капле отбойника № 77, а газы водокольцевым насосом № 84 ,за счет которого создается вакуум во всей системе отгонки, через водоотделитель № 84а и два последовательно соединенных каплеотбойника № 100/1,2 подаются в отделение Е-9 на компримирование.

В конденсаторе № 75 конденсируется в основном вода . Конденсат из конденсаторов №76,77 и каплеотбойника № 77а преимущественно состоит из альфаметилстирола. Конденсат из конденсатора № 75 поступает в отделитель № 80. Верхний альфаметилстирольный слой из отделителя № 80 поступает в отделитель № 81, куда также подается конденсат из конденсаторов № 76,77 и каплеотбойника № 77а, а нижний слой поступает в емкость альфаметилстирольной воды № 88.

Верхний альфаметилстирольный слой из отделителя № 81 поступает в емкость № 94. Нижний - водный слой из отделителя № 81 поступает в емкость № 88. Газ из отделителей № 80,81, из емкостей № 88 ,а также из фонаря на линии конденсата из гидрозатвора № 99 с увлеченными частицами

воды поступает в капле отбойник № 146, где отделяется от капелек воды. Из каплеотбойника № 146 газ поступает в гидрозатвор № 145, откуда через расширительный бачок в вакуумный коллектор от РМК № 84, а конденсат в емкость № 88. Для поддержания постоянного уровня в гидрозатвор № 145 подается умягченная вода, избыток которой перетекает в емкость № 88. Противоточная отгонная колонна работает совместно с отгонными агрегатами № 1-5.

После полимеризации латекс вначале проходит колонны № 62, 66/1, 66/2 одного из прямоточных отгонных агрегатов. В колонны № 62 и 66/2 подается водяной пар, увлажненный умягченной водой. Количество подаваемого пара в колонны № 62 и 66/2 регулируется автоматически регуляторами расхода, клапаны которых установлены на линиях подачи пара в колонны. Затем, отогнанный от бутадиена латекс из куба колонны № 66/2 насосом № 65 подается через фильтр № 61а во всасывающую линию насоса № 67, куда подается эмульсия пеногасителя насосом 45/2 из емкости № 40/1. Латекс, заправленный пеногасителем, насосом № 67 подается в верхнюю часть противоточной колонны № 66а. В куб колонны подается острый пар, который предварительно увлажняется умягченной водой. Количество пара и умягченной воды на увлажнение пара регулируется автоматически регуляторами расхода, клапаны которых установлены на линиях пара и умягченной воды в колонну № 66а. Дегазированный латекс из куба колонны № 66а поступает в емкость № 70/4, откуда подается в цех Е-2 или отделение Е-12. Латекс из емкости № 70/4 насосом № 71/4,5,6 через фильтр № 72/1,2,3 подается в емкости № I цеха Е-2. Латекс из емкости № 70/4 подается в емкость № 70/3, откуда насосом № 71/7,8 через фильтр № 72/4 подается в емкость № 101 отделения Е-12 для комплектации латекса БСК-1502.

Пары углеводородов и вода из колонны № 66а направляются в параллельно соединенные конденсаторы № 75/6, 76/6, охлаждаемые

оборотной водой. Затем несконденсированные газы из конденсаторов № 75/6,76/6 поступают в рассольный конденсатор № 77/6.

В первых по ходу газа конденсаторах № 75/6,76/6 происходит конденсация основной массы водяного пара и альфаметилстирола. В конденсаторе № 77/6 происходит окончательная конденсация альфаметилстирола и следов воды. Несконденсированные газы из конденсатора № 77/6 через каплеотбойник № 77а/6 отсасываются парожекционной установкой № 78. Конденсат из конденсаторов № 75/6 и 76/6 поступает в отделитель № 80/6, куда также поступает конденсат с конденсаторов парожекционной установки № 78. Конденсат из конденсатора № 77/6 и каплеотбойника № 77а/6 поступает в отделитель № 81/6, где происходит отстой альфаметилстирола от воды.

Верхний слой из отделителя № 80/6 поступает в отделитель № 81/6, нижний слой поступает в емкость № 88, куда поступает и нижний слой из отделителя № 81/6. Верхний слой из отделителя № 81/6 поступает в емкость № 94. Вода из емкости № 88 насосом № 180 подается в конденсаторы смещения № 75а.

Избыток промывной воды с установки отмывки углеводородной шихты - из колонны № 227,231 и № 231а - сбрасывается на отпарную колонну № 75б, где под вакуумом, создаваемым вакуум-насосом № 98, производится отгонка из воды бутадиина и альфаметилстирола. Отогнанная вода из куба колонны № 75б сбрасывается через гидрозатворы № 125б,125а в химзагрязненную канализацию, или через гидрозатвор № 83 в цех Е-2 на нейтрализацию кислых стоков, а пары углеводородов и воды направляются в конденсатор № 76б, охлаждаемый оборотной водой. Конденсат из конденсатора № 76б поступает в отделитель № 81.[1]

## 1.5 Технологический расчет процесса дегазации

### 1.5.1 Материальный и тепловой баланс

Основные положения к материальному балансу:

1. Производительность цеха 70000 т/год.

2. Скорость процесса 13 часов.

Процесс эмульсионной полимеризации дивинила с альфаметилстиролом осуществляется в окислительно-восстановительной среде при  $t=+4-12^{\circ}\text{C}$ .

3. Процент механических потерь альфаметилстирола-0,8%.

Расходный коэффициент по дивинилу - 730 -735 кг/час, по альфаметилстиролу - 220 кг/час (по проекту Гипрокаучука).

4. Соотношение у/в и водной фаз 1:2 по весу.

5. Весовое соотношение мономеров дивинила -70 , альфаметилстирола-30.

6. Процент полимеризации суммы мономеров 62-68%; при глубине полимеризации бутадиена - 65%; альфаметилстирола - 48% .

7. Рецептурные данные для эмульсионной полимеризации в окислительно-восстановительной среде от абсолютных углеводов[30,54]

Мыло «Эдискан» - 5,6 м.ч.

диспергатор Н.Ф. - 0,3 м.ч.

трилон «Б» - 0,057 м.ч.

сернокислое железо - 0,035 м.ч.

гидроперекись пинана - 0,08 м.ч.

ронгалит – 0,1 м.ч.

меркаптан - 0,25м.ч.

ДЭГА - 0,05 м.ч.

ВС-1 - 0,3 м.ч.

ИТОГО – 6,8 м.ч.

Вода - 194 м.ч.



8. Часовая производительность завода по сухому остатку каучука составляет

$$\frac{70000 \cdot 1000}{8560} = 8216 \text{ кг / час}$$

9. Количество полимера в товарном каучуке:

$$\frac{8216 \cdot (100 - 9,4)}{100} = 7444 \text{ кг / час}$$

10. Количество полимера бутадиена в товарном каучуке:

$$\frac{7444 \cdot 77}{100} = 5732 \text{ кг / час}$$

11. Количество полимера альфаметилстирола в товарном каучуке:

$$\frac{7444 \cdot 23}{100} = 1712 \text{ кг / час}$$

12. Часовой расход абсолютного бутадиена составляет:

$$8216 \cdot 0,73 = 5998 \text{ кг / час}$$

13. Часовой расход абсолютного альфаметилстирола составляет:

$$8216 \cdot 0,22 = 1808 \text{ кг / час}$$

14. Потери бутадиена:

$$5998 - 5732 = 418 \text{ кг / час}$$

15. Потери альфаметилстирола:

$$1808 - 1712 = 150 \text{ кг / час}$$

16. Количество полимера бутадиена с учетом механических потерь:

$$5732 + \frac{5998 \cdot 0,8}{100} = 5780 \text{ кг / час}$$

17. Количество полимера альфаметилстирола с учетом механических потерь:

$$1712 + \frac{1808 \cdot 0,8}{100} = 1726 \text{ кг / час}$$

18. Количество бутадиена, поступающего на полимеризацию:

$$\frac{5780 \cdot 100}{65} = 8892 \text{ кг / час}$$

19. Количество альфаметилстирола, поступающего на полимеризацию:

$$\frac{1726 \cdot 100}{48} = 3596 \text{ кг/час}$$

20. Количество абсолютных у/в, поступающего на полимеризацию:

$$8892 + 3596 = 12488 \text{ кг/час}$$

21. В рецикле находится:

$$\text{Бутадиена: } 8892 - 5998 = 2894 \text{ кг/час}$$

$$\text{Альфаметилстирола: } 3596 - 1808 = 1788 \text{ кг/час}$$

**Таблица 1 — Баланс бутадиена и альфаметилстирола [1]**

Статьи расхода	бутадиен		альфаметилстирол	
	кг/час	% вес	кг/час	% вес
1	2	3	4	5
В товарном каучуке	5732	95,4	1712	93,9
Потери:				
1. В процессе приготовления шихты	11,5	0,2		
2. За счет образования дилиров	8,82	0,15		
3. За счет образования коагулюма в полимеризации	11,5	0,2	3,44	0,2
4. За счет образования коагулюма в отгонном агрегате	17,25	0,3	5,15	0,3
5. При регенерации альфаметилстирола	8,65	0,15	36,1	2,1
6. При стравливании во время хранения мономеров	28,8	0,5	3,44	0,2
7. С серумом в цехе выделения каучука			37,8	2,2
8. Потери в цехе выделения каучука	17,25	0,3	5,15	0,3
9. Неучтенные потери в цехе полимеризации	100	1,74		
10. При ректификации бутадиен-бутиловой фракции в цехе обогащения бутадиена	31	0,54	13,75	0,8
11. Неучтенные потери в цехе обогащения бутадиена	29	0,52		
Итого:	5996	100	1817	100

