

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

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

18.03.02 «Энерго-, ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии»

(код и наименование направления подготовки)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: **Изменение схемы коагуляции латекса при выпуске каучука
СКМС-30, АРКМ-15, БСК-15 на ООО «Тольяттикаучук»**

Студент (ка)	<u>В.А. Анакулова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель бакалаврской работы	<u>В.Ю. Зотов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Зав. кафедрой

«Рациональное

природопользование

и ресурсосбережение» к.п.н., М.В.Кравцова
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2016

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: Анакулова Валентина Алексеевна

1. Тема: Изменение схемы коагуляции латекса при выпуске каучука СКМС-30, АРКМ-15, БСК-15 на ООО «Тольяттикаучук»
2. Срок сдачи студентом законченной бакалаврской работы 01.06.2016
3. Исходные данные на бакалаврскую работу:
Технологический регламент анализа технологии коагуляции латекса.
4. Содержание бакалаврской работы:
 - 4.1 Анализ существующей технологической схемы коагуляции латекса.
 - 4.2 Предлагаемая технологическая схема коагуляции.
 - 4.3 Расчет материального и теплового баланса.
5. Дата выдачи задания «15» марта 2016г.

Руководитель бакалаврской работы

В.Ю. Зотов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

В.А. Анакулова

(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: Анакуловой Валентины Алексеевны

по теме: Изменение схемы коагуляции латекса при выпуске каучука СКМС-30, АРКМ-15, БСК-15 на ООО «Тольяттикаучук»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Введение	20.03.2016			
Анализ существующей технологической схемы коагуляции латекса	17.04.2016			
Предлагаемая технологическая схема коагуляции	12.05.2016			
Расчет материального и теплового баланса	20.05.2016			
Заключение	26.05.2016			

Руководитель бакалаврской работы

В.Ю. Зотов

_____ (подпись)

_____ (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

_____ В.А. Анакулова

АННОТАЦИЯ

Бакалаврскую работу выполнила: Анакулова Валентина Алексеевна

Тема работы: «Изменение схемы коагуляции латекса при выпуске каучука СКМС-30, АРКМ-15, БСК-15 на ООО «Тольяттикаучук»»

Научный руководитель: Зотов Владислав Юрьевич

Бакалаврская работа выполнена на 83 с., 4 рисунка, 24 таблицы, использовано 55 источников, 5 л. графического материала.

Объектом исследования является установка выделения синтетического бутадиен-стирольного каучука на ООО «Тольяттикаучук»

Графическая часть выполнена на 4 листах и включает технологическую схему выделения бутадиен-(α -метил) стирольного каучука, чертеж основного аппарата.

В теоретической части рассмотрены физико-химические основы процесса коагуляции латекса «бессолевым» способом, с применением полиэлектролитов.

В ходе выполнения работы предложена модернизированная технологическая схема с измененной обвязкой узла коагуляции латекса.

Проведены расчеты материального баланса, основного и вспомогательного оборудования при сокращении расхода умягчённой воды на промывку крошки каучука.

Бакалаврская работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word и представлена на электронном носителе.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ КОАГУЛЯЦИИ ЛАТЕКСА	9
1.1 Способы выделения эмульсионных каучуков	9
1.2 Общая характеристика производства	17
1.3 Описание существующей технологической схемы солевой коагуляции латекса	20
ГЛАВА 2. ПРЕДЛАГАЕМАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА КОАГУЛЯЦИИ	25
2.1 Описание технологической схемы бессолевой коагуляции латекса	25
2.2 Выбор и обоснование технологии производства	27
2.3 Характеристика готовой продукции	35
2.4 Характеристика сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов	38
2.5 Аналитический контроль производства	40
2.6 Системы контроля и управления процессом коагуляции латекса	42
ГЛАВА 3. РАСЧЕТ МАТЕРИАЛЬНОГО И ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА	43
3.1 Исходные данные для расчета материального баланса	43
3.2 Материальный баланс процесса коагуляции латекса	46
3.3 Расчет основного аппарата	49
3.4 Тепловой расчет	51
3.4.1 Определение тепловой нагрузки аппарата	53
3.4.2 Определение расхода пара	53
3.4.3 Расчет коэффициентов теплоотдачи и коэффициента теплопередачи	54
3.4.4 Обозначение теплообменного аппарата	56
3.4.5 Выбор вспомогательного аппарата	58
3.5 Экономический расчет	
3.5.1 Сравнение базового и проектируемого вариантов	58
3.5.2 Расчёт расходов на сырьё и полуфабрикаты	59
3.5.3 Расчёт расходов на топливо и энергию	60
3.5.4 Расчёт расходов на содержание и эксплуатацию оборудования	61

3.5.5 Расчёт цеховых расходов	62
3.5.6 Расчет экономической эффективности проекта	64
3.6 Вывод	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	68
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	69
ПРИЛОЖЕНИЕ	74

ВВЕДЕНИЕ

Производство бутадиен-стирольных каучуков эмульсионной полимеризации - крупнейшее в мировой структуре синтетических каучуков, их годовой объем выпуска более 4 млн. тонн в год, что составляет 32% мирового производства синтетических каучуков.

Несмотря на значительный рост объемов выпуска растворных БСК их суммарный объем существенно ниже - около 700 тыс. тонн в год. Достоинства эмульсионных БСК хорошо известны: более низкая, чем у растворных БСК, энергоемкость производства, хорошие технологические свойства, высокие прочностные характеристики, динамические свойства, износостойкость вулканизаторов.

В России бутадиен-стирольные (бутадиен-метилстирольные) каучуки эмульсионной полимеризации производят четыре промышленных предприятия и, в небольшом объеме, опытный завод В.ф.ФГУП «НИИСК»: ОАО «Воронежсинтезкаучук» - 59,7 тыс. тонн в год, ООО «Тольяттикаучук» - 53,0 тыс. тонн в год, ОАО «Синтезкаучук», Стерлитамак - 59,5 тыс. тонн в год, ОАО «Омский каучук» - 81,8 тыс. тонн в год, В.ф. ФГУП «НИИСК» - 0,02; это в основном каучук СКМС-10 РКП, периодически также СКС-30 АРПД и СКС-30 АКО.

Российские предприятия выпускают практически весь мировой ассортимент эмульсионных БСК. Отсутствуют лишь производства БСК со светлым масло-наполнителем (типа БСК-1778), высоко - стирольный каучук (содержание стирола 40-45%, тип БСК-1721) и саже и саже - маслонполненные каучуки. Бутадиен-стирольные каучуки производит только ОАО «Воронежсинтезкаучук», а другие заводы - бутадиен-метилстирольные каучуки [1].

Основная область применения бутадиен-стирольных каучуков – шинная промышленность. Кроме того, их используют в производстве

различных резинотехнических изделий: различных транспортёрных лент, приводных ремней, рукавов всех типов, формованных и неформованных изделий, резиновой обуви, спортивных изделий, изделий из резин, стойких к воздействию радиации. Широкое распространение бутадиен-стирольных каучуков объясняется высокими техническими свойствами резин на их основе, пригодностью их для производства шин и других резиновых изделий высокого качества и доступностью мономеров [2].

Цель работы – повысить эффективность процесса коагуляции латекса на установке выделения бутадиен-(α -метил) стирольного каучука.

Задачи работы:

1. Изучить возможность промышленного применения новых реагентов для выделения каучука из синтетического каучука.
2. Предложить модернизированную технологическую схему, с измененной обвязкой узла коагуляции латекса.
3. Провести расчеты материального баланса, основного и вспомогательного оборудования при сокращении расхода умягченной воды на промывку крошки каучука.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ КОАГУЛЯЦИИ ЛАТЕКСА

1.1 Способы выделения эмульсионных каучуков

Известны различные способы выделения эмульсионных каучуков из латексов: вымораживанием, солевой и бессолевой коагуляцией.

Выделение каучука из латексов вымораживанием на стенке металлического вала, охлаждаемого изнутри хладагентом, характеризуется низкой производительностью, загрязнением рабочей зоны и окружающей среды летучими мономерами по причине невозможности герметизации узла вымораживания и большим расходом электроэнергии при получении хладагента, водяного пара при оттаивании коагулюма с серой [3].

Традиционным способом коагуляции латексов в производстве каучуков является использование хлористого натрия и серной кислоты.

Коагуляция хлоридом натрия и серной кислотой отличается эффективностью и относительной дешевизной, которые, однако, входят в противоречие с экологическими требованиями ввиду загрязнения промышленных сточных вод. Биологически не разлагаемый продукт лейканол и хлориды загрязняют внутренние водоемы [4].

Кроме солевой технологии выделения БСК известны другие технологии: белковая, аминными коагулянтами и полиэлектролитами

В промышленности нашел применение бессолевой способ выделения синтетических каучуков из латексов с использованием белковых коагулянтов. Это позволило частично исключить засоление пресных водоемов и заменить хлористый натрий нетоксичным продуктом в некоторых видах каучуков.

Однако при использовании белковых коагулянтов в промышленности БСК были выявлены недостатки, которые затрудняют перевод всей промышленности на бессолевое выделение.