**Таблица 2 — Количество и состав не дегазированного латекса поступающего на отгонку:**

Наименование	<i>кг/час</i>	<i>% вес</i>
1	2	3
Полимер бутадиена	5784,5	15
Полимер альфаметилстирола	1768,1	4,57
Мономер бутадиена	2995,4	7,76
Мономер альфаметилстирола	1851,9	4,8
Прочие у/в	259	0,67
Ингредиенты	1005	2,6
Вода	25000	64,6
Итого:	38671,62	100

Учтены потери за счет образования коагулюма в полимеризаторах:

Полимера бутадиена – 11,5 *кг/час*

Полимера альфаметилстирола – 3,44 *кг/час*

**Таблица 3 — Количество и состав латекса после предварительной дегазации**

Наименование	<i>кг/час</i>	<i>% вес</i>
1	2	3
Полимер бутадиена	5767,25	15
Полимер альфаметилстирола	1763	4,56
Мономер бутадиена	2595,4	1,54
Мономер альфаметилстирола	1851,9	4,8
Бутилены	30	0,08
Прочие у/в	112	0,29
Ингредиенты	1005	2,63
Вода	27505	71
Итого:	38629,5	100

Учтены потери за счет образования коагулюма в отгонном агрегате:

Полимера бутадиена – 17,25 *кг/час*

Полимера альфаметилстирола – 5,15 кг/час

**Таблица 4 — Количество и состав паров у/в, отходящих от процесса предварительной дегазации**

Наименование	кг/час	% вес	$\frac{\text{кг} \cdot \text{моль}}{\text{час}}$
1. бутадиен	2400	94,2	44,5
2. бутилены	117,5	4,55	2,09
3. вода	58	2,25	3,22
Итого:	2575	100	49,87

### 1.5.2 Расход пара на предварительную дегазацию

1. Тепловая нагрузка на подогрев латекса до 35<sup>0</sup>С[30]

$$38671,6 \cdot 0,9 \cdot (35-5) = 1044000 \text{ Дж/с} = \text{Вт}$$

$$Q = G_1 \cdot c_1 \cdot (t_k - t_n), \quad (1)$$

где  $G_1$  – количество не дегазированного латекса

$c_1$  – теплоемкость латекса = 0,9 кДж/кг·<sup>0</sup>С

$t_k$  – конечная температура латекса

$t_n$  – начальная температура латекса

2. Тепловая нагрузка на испарение углеводорода[54]

$$Q_2 = G_2 \cdot r \quad (2)$$

где  $G_2$  – количество у/в, отходящих от процесса предварительной дегазации

$r$  – скрытая теплота испарения углеводорода

$r = 100$  кДж/кг

$$Q_2 = 2517 \cdot 100 = 251700 \text{ кДж/час}$$

3. Суммарная тепловая нагрузка

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (3)$$

$$Q = 1044000 + 251700 = 1295700 \text{ Кдж/час}$$

4. Расход пара с учетом паров воды, уносимых углеводородами

$$D = \frac{Q}{r} + D' \quad (4)$$

где  $r$  – скрытая теплота парообразования пара, при  $P=1,5$  атм = 532 кДж/кг

$D'$  – количество паров, уносимых у/в

$$D' = 58 \text{ кг/час}$$

С учетом воды на увлажнение расход пара составляет:

$$2498 - 65 = 2433 \text{ кг/час}$$

5. Расход умягченной воды на увлажнение пара

Для насыщенного водяного пара при  $P=5,5$  кг/см<sup>2</sup> и температуре 160<sup>0</sup>С, теплосодержание составляет 658 кДж/кг.

Теплосодержание воды при  $t=25^0$ С составляет 25 кДж/кг

Расход умягченной воды на 1т пара составляет:

$$\frac{658 - 642}{642 - 25} \cdot 1000 = 26 \text{ кг / т}$$

следовательно, расход умягченной воды на предварительную дегазацию составил:

$$2498 \cdot 0,026 = 65 \text{ кг/час [1, 6, 7]}$$

### 1.5.3 Расход пара на вакуумную дегазацию

1. Тепловая нагрузка на подогрев латекса до 75<sup>0</sup>С[30]

$$Q = 38629,5 \cdot 0,9 \cdot (75 - 35) = 1390000 \text{ кДж/час}$$

2. Тепловая нагрузка на испарение углеводов[54]

$$Q_2 = G_2 \cdot r_2 \quad (5)$$

где  $G_2$  – количество у/в, отходящих от процесса вакуумной дегазации

$r_2$  – скрытая теплота парообразования у/в

$$r_2 = 100 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_2 = 2487,3 \cdot 100 = 248730 \text{ кДж/час}$$

3. Суммарная тепловая нагрузка

$$1390000 + 248730 = 1638730 \text{ кДж/час}$$

4. Расход пара с учетом износа паров воды углеводорода[54]

$$D = \frac{Q}{r} + D_1 \quad (6)$$

где  $r$  – скрытая теплота парообразования пара, при  $P=0,13$  кг/см<sup>2</sup>

$D_1$  – количество умягченной воды, уносимой водородами

$$\frac{1638730}{569} + 18400 = 21280 \text{ кг/час}$$

С учетом воды на увлажнение расход пара составит:

$$21280 - 2540 = 18740 \text{ кг/час}$$

#### 1.5.4 Расход умягченной воды на увлажнение пара

1. Теплосодержание насыщенного водяного пара при  $P_{\text{ост.}}=0,13$  кг/см<sup>2</sup> составляет 619 ккал/кг. Тогда расход воды на увлажнение 1т пара составит

$$\frac{690 - 619}{619 - 25} \cdot 1000 = 119 \text{ кг/т}$$

2. Расход умягченной воды на вакуумную дегазацию составит:

$$21280 \cdot 0,119 = 2540 \text{ кг/час}$$

3. Суммарный расход пара на предварительную и вакуумную дегазацию составит:

$$18740 + 2433 = 21173 \text{ кг/час}$$

4. Количество паров воды, уходящих с парами углеводородов:

$$x = \frac{M_n \cdot P_{\text{нас.}}}{M_z \cdot (P - P_{\text{нас.}})}$$

$$x = \frac{18 \cdot 0,393}{97 \cdot (0,4 - 0,393)} = 7,3$$

$$M_r = 54 \cdot 0,32 + 118 \cdot 0,6 = 97$$

$$X = 2575 \cdot 7,3 = 18400 \text{ кг/час (см. таб. 4)}$$

**Таблица 5 — Количество и состав латекса после вакуумной дегазации**

Наименование	кг/час	% вес
1. полимер бутадиена	5767,25	15,3
2. полимер альфаметилстирола	1763	4,7
3. мономер альфаметилстирола	102	0,09
4. ингредиенты	1005	2,6
5. примеси	6	0,03
6. вода	29080	77,1
Итого:	37723,25	100

**Таблица 6 — Количество и состав паров после вакуумной дегазации**

Наименование	кг/час	% вес	$\frac{\text{кг} \cdot \text{моль}}{\text{час}}$
1. бутадиен и его димеры	595,5	2,5	11
2. мономеры альфаметилстирола	1749	8,4	14,8
3. бутилены	30	0,1	0,54
4. прочие у/в	106	0,5	1,9
5. вода	18400	88,5	1020
Итого:	20880,4	100	1048,24

**Таблица 7 — Количество и состав паров у/в, отходящих от конденсатора смещения**

Наименование	кг/час	% вес	$\frac{\text{кг} \cdot \text{моль}}{\text{час}}$
1. бутадиены – мономер	601,8	2,91	11,5
2. мономер альфаметилстирола	1788,4	8,7	15,1
3. димер бутадиена	5,4	0,028	0,05
4. прочие углеводороды	136	0,662	2,43
5. вода	18014,02	87,7	1000
Итого:	20545,62	100	1029,08

Количество дегазированной воды отходящей от конденсатора смещения составляет: 17662,73 кг/час[30]

**Таблица 8 — Количество и состав горячего конденсата, отходящего от первого конденсатора[30]**

Наименование	<i>кг/час</i>	<i>% вес</i>
1. альфаметилстирол	17,88	0,12
2. вода	14450	99,88
Итого:	14467,88	100

**Таблица 9 — Количество и состав верхнего у/в слоя после расслоения горячего конденсата**

Наименование	<i>кг/час</i>	<i>% вес</i>
1. альфаметилстирол	7,15	1,94
2. вода	362	98,06
Итого:	369,5	100

**Таблица 10 — Количество и состав нижнего водного слоя, сливаемого в цистерну**

Наименование	<i>кг/час</i>	<i>% вес</i>
1. альфаметилстирол	10,73	0,072
2. вода	14088	99,928
Итого:	14098,73	100

**Таблица 11 — Количество и состав паров, поступающих во второй конденсатор**

Наименование	<i>кг/час</i>	<i>% вес</i>	$\frac{\text{кг} \cdot \text{моль}}{\text{час}}$
1. бутadiен	601,8	9,9	11,2
2. димер бутadiена	5,4	0,09	0,05
3. альфаметилстирол	1770,52	29,1	15
4. прочие углеводороды	136	2,21	2,53
5. вода	3564	58,7	192
Итого:	6077,72	100	226,78