Белковые гидролизаты в жаркое время года и в теплых регионах страны подвергаются бактериальному заражению и загнивают, образуя продукты с неприятным запахом. Для исключения заражения оборудования при получении, складировании, транспортировке и применении белковых гидролизатов необходима его тщательная промывка водой, длительная обработка острым паром и дезинфицирующим раствором формалина. Вулканизаты на основе каучуков, выделенных с помощью белка, характеризуются недостаточно высокими свойствами (наличие гелия, низкая прочность). Кроме того, они характеризуются продолжительностью вулканизации. Белковые коагулянты не обладают свойством пеногашения.

Белковые гидролизаты не являются самостоятельными стабилизаторами каучуков. Они применяются только в присутствии дополнительных стабилизаторов, оказывая положительное воздействие на их эффективность.

Для решения данной задачи в способе выделения бутадиен-(а-метил)-стирольных каучуков, заключающемся в коагуляции латекса белковыми коагулянтами и минеральной кислотой, включающем рецикл серума, концентрирование крошки каучука, промывку ее водой с последующим отжимом и сушкой, в качестве белкового коагулянта предлагают использовать продукт взаимодействия белка с четвертичной полимерной солью поли-N, N-диметил-N, N-диаллиламмонийхлоридом при массовом соотношении 1: (1-0,1) соответственно (на сухое вещество).

Предлагаемая коагулирующая система позволяет значительно стабилизировать процесс коагуляции, усовершенствовать технологию и улучшить свойства получаемого бутадиен-(а-метил) - стирольного каучука. Это достигается за счет того, что продукт взаимодействия белка с полимерной четвертичной солью обладает высокой устойчивостью, стабилен при хранении и не обладает ярко выраженной вулканизирующей активностью, что не оказывает отрицательного влияния на свойства получаемых бутадиен-

(а-метил) - стирольных каучуков при их выделении, сушке, а также при изготовлении резиновых смесей [5].

Важно также отметить, что образование мелкой крошки в значительных количествах отмечено не было. В сравнении с каучуком, выделенным с использованием в качестве коагулянта только одной полимерной аммонийной четвертичной соли, отмечаются более высокие прочностные показатели, устойчивость к старению. Кроме того, использование в качестве коагулянта только одной полимерной аммонийной четвертичной соли привело к снижению некоторых показателей и несоответствие их требованиям ГОСТ или ТУ.

Использование белкового коагулянта хотя и обеспечивает каучуку требуемые показатели по ГОСТ или ТУ, но значительно ухудшаются показатели процесса коагуляции (большой расход коагулирующего агента, кислоты, крошка получается мало пористой, что увеличивает продолжительность сушки, а это снижает производительность процесса). Кроме того, использование белкового коагулянта не обеспечивает стабильность процесса коагуляции, что связано с большой чувствительностью процесса к рН коагуляции. При использовании в качестве коагулирующего агента продукта взаимодействия белка с полимерной аммонийной четвертичной солью обеспечивает эффективное выделение каучуков из латексов. Причем при этом образуется хорошая, пористая крошка, что положительно сказывается на процессе сушки каучука (ускоряется его высыхание) и позволяет увеличить производительность технологического процесса.

Известен способ получения каучука из латекса добавлением коагулянтов - солей двухвалентных металлов ($MgCl_2$, $CdCl_2$, $CaCl_2$; $ZnCl_2$, $BaCl_2$, $Mg(NO_3)_2$ и четырехвалентных ($SnCl_4$) в количестве 0,75 экв. в расчете на содержание мыла в каучуке [6]. К недостаткам данного способа относится несоответствие полученного каучука по составу (завышено содержание

солей органических кислот и повышена зольность каучука), определяемому требованиями нормативной технической документации на каучук в настоящее время. Кроме того, хлорид кальция, превращаясь в сульфат кальция, из-за ограниченной растворимости в воде накапливается в виде осадка в аппаратах и трубопроводах.

Использование в качестве органического коагулянта белкового гидролизата коллагена или феноло-аминной смолы - продукта конденсации нонилфенола с гексаметилентетрамином и диэтаноломином с дополнительным введением в латекс неорганических коагулянтов - хлорида кальция или хлорида магния, или бишофита в массовом соотношении аминный коагулянт: хлорид кальция или магния, или бишофит от 10:1 до 1:10 при общей дозировке смеси коагулянтов 0,01-2,00 мас. % на каучук улучшает технологичность процесса на стадии выделения каучука, промывки и отжима крошки и сушки каучука вследствие получения однородной по размеру и не имеющей липкости крошки каучука, не увеличивает зольности каучука. В результате снижается вероятность забивки оборудования отложениями коагулюма и повышается производительность оборудования.

Использование солей двухвалентных металлов снижает содержание неорганических солей в сточных водах на порядок, однако не решает проблему попадания в них лейканола.

Среди органических соединений, являющихся активными коагулянтами промышленных латексов, подавляющее большинство составляют амины и соли четвертичного аммония, имеющие в кислой среде положительный заряд, что позволяет им эффективно агломерировать латексные частицы, стабилизированные отрицательно заряженными ионами карбоновых и алкилсульфоновых кислот, по нейтрализационному или мостичному механизму коагуляции.

Бессолевыми методами коагуляции широко используются за рубежом.

Американской фирмой «Налко Кемикл Ко» синтезирован и используется в промышленности для выделения эмульсионных каучуков продукт «Nalko-107», представляющий собой смесь высокомолекулярных полиалкиленполиаминов [7]. Этот продукт обладает высокой коагулирующей активностью. Расход его для выделения БСК составляет 2-4 кг на тонну каучука. Он не вызывает окрашивание полимера и не оказывает нежелательных воздействий на физико-химические свойства каучука и вулканизаторов. Этой же фирмой предложено использовать для коагуляции синтетического каучука сополимер эпихлоргидрина и амина [8].

Японская фирма «Сумитомо Кемикл Ко» запатентовала бессолевого способ выделения БСК в присутствии водного раствора сополимера полиэтиленполиамина с эпихлоргидрином [9]. Коагуляция при этом осуществляют органической или неорганической кислотой, или с добавкой водорастворимой соли щелочного металла в широком интервале рН от 1,3 до 7,0.

Канадской фирмой «Полисар» запатентован и использовался в промышленности способ бессолевого выделения БСК с применением щелочного раствора лигнина в сочетании с полиэтиленполиамином. Однако этот способ приемлем только для темных БСК из-за темно-коричневого цвета лигнина, который в кислой среде из водорастворимой формы переходит в нерастворимую и остается в каучуке.

Для светлых каучуков фирма «Полисар» использовала полисахариды (крахмал) или растительные протеины, например, соевую муку [10].

Комбинат «Буна» (ГДР) серией патентов защитил разработки по бессолевого выделению каучука в кислой среде в специально шнековых машинах [11,12,13]. При этом коагуляция латексов, стабилизированных мылами карбоновых кислот и не содержащих лейканол, осуществляется одной серной кислотой без введения коагулирующих добавок. Процесс включает стадии смешения латекса с серной кислотой и водой, измельчение

образующейся каучуковой массы в дезинтеграторе, отделение жидкой фазы и получение каучука с влажностью 10%. Для коагуляции латексов, содержащих лейканол, дополнительно вводят коагулирующие добавки – полиэтиленполиамин, лигнин, соевая мука и другие аминоксодержащие соединения, а также добавки солей двух- трехвалентных металлов.

Из отечественных разработок наибольший интерес представляют способы бессолевой коагуляции с применением полиаминных коагулянтов и полиэлектролитов.

Полиаминный коагулянт ОМП, синтезированный в Воронежском филиале ГУП НИИСК, представляет собой продукт взаимодействия 2,6-дитретбутилфенола с полиэтиленполиамином и формальдегидом. Коагулянт был успешно испытан при выделении эмульсионных каучуков на ОАО «Воронежкаучук» в 2003 году. При использовании коагулянта ОМП уменьшается содержание неорганических солей и лейканола в сточных водах [14].

При опытно-промышленных испытаниях в ОАО «Омский каучук» в 2004 были выявлены следующие недостатки: при загрузке ОМП из бочек в емкость приготовления раствора и с работки раствора наблюдается неприятный запах и у обслуживающего персонала слезятся глаза; в емкости при приготовлении раствора наблюдается образование твердого осадка, а также на поверхности раствора при перемешивании образуется твердая пена, которая сбивается в куски похожие на пемзу.

При подаче раствора ОМП на коагуляцию происходит забивка арматуры, регулирующих клапанов, образующимся в процессе движения твердым осадком; рекомендованная производителем продукта норма 4 кг на тонну каучука не выдерживается из-за больших потерь в процессе приготовления раствора и подачи его на коагуляцию; при использовании коагулянта ОМП показатель качества каучука – относительное удлинение при разрыве снижается до минимального показателя 55%.

По результатам опытно-промышленных испытаний проведения бессолевого коагуляции с использованием коагулянта ОМП был составлен акт о том, что использование коагулянта ОМП технологически и экономически не целесообразно [15].

На ОАО «Омский каучук» были проведены испытания коагулянта АПК-46 при выделении каучука СКМС-30 АРКМ-15.

Коагулянт АПК-46 – это продукт взаимодействия высокомолекулярных полимерных природных и органических соединений, связанных полипептидной связью и имеющий активные свободные аминогруппы, полученный путем дезацелирования свободных аминогрупп хребта углевода синтетическим полимером образующие боковые цепи полиэлектролита. Внешне данный препарат представляет собой густую коричневую жидкость содержанием сухих веществ не менее 49%, неограниченно смешивающуюся с водой. В ходе испытаний отмечено, что при приготовлении разбавленного раствора АПК-46 образуется осадок, от которого периодически необходимо освобождать аппарат, где происходит приготовление и хранение раствора коагулянта. После проведенных промышленных испытаний в ОАО «Омский каучук» коагулянт АПК-46 был внедрен в серийное производство.

Коагулянт АПК-46 был испытан и в ООО «Тольяттикаучук» при выделении каучука СКМС-30 АРКМ-15. В ходе опытно-промышленных испытаний установлено: коагулянт АПК-46 при дозировках 1,5-3,0 кг на тонну каучука характеризуется высокой коагулирующей способностью и может полностью заменить поваренную соль; крошка каучука при коагуляции с использованием АПК-46 отличается повышенной липкостью по сравнению с крошкой выделенной солью, что привело к комкованию крошки в концентраторе Л-3 и проскоку серума в аппарат Л-4; для поддержания требуемого уровня рН в аппарат Л-4 подавался 20% раствор натровой щелочи, для отмывки каучука увеличили расход умягченной воды, но в

приделах нормы; на стадиях отжима крошки каучука на отжимных машинах и сушки в сушилках проблем не возникло; исключается попадание в сточные воды хлорида натрия и сокращается сброс биологически неразлагаемого лейканола; образцы каучука СКМС-30АРКМ-15, полученные с применением АПК-46, по всем параметрам не уступают контрольным образцам [16].

На ООО «Тольяттикаучук» успешно проведены промышленные испытания коагулянта «ЭПАМ» при полной замене солевого раствора.

Катионный полиэлектролит реагент «ЭПАМ», разработан в ЗАО «Финэко» (г. Нижний Новгород). Реагент «ЭПАМ» представляет собой водный раствор олигомера конденсационного типа, полученного на основе эпихлоргидрина и аминов.

Процесс коагуляции бутадиен-стирольных латексов с помощью коагулянта «ЭПАМ» исследован на ООО «Тольяттикаучук», сформулированы требования к его качеству, на основании которых составлены технические условия. Показано, что при расходе реагента «ЭПАМ» 2,8 килограмм на 1 тонну бутадиен-альфаметилстирольных каучуков, выделение каучуков протекает полно. Доля лейканола в серуме снижается практически на порядок, остаточная доля коагулянта «ЭПАМ» составляет 14-30% от исходного уровня, сброс хлоридов на очистные сооружения исключается, содержание сульфатов, азота нитратов, нитритов, аммония сохраняется на обычном уровне. Термостабильность полученного каучука возрастает, остальные свойства аналогичны серийному каучуку [17].

Для определения технического уровня разрабатываемой темы дипломного проекта, используется патентный фонд Роспатента. Сборы и анализ технических решений проводятся с целью нахождения наиболее эффективных и экономических способов выделения бутадиен-стирольных каучуков.

При сравнении коагулянта полидиметилдиаллиламмонийхлорид -20 и реагента «ЭПАМ» установлено, что реагент «ЭПАМ» является наиболее экономичным:

— расход коагулянта полидиметилдиаллиламмонийхлорид на 1 тонну каучука составляет 2,7 кг, расход «ЭПАМА» - 2 кг на тонну каучука;

— расход серной кислоты при использовании полидиметилдиаллиламмонийхлорида 14 кг, при использовании реагента «ЭПАМ» 11 кг.

1.2 Общая характеристика производства

Производство синтетического бутадиен-стирольного каучука предназначено для выпуска маслonaполненного каучука марки СКМС-30АРКМ-15, без масляного каучука марки БСК-1502.

Каучук СКМС-30 АРКМ-15 содержит окрашивающий антиоксидант ВС-1, который вводится в латекс СКМС-30АРК вместе с ароматическим маслом.

Каучук БСК-1502 содержит не окрашивающий антиоксидант, который вводится в латекс в виде водной эмульсии.

Латекс для производства каучука марок СКМС-30 АРКМ-15, БСК-1502 получается методом низкотемпературной эмульсионной полимеризации.

Производство каучука СКМС-30 АРКМ-15 введено в эксплуатацию в 1961г.

Проектная мощность производства - 60 тыс. тн/год. Достигнутая на момент составления регламента (по итогам 2006 года) ~ 51 641,322 тн/год.

Разработчик основного проекта получения - «Гипрокаучук», г. Уфа, 1957 г.

Разработчик основного процесса ФГУП НИИСК им. Лебедева, г. Санкт-Петербург.

Производство каучука БСК-15 введено в эксплуатацию в 1993 г. Проектная мощность производства – 30 тыс. тн/год. Достигнутая на момент составления регламента (по итогам 2006 года) - 24 785,52 тн/год.

Разработчик основного процесса – ЦЗЛ П/О «Синтезкаучук» совместно со специалистами Воронежского филиала ВНИИСК.

Производство эмульсионных каучуков включает цеха:

- Е-1-9 – производство латекса СКМС-30;
- Е-2-12 – выделение, сушка и упаковка каучука, приготовление эмульсий антиоксидантов; приготовление раствора реагента «ЭПАМ»;
- Е-4 – приготовление солевого раствора, раствора антиоксиданта ВС-1 в масле, хранение химического сырья, приготовление эмульгаторов [18].

Синтетический каучук получают путем полимеризацией бутадиена и альфа-метилстирола в водной эмульсии по радикальному механизму. В качестве основного эмульгатора применяются: калиевое мыло пропорционно с таловой или сосновой канифолью в сочетании со стеаратом или парафинатом калия: калиевое мыло смолы «Диталп», «СЖКТ», «Дискан», комплексные эмульгаторы «ЭДиСКАН», «СЖКТ» различных марок [19].

В качестве дополнительного эмульгатора применяют диспергатор НФ (лейканол). 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).

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 под действием активного радикала инициатора начинает формироваться макромолекула полимера [20].

Латексы после дегазации и усреднения представляют собой дисперсию частиц полимеров в воде, на которых адсорбирован эмульгатор. Внешняя оболочка эмульгатора заряжена положительно, но вода, диссоциируя на ионы, окружает частицы гидратной оболочкой, и частицы окружены двойным электрическим слоем.

Это препятствует самопроизвольному слипанию частиц, т.е. самопроизвольной коагуляции.

Для преодоления энергетического барьера, препятствующего столкновению частиц, необходима либо тепловая энергия (высокая температура), интенсивное механическое воздействие, замораживание, либо - действие электролитов [21].

Наиболее простым способом было бы использование минеральных кислот, например, серной кислоты.

Однако, наличие диспергатора НФ – лейканола препятствует взаимодействию серной кислоты с эмульгатором.

Лейканол, будучи олигомерным продуктом, содержит от 6 до 10 сульфогрупп, которые устойчивы к действию кислот.

Поэтому, чтобы нейтрализовать лейканол, необходимо либо применять минеральные соли, высаливающие лейканол и десорбирующие эмульгатор,

либо связать химически лейканол в нерастворимый комплекс за счет применения азотосодержащих веществ [22].

1.3 Описание существующей технологической схемы солевой коагуляции латекса

Технологический процесс получения бутадиен-альфаметилстирольных каучуков, осуществляемый по непрерывной схеме, состоит из следующих стадий: приготовление углеводородной и водной фаз; приготовление растворов инициатора, активатора, регулятора и стоппера, и эмульсии антиоксиданта; полимеризация и ее обрыв; отгонка не запolyмеризовавшихся мономеров из латекса; выделение и сушка каучука [23]

При выпуске каучуков СКМС-30, РКМ-15 и БСК-1502 применяется сополимер бутадиена 1,4 (дивинил) и α -метилстирол, получаемый путем их сополимеризации в водной эмульсии.

Для получения устойчивой эмульсии мономеров в воде применяется эмульгаторы и диспергатор-лейканол.

Молекулы эмульгатора содержат одновременно гидрофильные и гидрофобные группы, которые в водных растворах создают скопление, называемые мицеллами (рисунок 1).