**Таблица 12 — Количество и состав конденсата, отходящего от второго и третьего конденсатора**

Наименование	<i>кг/час</i>	<i>% вес</i>
1. бутадиен	0,9	0,017
2. димер бутадиена	5,4	0,123
3. альфаметилстирол	1650	30,82
4. прочие углеводороды	116	2,54
5. вода	3564	66,5
Итого:	5336,3	100

**Таблица 13 — Количество и состав паров, отходящего третьего конденсатора**

Наименование	<i>кг/час</i>	<i>% вес</i>	$\frac{\text{кг} \cdot \text{моль}}{\text{час}}$
1. бутадиен	600,9	81	11,1
2. альфаметилстирол	120,52	16,3	1,02
3. прочие углеводороды	20	2,7	0,36
Итого:	741,42	100	12,48

**Таблица 14 — Количество и состав паров бутадиена, отходящих из вакуум-насосов**

Наименование	<i>кг/час</i>	<i>% вес</i>	$\frac{\text{кг} \cdot \text{моль}}{\text{час}}$
1. бутадиен	3000,9	90,5	55,6
2. альфаметилстирол	120,52	3,64	1,02
3. прочие углеводороды	20	2,7	2,36
4. вода	58	1,72	3,22
Итого:	3199,42	100	62,2

**Таблица 15 — Количество и состав верхнего углеводородного слоя, поступающего на дистилляцию**

Наименование	<i>кг/час</i>	<i>% вес</i>
1. бутадиен	0,54	0,03
2. альфаметилстирол	1620	93,1
3. димер бутадиена	5,4	0,3
4. прочие углеводороды	114	6,57
Итого:	1739,94	100

**Таблица 16 — Количество и состав нижнего водного слоя**

Наименование	<i>кг/час</i>	<i>% вес</i>
1. бутадиен	0,36	0,01
2. альфаметилстирол	30	0,83
3. димер бутадиена	2,0	0,06
4. прочие углеводороды	3564	99,1
Итого:	3596,36	100

**Таблица 17 — Количество и состав альфаметилстирола-дистиллята**

Наименование	<i>кг/час</i>	<i>% вес</i>
1. альфаметилстирол	1611,4	93,5
2. прочие углеводороды	110	6,5
Итого:	1721,4	100

Учтены потери: альфаметилстирола – 8,6 кг/час

димер бутадиена – 5,4 кг/час

прочие углеводороды – 4,54 кг/час

**Таблица 18 — Количество и состав воды, поступающей в конденсаторы смещения**

Наименование	<i>кг/час</i>	<i>% вес</i>
1. бутадиен	0,36	0,002
2. альфаметилстирол	40,73	0,23
3. прочие углеводороды	2	0,011
4. вода	17662,73	99,757
Итого:	17705,82	100

**Таблица 19 — Баланс дивинила и альфаметилстирола после отгонки мономеров**

Приход		расход	
наименование	<i>кг/час</i>	наименование	<i>кг/час</i>
1	2	3	4
1. полимер бутадиена	5784,5	1. полимер бутадиена	5767,25
2. полимер альфаметилстирола	1768,1	2. полимер альфаметилстирола	1763
3. мономер бутадиена	2995,4	3. мономер бутадиена	2982,6
4. полимер альфаметилстирола	1851,9	4. полимер альфаметилстирола	1611,4
5. димер бутадиена	7,72	5. димер бутадиена	7,72
6. прочие углеводороды	259	6. прочие углеводороды	259
7. ингредиенты	1005	7. ингредиенты	1005
8. вода	47538	8. вода	47531
		9. учтены потери:	
		а) бутадиен-полимера	17,25
		б) альфаметилстирол-полимера	5,1
		в) бутадиен-мономера	12,8
		г) альфаметилстирол-мономера	200,5
Итого:	61209,62	Итого:	61162,62

## 1.6 Технологический расчет и выбор оборудования

### 1.6.1 Отгонная колонна 66/2

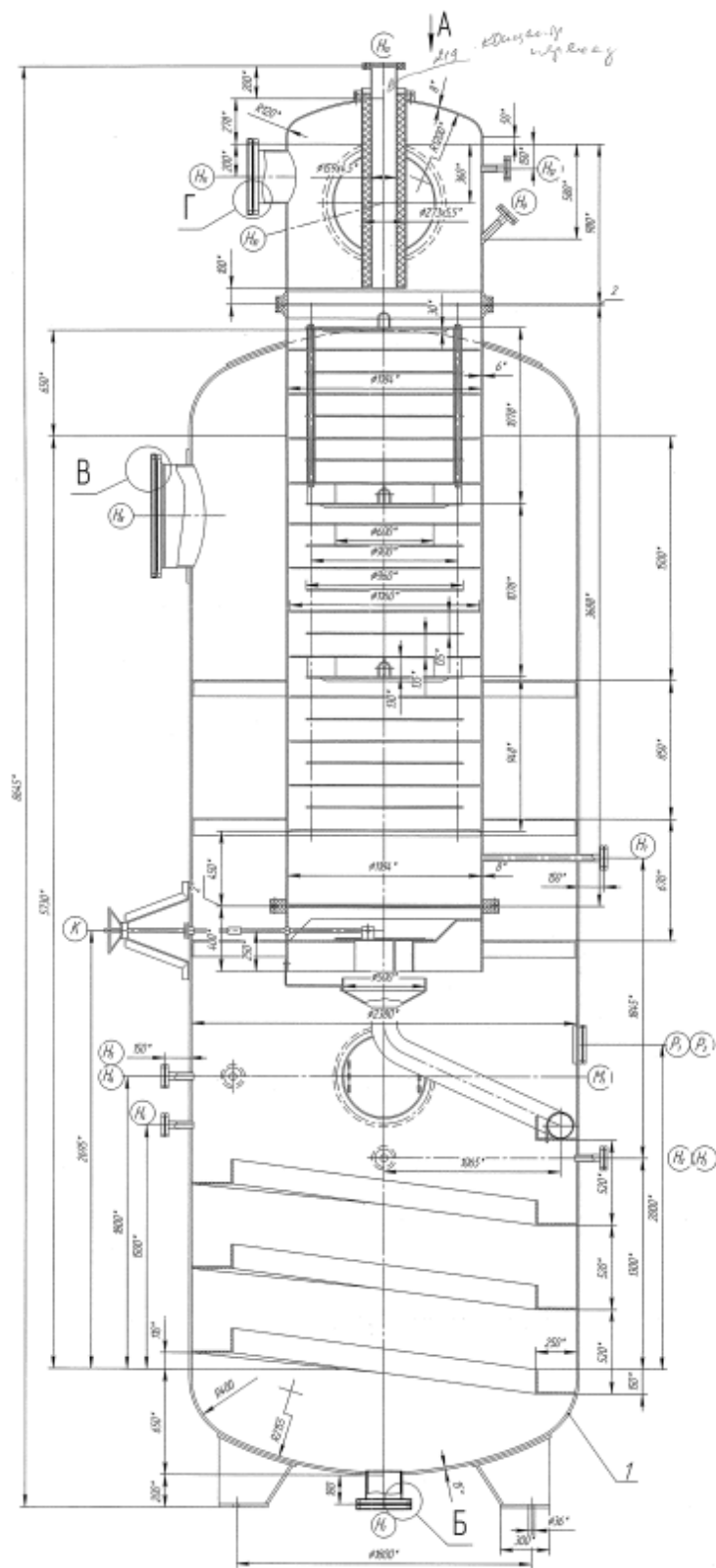
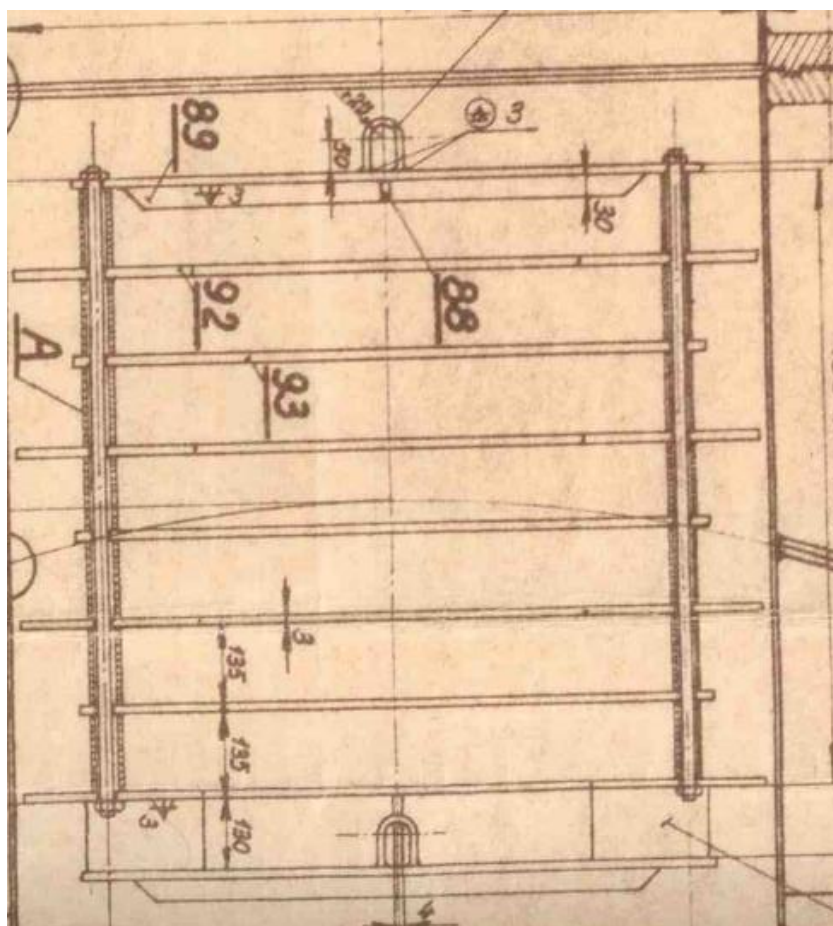