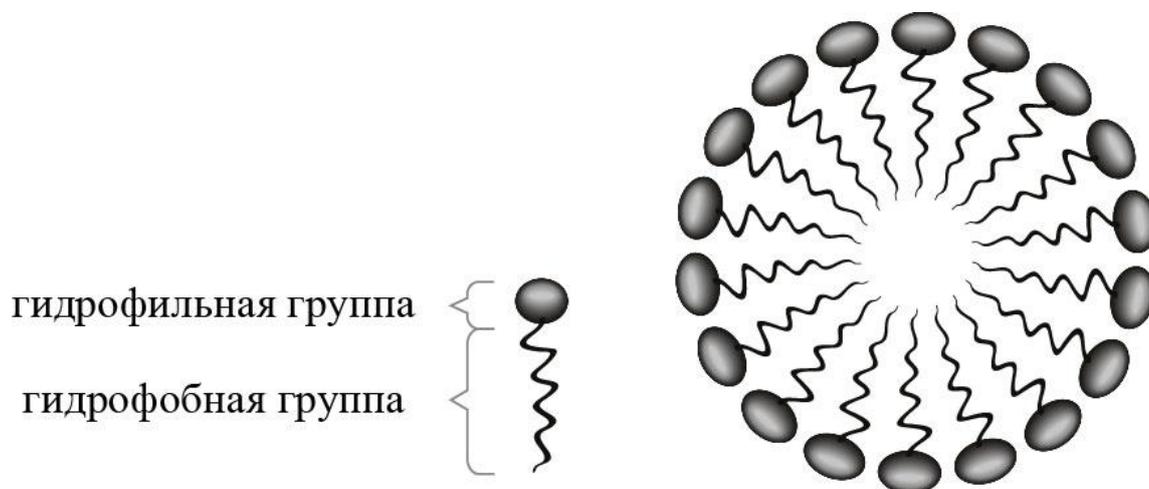


Рисунок 1 – Мицелла

Мицелла (англ. micelle) - отдельная частица высокодисперсной коллоидной системы с жидкой дисперсионной средой, состоящая из ядра и поверхностной стабилизирующей оболочки. Средний размер мицелл составляет от 1 до 100 нм.

К мицеллам относят частицы в лиофильных коллоидах (растворах поверхностно - активных веществ). В лиофильных золях мицелла представляет собой ассоциат молекул (агрегаты, состоящие из десятка и сотен амфифильных молекул). В каждой молекуле длинный гидрофобный радикал связан с полярной (гидрофильной) группой. При образовании мицеллы несколько десятков или сотен молекул объединяются так, что гидрофобные радикалы образуют ядро (внутреннюю область), а гидрофильные группы — поверхностный слой мицеллы. Концентрацию поверхностно - активных веществ в растворе, при которой в системе образуются устойчивые мицеллы, находящиеся в равновесии с неассоциированными молекулами поверхностно-активного вещества, называют критической концентрацией мицеллообразования. Если дисперсионной средой является органическая жидкость, ориентация молекул в мицелле может быть обратной: ядро содержит полярные группы, а гидрофобные радикалы обращены во внешнюю фазу (обратная мицелла).

В лиофобных гидрозолях, стабилизированных электролитами, ядро мицеллы окружено двумя слоями противоположно заряженных ионов, т. е. двойным электрическим слоем. Диффузный слой ионов препятствует сближению и агрегированию (сцеплению) частиц.

Механизм эмульсионной полимеризации молекулы мономеров (бутадиена и α -метилстирола) проникают внутрь мицелл и образуют полимер. Такая коллоидная система, в которой мелкие частицы сополимера находятся во взвешенном состоянии в водной фазе и имеют одинаковый заряд, называется латекс. Под влиянием этих зарядов частицы отталкиваются одна от другой, чем обеспечивают стабильность латекса.

Процесс коагуляции – процесс разрушения полимерно - мономерных частиц, превращение мыл в органические кислоты, выделение крошки каучука.

В нашем случае выделение каучука из латекса проводится с применением электролитов: растворов хлористого натрия, серной кислоты.

NaCl – укрупнение частиц – флокуляция присутствие серной кислоты разрушаются молекулы эмульгатора, но присутствие лейканола не обеспечивает полноту коагуляции.

Флокуляция - образование рыхлых хлопьевидных агрегатов (флокул) из мелких частиц дисперсной фазы, находящихся во взвешенном состоянии в жидкой или газовой среде. Ф. - разновидность Коагуляции. В жидких дисперсных системах (золях, суспензиях, эмульсиях, латексах) Ф. вызывается спец. добавками - Флокулянтами и реагентами, лиофобизирующие поверхность частиц, а также тепловыми, механическими воздействиями. В присутствии флокулянтов и лиофобизирующих реагентов происходит сцепление частиц дисперсной фазы и возникновение пространств дисперсных структур [24].

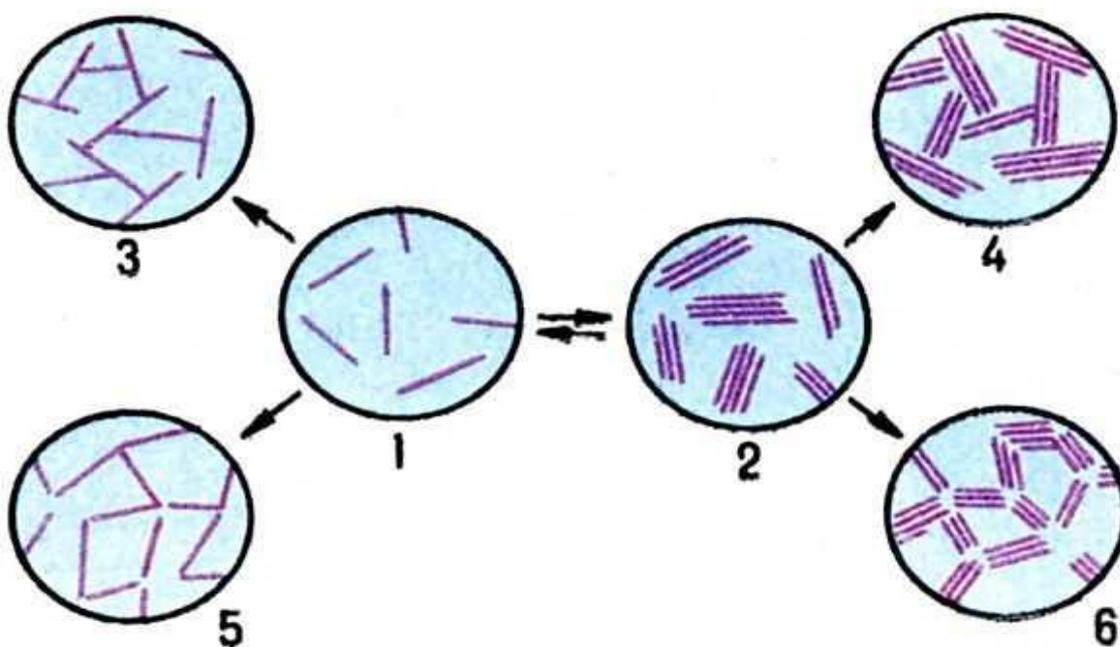


Рисунок 2 - Флокуляция

Одновременно с подачей латексо-масляной эмульсии в эжекторный смеситель Л-1а подается раствор хлористого натрия для флокуляции (агломерирования) латекса.

Частично агломерированный латекс (флокулят) из эжектора Л-1а поступает в нижнюю часть емкости Л-1, с противоположной стороны в нижнюю часть емкости Л-1 подается циркулирующий серум, предварительно смешанный с 1-2% раствором серной кислоты.

Непрерывное смешение серума с раствором серной кислоты происходит в трубопроводе перед входом в емкость Л-1.

При постоянном перемешивании агломерированного латекса с подкисленным серумом в емкости Л-1 при температуре 50-60⁰С и РН среды 5,0-6,5 происходит коагуляция латекса, перевод канифольного эмульгатора и мыл синтетических жирных кислот в свободные органические (смоляные и жирные) кислоты.

Пульпа каучука в потоке серума из верхней части емкости Л-1 по переливному лотку непрерывно выводится в емкость Л-2.

В нижнюю часть емкости Л-2 подается раствор серной кислоты. В емкости Л-2 происходит окончательная коагуляция латекса и перевод эмульгатора в свободные кислоты при температуре 50-60⁰С и рН среды 3,0-4,5

Коагулированная масса каучука в потоке серума из емкости Л-2 непрерывно поступает в концентратор Л-3, где происходит отделение крошки каучука от серума.

Серум из концентратора Л-3 самотеком сливается в емкость Е-1, далее насосом Н-1/1,2 подается в емкость Л-1. Температура серума (50-60 ° С) в емкости Е-1 регулируется подачей острого пара в емкость Е-1.

Крошка каучука из концентратора Л-3 скребковым механизмом по лотку подается в емкость Л-4, где промывается от солей и избытка серной кислоты, подогретой до 50-60⁰С умягченной водой.

Крошка каучука в потоке промывной воды из емкости Л-4 по транспортировочному лотку поступает в концентратор Л-5.

В концентраторе Л-5 крошка каучука отделяется от промывной воды.

Для предупреждения застоев и комкования крошки каучука в концентраторы Л-3, Л-5, емкости Л-1, Л-2, Л-4 предусмотрена подача технологического воздуха.

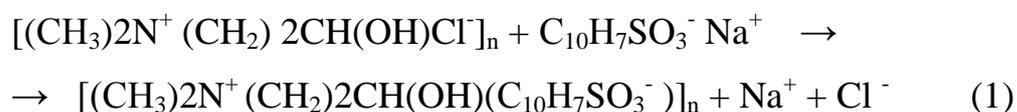
Из концентратора Л-5 крошка каучука через распределительное устройство поступает на узел обезвоживания, сушки, брикетирования и упаковки готовой продукции. [25].

ГЛАВА 2. ПРЕДЛАГАЕМАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА КОАГУЛЯЦИИ

2.1 Описание технологической схемы бессолевой коагуляции латекса

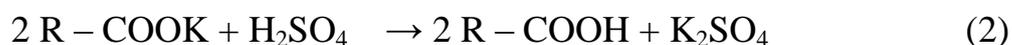
Механизм бессолевого выделения полиаминными электролитами описывается четырьмя реакциями (1-4):

1. Взаимодействием сульфогруппы лейканола или алкилсульфонатов в кислой среде с реагентом «ЭПАМ» с образованием нерастворимого комплекса

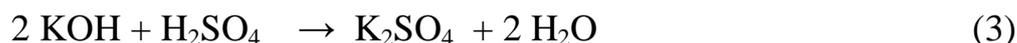


Образующаяся соль аммония нерастворима в воде и почти полностью остается в каучуке.

2. Реакция взаимодействия кислот эмульгатора (дегидроабиединовой, олеиновой, пальмитиновой) с серной кислотой



3. Нейтрализация избыточной щелочности серной кислотой



4. Взаимодействие кислоты с содой



При бессолевом выделении латекс должен характеризоваться не только четырьмя показателями (сухой остаток, вязкость по Муни, содержание антиоксиданта и остаточного мономера), но и содержанием лейканола – главным критерием расхода коагулянта, содержанием эмульгатора, который косвенно характеризуется поверхностным натяжением (δ). Прямое определение эмульгатора можно проводить кондуктометрическим титрованием, показателем рН латекса, который характеризует количество свободной щелочи, и на которую расходуется серная кислота [26].

Взаимодействие реагента дополняется образованием мостиковых связей рис.1, когда макроионы полиэлектролита закрепляются отдельными участками цепи одновременно на двух и более латексных частицах.

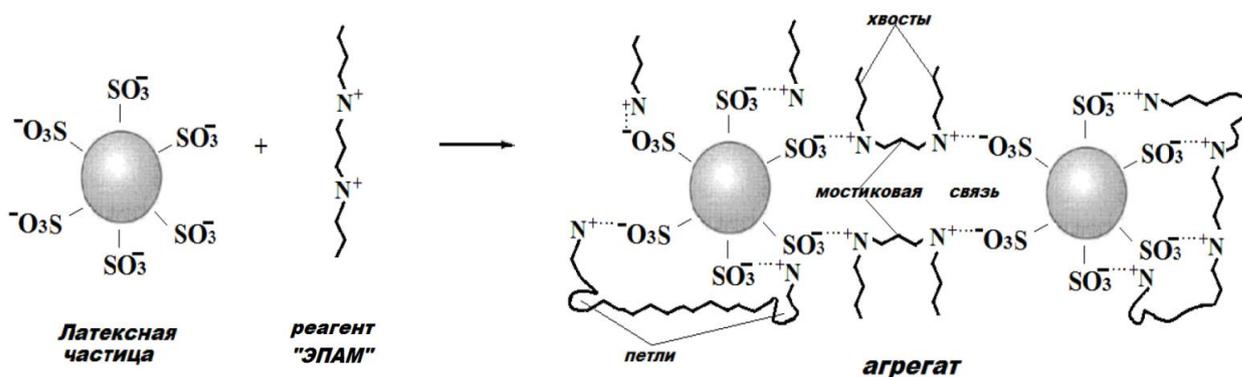


Рисунок 3 - Схема мостикового механизма агрегации частиц латекса действием реагента «ЭПАМ»

Интенсивность перемешивания при бессолевом выделении играет более существенную роль, чем при солевом выделении, и зависит не только от числа оборотов мешалки, но и от конструкции и взаимного расположения её лопастей.

Для предотвращения слипания и комкования крошки мешалка должна быть оснащена вариатором скорости.

Полнота коагуляции латекса регулируется подачей раствора коагулянта и pH среды. Температура коагуляции латекса 50 – 60 °С [27].

Коагулянт «ЭПАМ» завозят в отделение в конвейерах (бочках), и разогреваются в «тепляке». После разогрева до температуры 20-30° С концентрированный раствор коагулянта насосом закачивается через сетчатый фильтр в мерник. Из мерника рассчитанное количество концентрированного раствора коагулянта самотеком сливается в аппарат

Затем в аппарат подается из общего коллектора умягченная вода в количестве необходимом для приготовления 1,5-2,0% водного раствора и включается мешалка. Раствор коагулянта в аппарате перемешивается мешалкой в течении одного часа, перемешивание прекращается за 10 минут до начала с работки. Раствор коагулянта из аппарата насосом через фильтр подается на узел коагуляции.

Латексо - масляная эмульсия подается в эжекторный смеситель Л-1а. Реагент «ЭПАМ» подается в линию подачи серума в аппарат Л-1. Непрерывное смешение серума с раствором серной кислоты и раствором реагента «ЭПАМ» происходит в трубопроводе перед входом в емкость Л-1. В емкости Л-1 при постоянном перемешивании мешалкой латекса с подкисленным серумом происходит частичная коагуляция.

Частично коагулированная масса из верхней части емкости Л-1 по переливному трубопроводу непрерывно выводится в емкость Л-2.

В емкости Л-2 происходит дальнейшая коагуляция латекса, окончательно формируется крошка каучука [28].

Из емкости Л-2 по перетоку крошка каучука в потоке серума направляется в промывной аппарат Л-4, затем в концентратор Л-5.

Серум из концентратора Л-5 самотеком сливается в емкость Е-1, далее насосом Н-1/1,2 подается в емкость Л-1. Температура серума (50-60 ° С) в емкости Е-1 регулируется подачей острого пара в емкость Е-1. Избыток серума насосом Н-1/1,2 выводится из системы по трубопроводу в ХЗК.

Из концентратора Л-5 крошка каучука через распределительное устройство поступает на узел обезвоживания, сушки, брикетирования и упаковки готовой продукции [29].

2.2 Выбор и обоснование технологии производства

На ООО «Тольяттикаучук» для коагуляции латексов в производстве бутадиен-альфа-метилстирольных каучуков используется хлористый натрий и серная кислота.

Существующая технология выделения бутадиен – альфаметилстирольных каучуков с помощью хлористого натрия имеют следующие недостатки:

1. Процесс сопровождается загрязнением промышленных сточных вод биологически не разлагаемым лейканолом и хлоридами (диспергатор НФ –

лейканол применяется для получения латексов в производстве бутадиен-альфаметилстирольных каучуков в качестве дополнительного эмульгатора).

что отрицательно влияет на стабильность каучуков при тепловом старении. Соль катализирует все процессы старения.

2. Большой расход хлористого натрия на 1 тонну каучука.

3. Процесс сопровождается комкованием крошки каучука в концентраторе Л-3, что приводит к забивке технологической линии и снижению производительности агрегатов.

4. Большой расход горячей умягченной воды на 1 тонну каучука, соответственно большой расход пара для нагрева умягченной воды до температуры 45-60 °С в теплообменниках, перед подачей на узел промывки крошки каучука.

Решение этих проблем заключается в замене минеральной соли на синтетический реагент «ЭПАМ» и в изменении схемы каскада коагуляции, с исключением концентратора Л-3 и сокращении объема умягченной воды на промывку крошки каучука.

Перевод производства бутадиен - альфаметилстирольных каучуков на новую схему выделения позволит:

1. Сократить расход умягчённой воды на промывку крошки каучука и расход пара, подаваемого для нагрева воды;

2. Увеличить пробег оборудования между технологическими чистками;

3. Снизить энергопотребление линии выделения, за счет исключения работы привода скребкового механизма концентратора Л-3;

4. Уменьшить сброс хлоридов и лейканола в сточные воды. При бессолевой коагуляции в присутствии реагента «ЭПАМ» и при полном исключении хлорида натрия лейканол связывается в водонерастворимый комплекс и остается в каучуке.

5. Снизить затраты на реагент коагуляции латексов путем перехода на более экономичный и эффективный [30].

Расход коагулянта «ЭПАМ» является самым низким (2,3 кг на тонну каучука) по сравнению с коагулянтами, испытанными на родственных заводах (по отчетам ОАО «Омский каучук» расход коагулянта ОМП составил 6,6-7,3 кг/т каучука, коагулянта АПК-46 – 2,75-3,5 кг/т каучука; по отчетам ОАО «Воронежсинтезкаучук» расход ОМП составил 3,5-4,7 кг/т каучука). Учитывая, что цены на вышеперечисленные коагулянты сравнимы между собой использование коагулянта «ЭПАМ» экономически более выгодно.