Рисунок- 1

Отгонная колонна 66/2 -



**Рисунок - 2 Пакеты в верхней части колонны -**

Режим работы колонны:

$$t = +75^{\circ}\text{C} - +88^{\circ}\text{C}$$

$$P = - 0,7 \text{ кг/см}^2 = - 0,07 \text{ Мпа}$$

Производительность колонны такова, что обеспечивает работу двух полимеризационных батарей (по данным завода ООО «ТК»).[30,36]

#### 1. Тепловая нагрузка

Тепловая нагрузка от процесса предварительной дегазации составляет 1638730 кДж/час. Расход умягченной воды на увлажнение пара составляет 2540 кг/час (табл. матер. баланса) количество паров углеводородов, отходящих от процесса вакуумной дегазации составляет 20880,4 кг/час или 1048,24 кг·моль/час.[1]

Объем паров, уходящих из колонны предварительной дегазации:

$$V = \frac{G}{M} \cdot 22,4 \cdot \left( \frac{273 + t}{273} \right) \cdot \frac{760}{P}$$

где G – количество отогнанных паров [36]

$\mu$  – молекулярный вес каждого компонента

P – давление в аппарате

$$V = \left( \frac{596}{54} + \frac{30}{56} + \frac{1840}{18} + \frac{1750}{118} \right) \cdot 22,4 \cdot \frac{273 + 75}{273} \cdot \frac{760}{550} = 2569,5 \text{ м}^3 / \text{час}$$

## 2. Конструктивный расчет колонны

Определение диаметра колонны

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{сек}}{\pi \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2569,5}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,2}} = 2,13 \text{ м}$$

Принимаем D = 2400 мм

расчет объема куба, исходя из 15 минутного запаса

$$V_{лам} = \frac{38629,5}{950} = 40,7 \text{ м}^3 / \text{час}$$

где 38629,5 кг/час – количество латекса (см. табл. 8)

$$V_{куба} = \frac{40,7 \cdot 15}{60} = 10,2 \text{ м}^3$$

$$H_{куба} = \frac{V}{d^2 \cdot 0,785} = \frac{10,2}{5,76 \cdot 0,785} = 2,26 \text{ м}$$

Устанавливается 5 отгонных агрегатов, из них один резервный.

$$D_{общ} = 1200/2400 \text{ мм}$$

$$H_{общ} = 8625 \text{ мм}$$

$$P_{расч} = 2,5 \text{ кг/см}^2$$

Материал колонны – сталь 3

Колонна оборудована четырьмя пакетами из восьми чередующихся дисков и колец. [18]

## 3. Расчет толщины стенки обечайки

$$S_R = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \sigma \cdot \varphi - p}$$

$$S \geq S_R + c$$

$$\sigma = h \cdot \sigma = 1,00 \cdot 140 = 140 \text{ МПа}$$

$$\varphi = l : c_l = 1 \text{ мм}$$

$$S_R = \frac{0,7 \cdot 2400}{2 \cdot 140 \cdot 1 - 0,7}$$

$$S \geq 6 + 1 = 7 \text{ мм}$$

$$S = 7 \text{ мм}$$

Проверка:

$$1. \frac{7-1}{2400} \leq 0,1 \Rightarrow 0,003 \leq 0,1$$

$$2. \sigma = \frac{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_1 \cdot (s-c)}{D + (s-c)} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 140 \cdot 6}{2400 + 6} = 0,7 \text{ МПа}$$

Вывод: принимаем толщину обечайки 8 мм.

4. Расчет толщины днища

$$S_{1R} = \frac{\rho \cdot R}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_1 - 0,5 \rho} \text{ мм}$$

$$S_1 \geq S_{1R} + c$$

$$S_{1R} = \frac{0,7 \cdot 2400}{2 \cdot 140 \cdot 1 - 0,5 \cdot 0,7} = 6 \text{ мм}$$

$$S_1 \geq 6 + 1 = 7 \text{ мм}$$

$$S_1 = 7 \text{ мм}$$

Проверка:

$$\sigma = \frac{2 \cdot \sigma_1 \cdot c \cdot \varphi}{R + 0,5 \cdot \sigma_1 \cdot c} = \frac{2(7-1) \cdot 1 \cdot 140}{2400 + 0,5(7-1)} = 0,7 \text{ МПа}$$

Вывод: принимаем толщину днища 8 мм. [22]

5. Определение диаметра патрубков штуцеров

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot \omega}}$$

где V – объем газа или жидкости, м<sup>3</sup>/с

ω – скорость движения газов или жидкостей

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

где R – постоянная величина = 8314

T – температура в °C

$M$  – молекулярная масса

$$P_{\text{пара}} = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 18}{8134 \cdot 323} = 1,13 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$P_{\text{паровбутадиена}} = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 56}{8134 \cdot 323} = 4,17 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$P_{\text{латекса}} = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 74}{8134 \cdot 323} = 5,5 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$V_{\text{пара}} = \frac{31629}{3600 \cdot 1,13} = 7,8 \text{ м}^3 / \text{с} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{7,8}{0,785 \cdot 15}} = 0,66 \text{ м}$$

$$V_{\text{паровбутадиена}} = \frac{8787,62}{3600 \cdot 4,17} = 0,59 \text{ м}^3 / \text{с} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{0,59}{0,785 \cdot 15}} = 0,05 \text{ м}$$

$$V_{\text{латекса}} = \frac{38671,62}{3600 \cdot 5,5} = 1,95 \text{ м}^3 / \text{с} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{1,59}{0,785 \cdot 3}} = 0,828 \text{ м}$$

Принимаем

$$D_{\text{пара}} = 150 \text{ мм}$$

$$L = 105 \text{ мм}$$

$$D_{\text{паровбутадиена}} = 100 \text{ мм}$$

$$L = 90 \text{ мм}$$

$$D_{\text{латекса}} = 150 \text{ мм}$$

$$L = 105 \text{ мм}$$

Принимаем люки – лазы  $D = 500$  мм

Лапы для дегазатора принимаем по справочнику Лацинского А.А., Толчинского.[18]

### 1.6.2 Конденсатор

Назначение – охлаждение паров бутадиена и частичная конденсация паров воды и альфаметилстирола.

Режим работы холодильника:

$t$  паров поступающих на охлаждение =  $50^\circ\text{C}$

$t$  паров после охлаждения =  $20^\circ\text{C}$

охлаждение ведется оборотной водой с начальной  $t = 7^\circ\text{C}$ , конечная  $t$  воды =  $12^\circ\text{C}$ .



Количество паров поступающих в холодильник 2063,4 кг/час или 39,87 кг·моль/час.[11]

В том числе количество паров воды составит 49 кг/час или 2,72 кг·моль/час.

Упругость парооборотной воды при 20 °С составит 17,39 мм рт.ст., количество паров воды, уносимых парами углеводородов.

$$\frac{39,87 - 2,72 \cdot 17,39}{760 - 17,39} = 0,87 \frac{\text{кг} \cdot \text{моль}}{\text{час}}$$

Количество сконденсированных паров составит:

$$2,72 - 0,87 = 1,85 \frac{\text{кг} \cdot \text{моль}}{\text{час}} \quad \text{или} \quad 1,85 \cdot 18 = 33,3 \text{ кг} / \text{час}$$

Тепловой расчет

1. Тепловая нагрузка от конденсации паров воды

$$33,3 \cdot 539,4 = 17800 \text{ кДж/час},$$

где 539,4 кДж/кг – температура конденсации паров воды, тепло от охлаждаемых паров углеводородов

$$\frac{1877,05 + 137,4}{3600} \cdot 0,51 \cdot (60 - 20) = 308 \text{ кДж/час},$$

2. Суммарная тепловая нагрузка на конденсатор

$$17800 + 30800 = 48600 \text{ кДж/час}$$

3. Расход оборотной воды:

$$\frac{48600}{10000 \cdot (2 - 7)} = 9,7 \text{ мм}^3 / \text{час}$$

4. Средняя разность температур:

$$\begin{array}{l} 50 \rightarrow 20 \\ 12 \rightarrow 7 \end{array} \quad \Delta t = \frac{38 - 13}{2,3 \lg \frac{38}{13}} = 23,4^\circ \text{C}$$

5. Коэффициент теплоотдачи К принимаем равным 46  $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C} \cdot \text{час}}$ , тогда

необходимая поверхность теплообмена

$$F = \frac{48600}{23,4 \cdot 40} = 52 \text{ м}^2.$$

Зная, что  $\alpha_1 = 68 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{град}}; \alpha_2 = 2980 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{град}}$  [11]

6. Находим общий коэффициент теплопередачи

$$K = \frac{1}{\frac{1}{68} + \frac{1}{2980} + \frac{0,003}{46}} = 66 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{град}}$$

Принятый коэффициент теплопередачи составляет 76 % расчетного.