Реагент «ЭПАМ» является водорастворимым полимером катионного типа, получаемый методом конденсационной полимеризации на основе эпихлоргидрина и амина и содержащий группы четвертичного аммония. Степень полимеризации – 10. Катионный заряд 7-8 мгэкв/г. Товарная форма – водный раствор полимера 50% концентрации. Имеет 4 класс опасности по ГОСТ 1.1.007 (малотоксичен). Безопасен при взрывах и пожарах. Выпускается по ТУ № 2494-008-55868659-2003. Санитарно-эпидемиологическое заключение № 52.НЦ.15.238.Т.000545.03.06 от 28.03.2006 г. Биологически разлагаемый продукт (отчет НИИХ ННГУ им. Н.И. Лобачевского, г. Н.Новгород, март 2005г.).

Производителем реагента «ЭПАМ» является ЗАО «Финэко» (г. Нижний Новгород). Производственная база в г. Дзержинске Нижегородской области. В настоящее время реагент «ЭПАМ» производится на промышленной установке с объемом производства 250-300 тонн в год. Одновременно выполняется проект производства реагента «ЭПАМ» с объемом производства до 2000 тонн в год. Таким образом, требуемое количество реагента «ЭПАМ» для ООО «Тольяттикаучук» будет обеспечено [31].

В период с 03.06.2013 по 03.10.2013 на установке выделения и сушки СБСК проведены опытно-промышленные испытания процесса коагуляции

латекса СКМС-30 на агрегатах выделения №№ 5,6 при исключении из схемы концентратора Л-3 при производстве каучука марки СКМС-30АРКМ-15.

Все применяемые в процессах коагуляции латекса СКМС-30 и сушки каучука СКМС-30 АРКМ-15 продукты и материалы соответствовали действующим требованиям и технологическому регламенту ТР-Е-2-27-10 «Технологический регламент выделения и сушки бутадиен - стирольного каучука» с дополнением № 1.

Коагуляция латекса на агрегатах № 5 и 6 проводилась по следующей схеме:

- подача латекса в эжекторный смеситель Л-1а/5,6;
- подача серума (предварительно смешанного с раствором серной кислоты и «Реагент «ЭПАМ») в нижнюю часть ёмкости Л-1/5,6;
- подача горячей умягченной воды (40-60°С) в Л-4 на промывку

Во время испытаний процесс коагуляции проходил при следующих параметрах:

- объёмное соотношение латекс : серум – 1:2 (2,5);
- расход «Реагент «ЭПАМ» – 2,3 кг/т каучука;
- расход серной кислоты – 12 кг/т каучука;
- рН серума в ап. Л-2/5,6 – 4,8 - 5,2;
- температура серума 50 - 60 °С;
- сухой остаток серума – 0,5 - 1,8 % масс.;
- массовая доля лейканола в серуме – 0,007 - 0,017 %;
- расход умягченной воды в Л-4 на 1 агрегат – 0 - 48 м³/час;
- температура умягченной воды в Л-4 – 40-60 °С.

Испытания проводились в 2 этапа. На первом этапе процесс проводился в обычном режиме. Количество промывной воды в ап. Л-4 составляло до 48 м³/час.

На втором этапе пульпа из аппарата Л-2 по перетоку направлялась в промывной аппарат Л-4, затем в концентратор Л-5; была снижена подача

промывной воды в ап. Л-4 до 10 м³/час с учетом переработки некондиционного каучука.

В ходе процесса контролировали сухой остаток латекса, концентрацию раствора «Реагент «ЭПАМ», рН и сухой остаток серума в ап. Л-2/5,6, массовую долю лейканола и реагента «ЭПАМ» в серуме, содержание хлоридов, лейканола, реагента «ЭПАМ» в сточных водах УВСБСК (насос № 150). Для контроля режима сушки крошки каучука проводили отбор проб каучука по зонам сушилки с последующим определением показателя «массовая доля летучих веществ».

Подача горячей промывной воды в ап. Л-4/5,6 (с учетом переработки БСК-1502) была постепенно снижена до 10 м³/час и ниже. На протяжении всего периода испытаний массовая доля золы в крошке каучука в ап. Л-4/5,6 не превышала 0,2 % (табл. 2.1).

Таблица 2.2.1 - Массовая доля золы в крошке каучука СКМС-30 АРКМ-15

Дата отбора	№ агрегата	Массовая доля золы (%) в крошке из аппаратов	
		Л - 2	Л - 4
03.06.2013 (контр.)	5	0.27	0.16
	6	0.24	0.18
10.06.2013	6	0.07	0.08
17.06.2013	6	0.11	0.10
24.06.2013	5	0.07	0.09
01.07.2013	6	0.09	0.11
08.07.2013	5	0.07	0.08
02.10.2013	5	0.11	0.09

Расход пара в сушилки С-1/5,6, конденсат с которых подается в теплообменник 85/1-3 для нагрева умягченной воды, подаваемой в Л-4 на промывку крошки каучука, снизился с 3,3 - 3,4 т/ч (апрель-май) до 1,7 - 1,8 т/ч (сентябрь-октябрь).

В таблице 2.2 приведены результаты определения показателя «массовая доля летучих веществ» в ходе отбора проб каучука после отжимных машин и по зонам сушки. Из приведённых данных видно, что

исключение из схемы коагуляции каучука СКМС-30АРКМ-15 концентратора Л-3 на агрегатах 5,6 не оказало заметного влияния на кинетику сушки каучука по сравнению с контрольным периодом.

Таблица 2.2.2 - Кинетика сушки каучука СКМС-30, АРКМ-15, БСК-15

Место отбора проб	Массовая доля летучих веществ, %							
	Норма	Малосолевая коагуляция		Бессолевая коагуляция				
		03.06.13 6 агр.	05.06.13 6 агр.	10.06.13 6 агр.	17.06.13 6 агр.	24.06.13 5 агр.	01.07.13 6 агр.	08.07.13 5 агр.
Отжимная машина М-1	не более 10%	7,6	8,0	7,9	8,0	8,4	7,8	8,7
Отжимная машина М-2		10,0	9,1	9,0	8,2	9,1	9,0	8,2
Зоны сушки:								
1		4,9	5,2	6,6	6,3	3,3	5,3	5,8
2		1,0	2,0	1,5	5,5	1,3	5,0	2,4
3		0,63	0,62	0,55	2,1	0,42	0,61	0,64
4		0,46	0,41	0,47	0,9	0,40	0,25	0,46
5		0,35	0,30	0,41	0,33	0,19	0,23	0,30
Готовый каучук	не более 0,6 %	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2

В период проведения опытно-промышленных испытаний осуществлялся периодический контроль серума с Л-2/5,6 на остаточное содержание «Реагента «ЭПАМ», лейкозола и рН среды; сточных вод УВСБСК (насос № 150) на рН среды, содержание взвешенных частиц, хлоридов, ХПК. Результаты аналитического контроля состава серума и сточных вод в сравнении с контрольным периодом работы 5,6 агрегатов приведены в таблице 2.2.2

Таблица 2.2.3 - Результаты аналитического контроля состава серума

Дата отбора, № агрегата	Содержание «Реагент ЭПАМ», мг/дм ³	Содержание лейканола, %	pH
03.06.2013 (контр.)	44,0	0,0163	5,0
10.06.2013 (6 агр.)	19,3	0,0091	4,9
13.06.2013 (5 агр.)	9,8	0,0082	5,4
17.06.2013 (6 агр.)	15,1	0,0057	5,7
24.06.2013 (5 агр.)	29,5	0,0084	4,0
01.07.2013 (6 агр.)	10,6	0,0068	5,8
08.07.2013 (5 агр.)	17,7	0,0070	5,3
02.10.2013 (5 агр.)	18,9	0,0071	5,6

Из данных таблицы 2.2.3 видно, что при исключении ап. Л-3 уровень значений содержания Реагента «ЭПАМ» и лейканола в серуме не превышал норм технологического регламента.

В результате проведения ОПИ по исключению концентратора Л-3 из технологической схемы каскада коагуляции установлено:

1. Достигнутый уровень значений показателя «массовая доля золы» в готовом каучуке составляет 0,06 – 0,2 % (при норме – не более 0,6 %).

2. Показатели готового каучука СКМС-30АРКМ-15, полученного по технологии бессолевой коагуляции с исключением концентратора Л-3, также соответствуют нормам ТУ2294-044-48158319-2010 и не уступают показателям контрольных образцов.

3. Показатели промышленных стоков установки выделения СБСК в основном не изменились, некоторое повышение содержания хлорид-ионов в стоках вызвано уменьшением степени разбавления промышленных стоков установки.

4. Расход умягченной воды на промывку крошки каучука с одного агрегата выделения при исключении из схемы коагуляции аппарата Л-3 сократился с 37 м³/час до 10 м³/час и ниже.

5. Расход пара в теплообменник, для нагрева умягченной воды, подаваемой в ап. Л-4 на промывку крошки каучука, снизился с 3,3 - 3,4 до 1,7 - 1,8 т/ч.

6. Экономия энергоресурсов за период испытаний в течение 3 месяцев составила 3 803 985 руб.; ожидаемый годовой экономический эффект – 13,948 млн. рублей.

2.3 Характеристика готовой продукции

Таблица 2.3.1 - Характеристика СКС-30АРКМ-15 по ТУ 38.403121-98 изм. 5

Наименование продукции в соответствии с НТД	Наименование показателя по ГОСТ или ТУ	Норма				
		3				
1	2	Марка А	Марка В	Марка С	Марка D	Марка N
Каучук синтетический бутадиен-стирольный СКС-30 АРКМ-15 /SBR-1706HI-ARH каучук синтетический бутадиен-стирольный СКС-30 АРКМ-15 / SBR-1706 TDAE, ТУ 38.403121-98 с изм. 5.	1 Вязкость по Муни МБ 1+4 (100 °С), ед.	От 48 до 51	50±4	45±4	40±4	От 35 до 65
	2 Массовая доля летучих веществ, %, не более	0,6	0,6	0,6	0,6	1,2
	3. Массовая доля антиоксиданта, % ВС-30А (CAS № 68610-06-0) или Агидол-2 (CAS № 119-47-1) или ВС-1*	От 1,0 до 2,0 От 0,6 до 1,2 От 0,15 до 0,35				
	4. Условное напряжение при 300 %-ном удлинении, МПа (кгс/см ²), не менее	10,8(110)	10,8(110)	10,8(110)	9,8(100)	9,8 (100)
	5. Условная прочность при растяжении, МПа (кгс/см ²), не менее	21,6 (220)	21,6 (220)	21,6 (220)	21,0 (214)	21,0 (214)
	6. Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	400	400	400	400	400
	7. Массовая доля золы, %, не более	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	8. Массовая доля органических кислот, %	От 5,0 до 6,4	От 5,0 до 6,4	От 5,0 до 6,4	От 5,0 до 6,4	От 4,0 до 7,0
	9. Массовая доля мыл органических кислот, %, не более	0,25	0,25	0,25	0,25	0,50
	10. Массовая доля связанного второго мономера (стирола или α-метилстирола), %	23,5±1,5	23,5±1,5	23,5±1,5	23,5±1,5	23,5±2,5
	11. Массовая доля сольвентного экстракта, %	22,0 ± 2,5	22,0 ±2,5	22,0 ±2,5	22,0 ±3,0	22,0 ± 4,0

Продолжение таблицы 2.3.1

1	2	3				
	12. Массовая доля масла, %	14-17	14-17	14-17	14-17	13-18
	13. Вулканизационные характеристики:		Факультативно		Факультативно	
	13.1 Минимальный крутящий момент (ML), дН-м		1,4-3,4		1,4-3,4	
	13.2 Максимальный крутящий момент (MH), дН-м		13,0-20,0		13,0-20,0	
	13.3 Время до начала вулканизации (ts1), мин		2,5 - 6,0		2,5 - 6,0	
	13.4 Время до достижения 50 % степени вулканизации (t'50), мин		6,5-11,5		6,5-11,5	
	13.5 Время до достижения 90 % степени вулканизации (t'90), мин		12,0-20,0		12,0-20,0	

Примечания:

1. Разброс вязкости по Муни внутри партии для марки А составляет не более 4 единиц, для марки В, С, D составляет не более 6 единиц, для марки N - не более 10 единиц.
2. Партии марки N формируются из продукции, не соответствующей по показателям качества требованиям марок А, В, С, D.
3. Допускается применение аналогов антиоксидантов агидола-2 (CAS № 119-47-1), или ВС-30А (CAS № 68610-06-0), или ВС-1.
4. Каучук может быть стабилизирован другим антиоксидантом, тип и дозировка которого должны быть оговорены при заказе.
5. Для марок D и N показатели пункта 13 не являются браковочными и носят информативный характер, определение вулканизационных характеристик обязательно.
6. Каучук марок А, В, С, D не должен содержать механических включений, а также включений структурированного и влажного полимера.

Таблица 2.3.2 - Характеристика каучука СКС-30 АРКПН по ТУ 38.40384-99 изм. 3

Наименование продукции в соответствии с НТД	Наименование показателя по ГОСТ или ТУ	Норма	
		Высший сорт	Первый сорт
Каучук синтетический бутадиен-стирольный СКС-30АРКПН /SBR-1502 с антиоксидантами различного типа, ТУ 38.40384-99, изм.3	1. Вязкость по Муни МБ 1+4 (100 °С), ед. Муни	от 48 до 58	от 48 до 58
	2. Разброс по вязкости внутри партии, не более	6	8
	3 Массовая доля летучих веществ, %, не более	0,8	0,8
	4. Массовая доля антиоксиданта, % ВС-30А или Агидол-2 или Фосфит НФ или АО-6 (полигард) или Вингстей Т	от 1,0 до 2,0 от 0,7 до 1,2 от 1,0 до 2,0 от 1,0 до 2,0 от 1,0 до 2,0	от 1,0 до 2,0 от 0,7 до 1,2 от 1,0 до 2,0 от 1,0 до 2,0 от 1,0 до 2,0
	5. Условное напряжение при 300 % удлинении, МПа (кгс/ см), не менее	13,0(133)	12,5 (128)
	6. Условная прочность при растяжении, МПа (кгс/см), не менее	22,5 (230)	22,1 (225)
	7. Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	420	420
	8. Массовая доля золы, %, не более	0,5	0,5
	9. Массовая доля металлов, %, не более, меди/золы - железа	0,0002/0,008	
	10. Массовая доля органических кислот, %	от 5,0 до 7,2	от 5,0 до 7,2
	11. Массовая доля мыл органических кислот, %, не более	0,3	0,3
	12. Массовая доля связанного второго мономера (стирола), %	от 22 до 25	от 22 до 25
	13 Вулканизационные характеристики:	Факультативно	
	13.1 Минимальный крутящий момент (ML), дН-м	от 2,0 до 2,8	
	13.2 Максимальный крутящий момент (M _н), дН-м	от 16,0 до 20,0	
13.3 Время до начала вулканизации (tsl), мин	от 2,5 до 4,0		
13.4 Время до достижения 50 % степени вулканизации (t' ₅₀), мин	от 8,8 до 11,0		
13.5 Время до достижения 90 % степени вулканизации (t' ₉₀), мин	от 17,0 до 22,5		

По согласованию с потребителем допускается применение аналогов антиоксиданта агидола-2: Lowinox 22M46, АОХ 22M46, Вулканокса ВКФ или других аналогов агидола-2.

Определение вулканизационных характеристик обязательно. Каучуки не должны содержать механических включений, а также включений влажного полимера

2.4 Характеристика сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов

Таблица 2.4.1 - Характеристика сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов

Наименование сырья, материалов, полупродуктов, энергоресурсов	Государственный или отраслевой стандарт, СТП, технические условия, регламент или методика на подготовку сырья	Показатели по стандарту, обязательные для проверки	Регламентируемые показатели
1	2	3	4
Латекс для производства каучука СКС-30АРКМ-15	Технологический регламент ТР-Е-1-9-01-13 «Получение латекса СКМС-30АРК в цехе «Е-1-9».	1. Вязкость по Муни МБ 1+4 (100 °С) каучука в латексе, ед., в пределах	Марка А: от 75 до 85 Марка В: от 73 до 86 Марка С: от 68 до 84 Марка D: от 63 до 79
		2. Массовая доля сухого остатка, %, не менее	18,0
		3. Массовая доля остаточного альфаметилстирола, %, не более:	0,3
Латекс для производства каучука СКС-30АРКПН	Технологический регламент ТР-Е-1-9-01-13 «Получение латекса СКМС-30АРК в цехе «Е-1-9».	1. Вязкость по Муни МБ 1+4 (100 °С) каучука в латексе, ед., в пределах	От 50 до 57
		2. Массовая доля сухого остатка, %, не менее	18,0
		3. Массовая доля остаточного стирола, %, не более	0,2
		4. Массовая доля антиоксиданта, %, в пределах: Вингстей-Г ВС-30А	От 0,7 до 2,0 От 1,0 до 2,0
Реагент «ЭПАМ»	ТУ 2494-008-55868659-2003	1. Внешний вид	вязкая жидкость желтого цвета, допускается опалесценция
		2. Массовая доля не летучих веществ, %	От 50 до 52
		3. Условная вязкость по вискозиметру при температуре (20 ± 1 °С)	От 25 до 100
		4. рН 10 % водного раствора в дистиллированной воде ед. рН, не более	2,5