7. Конструктивный расчет

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{сек}}}{\pi \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 882}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,2}} = 1,25 \text{ м}$$

Принимаем:  $D = 1200 \text{ мм}$

$H = 2915 \text{ мм}$

$P_{\text{в тр.пр.}} = 2,5 \text{ кг/см}^2$

$P_{\text{в мтр.пр.}} = 4 \text{ кг/см}^2$

Аппарат кожухо-трубный с жестко закрепленными решетками. Трубки крепятся в трубной решетке развальцовкой с их отбортовкой. [11]

8. Расчет толщины стенки обечайки

$$S_R = \frac{P \cdot D}{2 \cdot \sigma \cdot \varphi - P} \quad S_R = \frac{2,5 \cdot 1200}{2 \cdot 140 \cdot 1 - 2,5} = 11 \text{ мм}$$

$$S \geq S_R + c \quad S \geq 11 + 1 = 12 \text{ мм}$$

$$\sigma = h \cdot \sigma = 1,00 \cdot 140 = 140 \text{ МПа} \quad S = 12 \text{ мм}$$

$$\varphi = 1 \quad c = 1$$

Проверка: 1)  $\frac{12-1}{1200} \leq 0,1 \quad 0,09 \leq 0,1$

$$2) \sigma = \frac{2 \cdot \varphi \cdot \sigma \cdot (S - c)}{D + (S - c)} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 140 \cdot 11}{1200 + 11} = 2,5 \text{ МПа}$$

Вывод: принимаем толщину днища и крышки 12 мм, высота выпуклой части  $h = 192 \text{ мм}$ . [22]

9. Теплотехнический расчет

$$S_{\text{тр.пр-во}} = \frac{G}{W}$$

$$W = 2 \div 20 \frac{\text{кВт}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$$

G – количество паров бутадиена м<sup>3</sup>/с

$$S_{mp.np} = \frac{0,59}{2} = 0,3 м^2$$

$$d_{mp.} 38 \cdot 2,5 мм$$

$$S_{1mp.} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,034^2}{4} = 0,017 м^2$$

$$n = \frac{S_{mp.np.}}{S_{1mp.}} = \frac{0,3}{0,017} = 18 \text{ трубок}$$

$$S_{м.мп.} = \frac{\pi}{4} \cdot \left( D^2 - n \cdot d_n^2 \right) = \frac{3,14}{4} \left( 2^2 - 18 \cdot 0,038^2 \right) = 1,11 м^2$$

10. Находим длину труб:

$$l = \frac{F}{\pi \cdot d_{внутр} \cdot n} = \frac{52}{3,14 \cdot 0,034 \cdot 18} = 2,7 м$$

11. Определение диаметров патрубков штуцеров

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot \omega}} мм$$

В аппарате 4 штуцера:

1. штуцер входа паров углеводородов
2. штуцер выхода паров воды и альфаметилстирола
3. штуцер входа оборотной воды в межтрубное пространство
4. штуцер выхода оборотной воды из холодильника

$$V = \frac{G}{\rho} м^3 / с$$

$$\rho = \frac{P \cdot M}{R \cdot T} кг / м^3$$

где R = 8314 – постоянная величина

T – температура в °К

M – молекулярная масса

$$\rho_1 = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 18}{8314 \cdot 323} = 1,34 кг / м^3$$

$$\rho_2 = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 18}{8314 \cdot 293} = 1,48 кг / м^3$$

$$\rho_3 = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 18}{8314 \cdot 280} = 1,55 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$\rho_4 = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 18}{8314 \cdot 285} = 1,52 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$V_1 = \frac{2063,4}{3600 \cdot 1,34} = 0,43 \text{ м}^3 / \text{с} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{0,43}{0,785 \cdot 15}} = 0,19 \text{ м}$$

$$V_2 = \frac{15,66}{3600 \cdot 1,48} = 0,0029 \text{ м}^3 / \text{с} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{0,0029}{0,785 \cdot 15}} = 0,016 \text{ м}$$

$$V_3 = \frac{9,7}{3600 \cdot 1,55} = 0,0017 \text{ м}^3 / \text{с} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{0,0017}{0,785 \cdot 3}} = 0,027 \text{ м}$$

$$V_4 = \frac{9,7}{3600 \cdot 1,52} = 0,0018 \text{ м}^3 / \text{с} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{0,0018}{0,785 \cdot 3}} = 0,028 \text{ м}$$

Принимаем:  $D_1 = 200 \text{ мм}$                        $L = 219 \text{ мм}$

$D_2 = 100 \text{ мм}$                        $L = 121 \text{ мм}$

$D_3 = 200 \text{ мм}$                        $L = 146 \text{ мм}$

$D_4 = 200 \text{ мм}$                        $L = 146 \text{ мм}$  [24]

## 1.7 Охрана труда и противопожарная защита

В интересах настоящего и будущих поколений в РСФСР принимаются необходимые меры для охраны и научно обоснованного, рационального использования земли и ее недр, водных ресурсов, растительного и животного мира, для сохранения в чистоте воздуха и воды, обеспечения воспроизводства природных богатств и улучшения окружающей человека среды. В цехе дегазации латекса перерабатываются огневзрывоопасные продукты, поэтому отделение является огневзрывоопасным и относится к категории "А".

Характеристика по огне-взрывоопасности

1. Бутадиен 1,3 - горючий и взрывоопасный сжиженный газ, наркотического и раздражающего действия, тяжелее воздуха в 1,87 раза. Температура кипения - 4,5°C при 750 мм рт. ст., температура вспышки -40°C,

температура самовоспламенения 430°C. Жидкий дивинил представляет собой бесцветную, прозрачную, легкоподвижную жидкость. Горит коптящим пламенем, пределы взрываемости в смеси с воздухом 2,5 -11% объемных. Предельно -допустимая концентрация паров дивинила в воздухе рабочих помещений по санитарным нормам 0,1 мг/л для защиты органов дыхания при возникновении загазованности пользоваться фильтрующим противогазом марки "А" или "М".

2. Альфаметилстирол - легковоспламеняющаяся бесцветная или слегка желтоватая жидкость со специфическим запахом. Температура кипения 161°C, температура вспышки 38°C , температура самовоспламенения 485°C, удельный вес 0,91 гр/см, горит коптящим пламенем.

Пределы взрываемости паров альфаметилстирола в смеси с воздухом 0,85 -3,4% объемных. При разливе альфаметилстирола необходимо засыпать его песком, песок собрать и отнести в специально отведенное место. Предельно -допустимая концентрация паров альфаметилстирола в воздухе рабочих помещений по санитарным нормам 0,005 мг/л. Для защиты органов дыхания при возникновении загазованности пользоваться противогазом марки "А" или "М".

3. Латекс - до отгонного агрегата содержит в себе значительное количество бутадиена и альфаметилстирола поэтому является огнезрывоопасным продуктом. Перерабатываемые в отделении продукты оказывают токсическое действие на организм человека при длительном контакте с ними и особенно альфаметилстирол, поэтому условия труда в отделении относятся к категории особо - вредных. Применение открытого огня, зажигательных средств и переносных электро приборов в отделении не допускается. Соблюдение правил техники безопасности и пожарной профилактики при работе отделения отгонки для всех работников обязательно. За невыполнение и нарушение инструкции по технике безопасности виновные несут ответственность в административном и

судебном порядке в соответствии с правилами трудового внутреннего распорядка и статьи №140 " Уголовного кодекса РСФСР".

#### Общие указания по технике безопасности

1. Каждый ремонт проводится только по специальному распоряжению начальника отделения. До начала проведения ремонтных работ должен оформляться наряд-допуск в соответствии с общезаводской инструкцией "По организации и безопасному производству ремонтных работ на ООО ТК".

2. Все ремонтные работы, проводимые в отделении слесарями ремонтниками, должны проводиться после согласования с начальником работающей смены и уведомления аппаратчика, на рабочем месте которого будут проводиться работы.

3. При всех ремонтных работах во всех отделениях нужно применять специальный неискрящий инструмент (бронзовый, луженый). В исключительных случаях разрешается работать инструментом из черного металла, густо смазанным солидолом, на что должно быть письменное разрешение начальника цеха.

4. При работах на высоте необходимо, во избежание падения пользоваться специальным поясом с веревкой, закрепляя ее за надежные конструкции. При этом рабочий, выполняющий работу, должен находиться на надежной лестнице, лесах или площадке.

5. Рабочие допускаются к ремонту только после специального инструктажа и снабжения соответствующим инструментом и средствами защиты.

6. Запрещается ходить и становиться на барьеры площадок, на трубопроводы, ограждения, на конструкции и перекрытия, не предназначенные для хождения.

7. Запрещается производить обтирку или смазку вращающихся или движущихся механизмов на ходу, а также прикасаться к движущимся механизмам.

8. Запрещается снимать при работе механизмов защитные приспособления и ограждения с движущихся частей механизмов.

9. Канализационные лотки и канавы должны регулярно чиститься от осадков при обильном орошении водой

10. Жидкость ПМС -200 А - бесцветная жидкость, не токсична, химически инертна.

11. Продукт ОП-10 - прозрачная жидкость, при попадании на кожу вызывает дерматит, при попадании в глаза - конъюнктивит. Продукт ОП -10- пожароопасная жидкость.

12. Диэтилгидроксиламин (ДЭГА) - коричневая жидкость с характерным запахом, мало токсична. ДСИ - горючая жидкость.

13. Третичный додецилмеркоптан (ДДМ) - прозрачная жидкость от бесцветного до бледно-желтого цвета, с ярко выраженным неприятным запахом. При длительном контакте с кожей вызывает дерматит, угнетающе действует на центральную нервную систему.

14. Рассол -водный раствор хлористого кальция. Рассол представляет собой прозрачную светло-желтую жидкость с сильным горьким вкусом. При попадании на кожу может вызывать раздражение.[45,30]

## 1.8 Экологическая безопасность производства бутадиен-альфаметилстирольных каучуков

Таблица 20 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу[30]

Наименование источника	Образование выбросов			Условия ликвидации обезвреживания, утилизации	Периодичность выбросов
	По видам	Т/год	Максимально допустимая норма г/сек		
ВС – 1	Бутадиен	0,564	0,028	рассеивание	постоянно
	Альфаметилстирол	0,061	0,005		
ВС – 2	Бутадиен	2,384	0,129	рассеивание	постоянно
	Альфаметилстирол	0,242	0,012		
ВС – 3	Бутадиен	0,596	0,052	рассеивание	постоянно
	Альфаметилстирол	0,081	0,006		
ВС – 4	Бутадиен	1,724	0,542	рассеивание	постоянно
	Альфаметилстирол	0,302	0,016		

ВС – 12	Бугадиен	0,574	0,187	рассеивание	постоянно
	Альфафаметилстирол	0,151	0,014		
ВС – 21	Бугадиен	2,601	0,286	рассеивание	постоянно
	Альфафаметилстирол	0,151	0,014		

**Таблица 21 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу[30]**

Наименование источника	Компонент выброса	Характеристика источника			С <sub>м</sub>	ПДК
		Н	Д	V <sub>1</sub> м <sup>3</sup> /с		
ВС – 1	Бугадиен	30	0,35	1 м <sup>3</sup> /с	0,0011	0,028
	Альфафаметилстирол				0,006	0,005
ВС – 2	Бугадиен	30	0,56	5 м <sup>3</sup> /с	0,009	0,129
	Альфафаметилстирол				0,0009	0,012
ВС – 3	Бугадиен	30	0,56	5 м <sup>3</sup> /с	0,003	0,052
	Альфафаметилстирол				0,0004	0,006
ВС – 4	Бугадиен	30	0,56	5 м <sup>3</sup> /с	0,04	0,542
	Альфафаметилстирол				0,0012	0,016
ВС – 12	Бугадиен	30	0,56	5 м <sup>3</sup> /с	0,03	0,183
	Альфафаметилстирол				0,001	0,014



## ГЛАВА 2. МОДЕРНИЗАЦИЯ УЗЛА ДЕГАЗАЦИИ. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ.

### 2.1 Краткая характеристика сравниваемых вариантов

**Таблица 23 — Характеристика сравниваемых вариантов**

Краткая характеристика базового варианта	Краткая характеристика проектного варианта	Изменяющиеся показатели
Колонна вакуумной дегазации с 3 пакетами	Колонна вакуумной дегазации с 4 пакетами	Увеличение производительности колонны, снижение остаточного мономера альфаметилстирола, улучшение свойств каучука, продолжительность работы колонны

Расчет годовой производительности

$$M = Q_{\text{ч}} \cdot T_{\text{эф}}$$

где  $Q_{\text{ч}}$  – часовая производительность колонны;

$T_{\text{эф}}$  – эффективное время;

$\text{п}$  – проектный вариант;

$\text{б}$  – базовый вариант.

$$M^{\text{б}} = 4 \cdot 8160 = 32640$$

$$M^{\text{п}} = 9,42 \cdot 8160 = 76867,2$$

**Таблица 24 — Сравнение вариантов**

Показатели	Количество	
	Базовый вариант	Проектный вариант
Календарная продолжительность года (суток)	365	365
Эффективное время работы оборудования (суток)	340	340
Простои оборудования	25	25
Эффективное время работы оборудования (час)	8160	8160
Часовая производительность, т/ч	8,6	-
Годовая производственная мощность, т/год	70000	-

## 2.2.1 Расчет капитальных вложений

Так как производится модернизация существующей колонны то:

$$K_{\text{мод}} = C_{\text{вв}} - C_{\text{анул}} + (P_{\text{сб}} + P_{\text{дем}}) \cdot K_{\text{нак}}$$

$$K_{\text{мод}} = 1204500 - 365600 + (3457770 + 1383108) \cdot 1,5 = 8100217$$

где  $K_{\text{мод}}$  – капитальные вложения при модернизации, руб.;

$C_{\text{вв}}$  – стоимость покупки или изготовление вновь вводимых узлов и деталей, 1204500 руб.;

$C_{\text{анул}}$  – стоимость аннулированных узлов и деталей по цене металлолома, 365600 руб.;

$P_{\text{сб}}$  – расходы на сборку и монтаж, руб.;

$P_{\text{дем}}$  – расходы на демонтаж, руб.;

$K_{\text{нак}}$  – коэффициент накладных расходов,  $K_{\text{нак}} = 1,5$ . [50,51]

## 2.2.2. Расходы на сборку и монтаж

$$P_{\text{сб}} = T_{\text{сб}} \cdot T_{\text{ср.ч}} \cdot n \cdot (1 + K_{\text{пр}}) \cdot K_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \cdot K_{\text{с}}$$

$$P_{\text{сб}} = 120 \cdot 20,09 \cdot 12 \cdot (1 + 50) \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,395 = 3457770 \text{ руб}$$

где  $T_{\text{сб}}$  – трудоемкость сборки и монтажа оборудования,  $T_{\text{сб}} = 120$  ч;

$T_{\text{ср.ч}}$  – среднечасовая тарифная ставка ремонтных рабочих,  $T_{\text{ср.ч}} = 20,09$  руб.;

$n$  – количество ремонтных рабочих,  $n = 12$  чел.;

$K_{\text{пр}}$  – коэффициент премиальных доплат,  $K_{\text{пр}} = 50$  %;

$K_{\text{н}}$  – коэффициент доплат в ночное время,  $K_{\text{н}} = 1,2$ ;

$K_{\text{доп}}$  – коэффициент доплат,  $K_{\text{доп}} = 1,4$ ;

$K_{\text{с}}$  – коэффициент отчисления на соц. Страхование,  $K_{\text{с}} = 1,395$ . [52]

### 2.2.3. Расходы на демонтаж

$$P_{дем} = T_{дем} \cdot T_{ср.ч} \cdot n \cdot (1 + K_{пр}) \cdot K_n \cdot K_{дон} \cdot K_c$$

$$P_{сб} = 48 \cdot 20,09 \cdot 12 \cdot (1 + 50) \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,395 = 1383108 \text{ руб}$$

где  $T_{дем}$  – трудоемкость демонтажа оборудования,  $T_{дем} = 48$  ч.[52]

## 2.3 Расчет себестоимости продукции. Расчет расхода сырья и энергоносителей

Таблица 25 — Базовый вариант

Название ресурса	Единица измерения	Норма расхода	Цена	Сумма, руб.
Дивинильная фракция	т	1,067	5270	5623,09
Вода оборотная	м <sup>3</sup>	74,8	0,29	21,692
Пар	т	0,3	248,41	48,266
Электроэнергия	кВт/ч	480	0,72	345,6
ВСЕГО:				6038,648

Таблица 26 — Проектный вариант

Название ресурса	Единица измерения	Норма расхода	Цена	Сумма, руб.
Дивинильная фракция	т	1,067	5270	5623,09
Вода оборотная	м <sup>3</sup>	74,8	0,29	21,692
Пар	т	0,3	248,41	48,266
Электроэнергия	кВт/ч	480	0,72	345,6
ВСЕГО:				6038,648

Расчет по заработной плате основных производственных рабочих.

1. Основная заработная плата на 1 тонну продукции:

базовый

$$\frac{Z_{осн}}{M^б} = \frac{1343025,8}{32640} = 41,14662 \text{ руб.}$$

проектный

$$\frac{З_{осн}}{M^n} = \frac{1343025,8}{76867,2} = 17,47203 \text{ руб.}$$

2.Дополнительная заработная плата на 1 тонну продукции:

базовый

$$\frac{З_{доп}}{M^б} = \frac{505232,7}{32640} = 15,47894 \text{ руб.}$$

проектный

$$\frac{З_{доп}}{M^n} = \frac{505232,7}{76867,2} = 6,5728 \text{ руб.}$$

3.Отчисления на соц. страхование на 1 тонну продукции:

базовый

$$\frac{O_c}{M^б} = \frac{730062,1}{32640} = 22,3671 \text{ руб.}$$

проектный

$$\frac{O_c}{M^n} = \frac{730062,1}{76867,2} = 9,497706 \text{ руб. [50,52]}$$

**Таблица 27 — Расчет расходов на содержание и эксплуатацию оборудования**

Наименование статей расхода	Сумма, руб.	
	Базовый	Проектный
1. Амортизация оборудования	295000	295000
2. Текущий ремонт и содержание оборудования	2436923,1	2436923,1
3. Износ и восстановление инструмента	17700	17700
4. Прочие расходы	2950	2950
ИТОГО:	2752573,1	2752573,1

1. Амортизация оборудования равна 295000 руб. по данным базового предприятия

2. Текущий ремонт и содержание оборудования

$$806033,1 + 1630890 = 2436923,1 \text{ руб.}$$

Текущий ремонт и содержание оборудования, учитывает заработную плату (основную и дополнительную) вместе с отчислениями на соц. страхование рабочих по ремонту

$$577801,5 + 228231,6 = 806033,1 \text{ руб.}$$

и содержанию оборудования (ремонтный и дежурный персонал цеха)

$$577801,5 + 228231,6 + 591295,3 + 233561,6 = 1630890 \text{ руб.}$$

3. Износ и восстановление инструмента, приспособлений – 6 % от амортизации оборудования

$$295000 \cdot 6 / 100 = 17700 \text{ руб.}$$

4. Прочие расходы – 1 % от амортизации оборудования

$$295000 \cdot 1 / 100 = 2950 \text{ руб.}$$

Затраты на 1 тонну продукции

базовый

$$\mathcal{E}_{\text{ксп.на.1.тонну}} = \frac{\Sigma_{\text{затрат}}}{M^{\text{б}}} = \frac{2752573,1}{32640} = 84,33 \text{ руб}$$

проектный

$$\mathcal{E}_{\text{ксп.на.1.тонну}} = \frac{\Sigma_{\text{затрат}}}{M^{\text{п}}} = \frac{2752573,1}{76867,2} = 35,08 \text{ руб}$$

**Таблица 28 — Расчет цеховых расходов**

Наименование статей расхода	Сумма, руб.
1. содержание цехового персонала	1829626,2
2. амортизация зданий	64700
3. содержание зданий	194100
4. затраты на рационализацию, опыты, исследования	9148,1
5. затраты на охрану труда	461357,8
6. прочие расходы	12794,7
ИТОГО:	2571726,8

1. статья 1 «содержание цехового персонала» включает заработную плату и отчисления на страхование ИТР и вспомогательных рабочих цеха:

$$1227460 + 484846,7 + 84100 + 33219,5 = 1829626,2 \text{ руб.}$$

2. статья 2 «амортизация зданий» - 64700 руб. по данным базового предприятия;

3. статья 3 «содержание зданий» - 194100 руб. по данным базового предприятия;

4. статья 4 «затраты на рационализацию, опыты, исследования» - 0,5 % от содержания цехового персонала:

$$1829626,2 \cdot 0,5 / 100 = 9148,1 \text{ руб.}$$

5. статья 5 «затраты на охрану труда» - 15 % от зарплаты всех работающих:

$$(1848258,5 + 1227460) \cdot 15 / 100 = 461357,8 \text{ руб.}$$

6. статья 6 «прочие расходы» - 0,5 % от суммы расходов по статьям 1 – 5:

$$(1829626,2 + 64700 + 194100 + 9148,1 + 461357,8) \cdot 0,5 / 100 = 12794,7 \text{ руб. [50,52]}$$

Затраты на 1 тонну продукции:

базовый

$$H_{ц.на.1.тонну} = \frac{\Sigma_{затрат}}{M^б} = \frac{2571726,8}{32640} = 78,8 \text{ руб}$$

проектный

$$H_{ц.на.1.тонну} = \frac{\Sigma_{затрат}}{M^n} = \frac{2571726,8}{76867,2} = 33,46 \text{ руб}$$

## 2.4 Сравнительный анализ себестоимости 1 тонны продукции базового и проектного вариантов

Таблица 29 — Сравнение себестоимости базового и расчетного вариантов

Наименование	Базовый, руб.	Расчетный, руб.	Отклонение
Сырье, материалы, энергоносители	6038,648	6038,648	0
Основная заработная плата	41,14662	17,47203	23,6745
Дополнительная заработная плата	15,47894	6,5728	8,90614
Отчисления на социальное страхование	22,3671	9,497706	12,8693
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	84,33	35,08	12,8693
Цеховые расходы	78,8	33,46	45,34
Полная себестоимость	20827,89066	20451,61054	376,280

Расчет экономической эффективности проектного решения

1. Ожидаемая прибыль (условно-годовая экономия) от снижения себестоимости продукции определяются по формуле:

$$Pr_{ож} = (C_1 - C_2) \cdot M^n = (20827,89066 - 20451,61054) \cdot 76867,2 = 28923599,24 \text{ руб.} [52]$$

$C_1$  – себестоимости 1 тонны продукции по базовому варианту;

$C_2$  – себестоимость 1 тонны продукции по проекту.

2. Налог на прибыль:

$$H_{np} = \frac{Pr_{ож} \cdot K_{нал}}{100} = \frac{28923599,24 \cdot 32}{100} = 9255551,757 \text{ руб.}$$

где  $K_{нал}$  – процент налога на прибыль, 32 %.

3. Чистая ожидаемая прибыль:

$$Pr_{чист} = Pr_{ож} - H_{np} = 28923599,24 - 9255551,757 = 19668047,48 \text{ руб.}$$

4. Срок окупаемости капитальных вложений:

$$T_{ок} = \frac{K_{общ.пр}}{Pr_{чист}} = \frac{8100217}{19668047,48} = 0,411 год$$

где  $K_{общ.пр}$  – капитальные вложения (инвестиции), необходимые на проектирование, приобретение оборудования, инструментов и т.п.

Данный расчетный срок окупаемости капитальных вложений принимается за горизонт расчета – максимально ожидаемое время окупаемости инвестиций.

Используя методы дисконтирования в пределах горизонта расчета ( $T$ ) необходимо рассчитать текущую стоимость будущих денежных доходов (денежных потоков), приведенных к текущему времени (времени начала осуществления проекта через коэффициент дисконтирования, определяемый для постоянной нормы дисконта  $E$ ).

Текущая стоимость будущих денежных расходов:

$$a_t = \frac{1}{(1+E)^t} = \frac{1}{(1+0,2)^{0,411}} = 0,928$$

где  $t$  – номер шага ( $t = 0,1,2 \dots T$ )

$T$  – горизонт расчета

$E$  – норма дисконта

Общая текущая стоимость доходов (чистой прибыли) в течении принятого горизонта расчета определяется по формуле:

$$D_{общ} = Pr_{чист.общ} = \sum Pr_{чист} \cdot a_t = 19668047,48 \cdot 0,928 = 18251948,06 \text{ руб.}$$

5. Чистый дисконтный доход (ЧДД) или интегральный экономический эффект составит:

$$\text{ЧДД} = \mathcal{E}_{инт} = D_{общ} - K_{общ.пр} = 18251948,06 - 8100217 = 10151731,06 \text{ руб.}$$

Так как чистый дисконтный доход больше нуля, то данный проект эффективен. [50,51,52]



## 2.5 Выводы

Таблица 30 — Технико-экономические показатели

Наименование	Единица измерения	Базовый	Проектный
1. производственная мощность	Т	32640	76867,2
2. себестоимость продукции	руб.	20827,9	20451,6
3. условно-годовая экономия	руб.	-	28923599,2
4. капитальные вложения	руб.	-	8100217
5. чистая прибыль	руб.	-	19668047,5
6. интегральный экономический эффект	руб.	-	10151731,1
7. срок окупаемости	лет	-	0,411

**ВЫВОД:** Подогрев латекса СКМС30 АРК на узле дегазации на прямоточных агрегатах улучшает работу и увеличивает срок пробега отгонных агрегатов. Быстро окупается (за 0,411 года) и принесет ежегодную прибыль в размере: 3534150,4 рубля.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате моей работы был выбран данный метод поскольку конверсия мономеров при производстве латекса СКМС составляет 66 – 72 %, соответственно некоторое количество мономеров альфаметилстирола остается непрореагированным, его нужно удалить, так как мономер альфаметилстирола ухудшает физико-химические и механические свойства каучука, а также является ценным продуктом и может повторно использоваться. Для этого используется метод вакуумной дегазации на прямоточных колоннах. В данный момент на выходе мы имеем массовую долю мономера (альфаметилстирола) не более 0.3%, после модернизации колонн, а именно путем добавления еще одного пакета в их конструкцию мы можем получить не более 0.09% массовой доли мономера.

Этот результат достигается за счет того, что дополнительный пакет увеличивает площадь контакта латекса с паром.

Результаты бакалаврской работы:

1. Описан технологический процесс и химизм процесса.
2. Дана характеристика исходного сырья и материалов.
3. Произведен технологический расчет, материальный и тепловой баланс, расход пара и умягченной воды процесса дегазации.
4. Произведен технологический расчет и выбор оборудования.
5. Произведен конструктивный расчет колонны: диаметр колонны, объем куба, толщины стенки обечайки, толщины днища и диаметр патрубков штуцеров.
6. Произведен тепловой, теплотехнический и конструктивный расчет конденсатора, а также расчет толщины стенки обечайки и диаметров патрубков штуцеров.
7. Дана характеристика взрывоопасности и общие указания по технике безопасности охраны труда и противопожарной защиты.
8. Дан полный экономический расчет.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технологический регламент производства бутадиен – альфаметилстирольных каучуков ООО «Гольяттикаучук».
2. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 8-е изд. перераб./ А.Г. Касаткин. – М.: Химия, 1961г. – 830 с.
3. Дытнерский, И.Ю. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. 2 изд. / И.Ю. Дытнерский, Г.С. Борисов, В.П. Брыков. – М.: Химия, 1991г. – 496 с.
4. Гороновский, И.Т. Краткий справочник по химии / И.Т. Гороновский, Ю.П. Назаренко, Е.Ф. Некряч. – К. : Академия наук Украинской ССР, 1962г. – 661 с.
5. Латекс в технике / Ленинградское отделение Госхимиздата – Л.: 1962г. – 896 с.
6. Кирпичников, Б.А. Химия и технология синтетического каучука. 3-е изд. / П. А. Кирпичников, Л. А. Аверко-Антонович, Ю. О. Аверко-Антонович. - Л.: Химия, 1987 г.
7. Лебедев, Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. 4-е изд., перераб. и доп. / Н.Н. Лебедев. – М.: Химия 1988 г. – 590 с.
8. Гороновский, И.Г. Краткий справочник по химии / И.Г. Гороновский, Ю.П. Назаренко, Е.Ф. Некряч. – К.: Наукова думка 1987г. – 828 с.
9. Никольский, Б.Н. Справочник химика. 3-е изд., исправл. / Б.Н. Никольский – М.: Химия, 1971г.
10. Юкельсон, И.И. Технология основного органического синтеза / И.И. Юкельсон. – М.: Химия, 1968г.
11. Соколова, В.Н. Машины и аппараты химических производств / В.Н. Соколова – Л.: Машиностроение, 1982г.

12. Курсовое проектирование по предмету «процессы и аппараты химической промышленности» - М.: «Высшая школа», 198г.
13. Гутник, С.П. Расчет по технологии органического синтеза / С.П. Гутник, В.Е. Сосонко, В.Д. Гутман. – М.: Химия, 1988г. – 192 с.
14. Александров, И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. 3-е изд. / И.А. Александров. - М.: Химия, 1978г. – 280 с.
15. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. изд. 10 / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. - Л.: Химия, 1987г. — 576 с.
16. Судакова, Е.Н. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки. 3-е изд. / Е.Н. Судакова. – М.: Химия, 1979г.
17. Домашнев, А.Д. Конструирование и расчет химических аппаратов / Д. Домашнев. – М.: Химия, 1961г. – 624 с.
18. ГОСТ Р 52857.2-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета
19. ГОСТ Р 52857.1 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования. Методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек.
20. ГОСТ Р 52857.3-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепления отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и внешнем давлениях.
21. ГОСТ Р 52857.4-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений.
22. ГОСТ Р 52857.5-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет обечайки и днищ от воздействия опорных нагрузок.
23. ГОСТ Р 52857.6-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность при малоцикловых нагрузках.
24. ГОСТ Р 52857.7-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Теплообменные аппараты.
25. ГОСТ Р 52857.8-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Сосуды и аппараты с рубашками.

26. ГОСТ Р 52857.9-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Определения напряжений в местах пересечений штуцеров с обечайками и днищами при воздействии давления и внешних нагрузок на штуцер.

27. ГОСТ Р 52857.10-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Сосуды и аппараты работающие сероводородными средами.

28. ГОСТ Р 52857.11-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Метод расчета обечаек и днищ с учетом смещения кромок сварных соединений, угловатости и некруглости обечаек.

29. ГОСТ Р 52857.12-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Требования к форме предоставления расчетов на прочность выполняемых на ЭВМ.

30. Технологический регламент производства бутадиен-альфаметилстирольных каучуков ООО «Тольяттикаучук» [Текст]: Технологический регламент / Под ред. Б.Д. Пархоменко. – ООО «Тольяттикаучук», 2010. – 28 с.

31. Официальный сайт Госстандарта / [Электронный ресурс] URL: [www.gost.ru](http://www.gost.ru)

32. ГОСТ Р ИСО 14001-2005. Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению. - М.: Издательство стандартов, 2005. – 33 с.

33. Грузинов, В. П., Грибов, В. Д. Экономика предприятия [Текст]: Учебник – М.: Финансы и статистика, 2009. – 208 с.

34. Гуторова, И. А. Стандартизация. Метрология. Сертификация [Текст]: Учебно-практическое пособие. – М.: «Издательство ПРИОР», 2009. – 65 с.

35. Дытнерский, И. Ю. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. 2 изд. / И.Ю. Дытнерский, Г.С. Борисов, В.П. Брыков. – М.: Химия, 2010. – 496 с.

36. Кирпичников, Б. А. Химия и технология синтетического каучука. 3-е изд. / П.А. Кирпичников, Л.А. Аверко-Антонович, Ю.О. Аверко-Антонович. - Л.: Химия, 2009. – 110 с.
37. Крылова, Г. Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии [Текст]: Учебник, 2-е изд., - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009. – 712 с.
38. Андреева, Р.А. Ресурсосбережение / Р.А. Андреева, Г.Н. Абаев, Т.А. Рудинская. – Новополоцк: ПГУ, 2009. – 30 с.
39. Воронцов, А. П. Ресурсосбережение в АПК : учебное пособие / А. П. Воронцов. – Москва: Юркнига, 2006. – 207 с.
39. Балащенко, В.Ф. Основы экономики промышленного предприятия / В.Ф.Балащенко. – Мн.: Беларуская навука, 2000. – 160 с.
40. Баско, И.М. Ресурсосбережение: Учеб.-метод. пособие / И.М.Баско. – Мн.: Веды, 2004. – 76 с.
41. Гончаров, В.И. Технология и инструменты эффективного управления предприятием / В.И.Гончаров. – Мн.: НИУ, 2000. – 160 с.
42. Государственное регулирование экономики и повышение эффективности деятельности субъектов хозяйствования: пятая Международная научно-практическая конференция. – Минск, 23-24 апреля 2009 года: сборник научных статей: в 2 ч. / редколлегия: с. С.А. Пелих (председатель) и др. - Минск: Академия управления при Президенте Республики Беларусь, 2009.
43. Грузинов, В.П. Экономика предприятия: Учеб. пособие / В.П.Грузинов, В.Д.Грибов. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 208 с.
44. Задиран, С. Директива Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 года № 3 «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства» в действии / Сергей Задиран – 2007. – № 9. – С. 36-39.
45. Задиран, С. Энергетическая безопасность : правовое обеспечение / Сергей Задиран – 2007. – № 8. – С. 51-56.

46.Кобец, Е.А. Планирование на предприятии. Учебное пособие / Е.А.Кобец . – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006.

47.Пиленцо, Л. Управление человеческими ресурсами и эффективность компании / Л. Рональд Пиленцо // Человек и труд. – 2004. – № 2.

48.Райзберг Б.А. Государственное управление экономическими и социальными процессами : учебное пособие / Б. А. Райзберг. - Москва : Инфра-М, 2009. – 382 с.

49.Сергеев, И.В. Экономика предприятия. Учеб. пособие / И.В. Сергеев. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 304 с.

50.Скляренко, В. К. Экономика предприятия: учебник / В. К. Скляренко, В. М. Прудников. - Москва : Инфра-М, 2009. - 527 с.

51.Шумак, В. В. Экономика и управление ресурсосбережением : курс лекций / В. В. Шумак, Г. В. Колосов. - Минск : Мисанта, 2009. - 167 с.

52.Экономика предприятия / Под ред. Е.Л.Кантора. – СПб.: Питер, 2006. – 352 с.

53.Основы химической технологии : учеб. для хим.-технол. специальностей вузов / И. П. Мухленов [и др.] ; под ред. И. П. Мухленова. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высш. шк., 1991. - 462 с

54. Справочник инженера-химика : пер. с 4-го англ. изд. В 2 т. Т. 2 / Д. Г. Перри ; под общ. ред. Н. М. Жаворонкова, П. Г. Романкова. - Ленинград : Химия, 1969. - 504 с.

55. Библиографическое описание: Псевдооживление/ В. Г. Айнштейн [и др.] ; под ред. В. Г. Айнштейна, А. П. Баскакова. - Москва: Химия, 1991. - 397с.

56. Массообменные процессы химической технологии: (системы с дисперс. твердой фазой) / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов. - Ленинград : Химия, 1990. - 384 с.

57. Руководство к практическим занятиям в лаборатории процессов и аппаратов химической технологии : учеб. пособие для вузов / А. А.

Безденежных [и др.] ; под ред. П. Г. Романкова. - 6-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Химия, 1990. - 270 с.

58. Мир компьютеров и химическая технология / С. Н. Саутин, А. Е. Пунин. - Ленинград : Химия, 1991. - 142 с. - Библиогр.: с. 140.

59. Толковый словарь по химии и химической технологии : основные термины : ок. 5500 терминов / С. М. Баринов [и др.] ; под ред. Ю. А. Лебедева. - Москва : Рус. язык, 1987. - 526 с.

60. Основные процессы и аппараты химической технологии : учеб. для вузов / А. Г. Касаткин. - Изд. 13-е, стер.; Гриф МО. - Москва: Альянс, 2006. - 750 с.