Продолжение таблицы 2.4.1

1	2	3	4
Стабилизатор ВС-30А	ТУ38.40367-87	1. Внешний вид	вязкая жидкость от светло-желтого до светло-коричневого цвета
		2. Массовая доля ВС-30А, %, не менее	90
		3. Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С, не ниже	116
Экстракт остаточный селективной очистки ПН-6 марка «ПН-6к»	ТУ 0258-018-48120848-2002 с изменением № 1	1. Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с, в пределах	От 25 до 35
		2. Анилиновая точка, °С	55-70
		3. Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С, не ниже	230
		4. Температура застывания, °С, не выше	40
		5. Плотность при 20 °С, г/см ³ , в пределах	От 0,940 до 0,970
Раствор антиоксиданта ВС-1 в масле ПН-6к	Технологический регламент ТР-23-08 «Прием и откачка химического сырья и приготовления полуфабрикатов в цехе Е-4»	1. Массовая доля антиоксиданта ВС-1, %, в пределах	От 1,5 до 2,0
Серная кислота техническая контактная	ГОСТ 2184-77 с изм. 1,2,4 улучшенная, сорт 1.	1. Массовая доля моногидрата, %, в пределах	От 92,5 до 94,0
		2. Массовая доля железа, %, не более	0,015
Натровая щёлочь	Технологический регламент ТР-23-08 «Прием и откачка химического сырья и приготовления полуфабрикатов в цехе Е-4»	1. Массовая доля гидроксида натрия, %, не более	10
Вода умягченная	И-23-09-ОМК	1. Жесткость, общая, мг экв/л, не более	0,07
		2. Массовая доля взвешенных веществ, мг/л, не более	15
		Прозрачность, см, не менее	20
		Температура, °С, не менее	10
		Давление, кгс/см ² , не ниже	4

2.5 Аналитический контроль процесса

Таблица 2.5.1 - Аналитический контроль процесса

Наименование стадий процесса, анализируемый продукт	Метод отбора пробы (места установки анализатора)	Контролируемые показатели	Методы контроля (методика анализа ГОСТ или ТУ)	Норма	Частота контроля	Контролирующие органы
1	2	3	4	5	6	7
Приготовление раствора серной кислоты - раствор серной кислоты	из линии нагнетания насоса №86а	Массовая доля серной кислоты, %	Титрометрический (методика № 22)	1,0-2,0	1 раз в сутки и по требованию	Лаборатория по контролю производства СБСК
Приготовление раствора ЭПАМ - раствор реагента ЭПАМ	из емкости №44/1-4	массовая доля реагента ЭПАМ, % масс.	по ТУ 2494-008-55868659-2003, п.4.2	1,5±2,0	каждая партия	ЛП СБСК
Выделение каучука из латекса -латекс СКМС -30АРК	из емкости № 1 Для каучука СКМС-30 АРКМ-15	вязкость каучука в латексе группа 1 группа 2	вискозиметром Муни (методика №1 и методика ТУ 2294-044-48158319-2005)	60÷73 74÷85	От каждой партии и по требованию	ЛП СБСК
		Массовая доля свободного альфаметилстирола, %, не более	Отгонкой с водяным паром (методика № 3)	0,3 на прямотоке 0,2 на противотоке	От каждой партии	ЛП СБСК
		Массовая доля каучука, %, не менее	Высушиванием (методика № 5)	18	От каждой партии и по требованию	ЛП СБСК
Серум	Переток между емкостью Л-2 и Л-4	1. Содержание «Реагент ЭПАМ», мг/дм ³ , не более	-	50	По требованию	ЛП СБСК
		2. Массовая доля каучука, г/л, не более	Весовой (методика № 40)	1,0	По требованию	ЛП СБСК
		3. Содержание лейканола, %, не более	-	0,01	По требованию	ЛП СБСК
Сушка каучука: - каучук перед сушкой	Крошка каучука на выходе отжимной машины М-1/1,2	Потери массы в каучуке, %, не более	Высушиванием	10	По требованию	ЛП СБСК

Продолжение таблицы 2.5.1

Товарный каучук: - СКМС-30 АРКМ-15	Конвейер с пробо-отборником №А-10/5,6	Вязкость по Муни МБ 1+4 (100°С)	На вискозиметре типа Муни, ГОСТ 10722-76	Согласно требованиям ГОСТ 11138-78, с изм. №1,2,3,4,5, 6 или ТУ 2294-044-48158319-2005	Не менее 10 проб от каждой партии	Лаборатория ЦЗЛ
		Эластичное восстановление, мм	На дефометре ДМ-2, ГОСТ 10201-75		3 пробы от каждой 10-й пробы	
		Условная прочность при растяжении, МПа	На разрывной машине, ГОСТ 270-75		1 проба от каждой 5-й партии	
		Относительное удлинение при разрыве, %	На разрывной машине, ГОСТ 270-75		1 проба от каждой 5-й партии	
		Эластичность по отскоку, %	На приборе типа Шоба, ГОСТ 27110-86		1 проба от каждой 5-й партии	
		Массовая доля антиоксиданта ВС-1, %	Колориметрически, ГОСТ 11138-78		1 проба от каждой партии	
		Массовая доля органических кислот, %	Титрованием, ГОСТ 19816.1-91		1 проба от каждой партии	
		Массовая доля мыл органических кислот, %	Титрованием, ГОСТ 19816.1-91		1 проба от каждой партии	
		Массовая доля масла, %	Экстрагированием, ГОСТ 24919-91		1 проба от каждой партии	
		Массовая доля связанного альфаметилстирола, %	Рефрактометрически, ГОСТ 24654-81		1 проба от каждой партии	
		Массовая доля золы, %	Озолением, ГОСТ 19816.4-91		1 проба от каждой партии	
		Массовая доля меди, %	Колориметрически, ГОСТ 19816.4-91		1 проба от каждой партии	
		Массовая доля железа, %	Колориметрически, ГОСТ 19816.4-91		1 проба от каждой п.	
		Потеря массы при сушке, %	Высушиванием, ГОСТ 19338-90		3 пробы от каждой партии	
Коагуляция латекса	Емкость Л-1	рН среды в аппарате	Потенциометрический (методика №26) рН метр	4,8 – 5,2	поз. 501	Аппаратчик коагуляции
Промывная вода	Емкость Л-4	рН	Потенциометрический (методика №26) рН метр	6,0-8,0	1 раз в смену	Аппаратчик ФСК
Промывная вода, отжатая из каучука	На линии из гидрозатвора Пн-1в ХЗК	рН	Потенциометрический (методика №26) рН метр	6,0-7,0	1 раз в сутки	Аппаратчик ФСК

2.6 Системы контроля и управления процессом коагуляции латекса

Таблица 2.6.1 - Система контроля и управления процессом

Наименование стадий процесса, показатели режима	Номер позиции прибора на схеме	Ед. изм.	Допустимые пределы технологического режима	Требуемый класс точности измерительных приборов	Способы и средства измерения, обеспечивающие контроль и исключающие выход параметров за установленные пределы
2	3	4	5	6	7
Расход латекса (ЛМЭ) на коагуляцию в эжектор Л-1а	301	т/час	10 - 25	1	регулирование регистрация
Расход серума в емкость Л - 1	303	м ³ /час	30 - 60	1	регулирование регистрация
рН среды в емкости Л - 1	501	рН	4,8 - 5,2	1	регулирование регистрация
Температура серума в емкости Л-1	107	°С	45 - 60	1	регулирование регистрация
Расход раствора реагента «Эпам»	8208	кг/тн г.п.	2,3	1	регулирование регистрация
Температура горячей умягченной воды	112	°С	40-60	1	регулирование регистрация
Расход горячей умягченной воды	304	м ³ /тн г.п.	4,5-5	1	регулирование регистрация

ГЛАВА 3. РАСЧЕТ МАТЕРИАЛЬНОГО И ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА

3.1 Исходные данные для расчета материального баланса

Таблица 3.1.1 - Рецептúra полимеризации латексов

№	Ингредиенты	Массовых частей
1	Бутадиен	71
2	Альфаметилстирол	29
3	Комплексный эмульгатор ЭДиСКАН-1010	5,6
4	Лейканол	0,3
5	Ронгалит	0,08
6	Сода кальцинированная	0,2
7	Железо сернокислое закисное, семиводное	0,01
8	Трилон Б	0,02
9	Гидроксид пинана	0,050
10	Трет-додецилмеркаптан	0,16
11	Вода	200
12	ДЭГА	0,05
13	Пеногаситель	0,03

Дозировки компонентов на стадии выделения каучуков

Таблица 3.1.2 - Дозировки компонентов на стадии выделения каучуков

№	Наименование	Дозировка
1	Антиоксидант ВС-1, % на каучук	0,2
2	Масло ПН-6, кг/т каучука	150
4	Коагулянт, кг/т каучука	2,3
5	Серная кислота, кг/ т каучука	12
6	Соотношение подачи латекса к серуму	1:2
7	Умягченная вода на промывку, м ³ /т каучука	5
8	Плотность горячей умягченной воды, г/см ³	0,986

Таблица 3.1.3 - Показатели процесса для расчета материального баланса

1	Производительность установки, тн/ч	4,0
2	Конверсия мономеров общая, %	70
3	Содержание сополимера в латексе, %	20
4	Содержание активного вещества в лейканоле, %	70
5	Содержание сульфата натрия в лейканоле, %	30
6	Содержание воды в крошке каучука после отжима, %	7,0
7	После коагуляции латекса органические остатки мыл смоляных и жирных кислот переходят в свободные кислоты в отношении к их сходному количеству, %	95
8	Лейканол под действием коагулянта связывается в нерастворимый комплекс в количестве, % от исходного	97
9	Концентрация раствора серной кислоты, %	2
10	Концентрация раствора реагента «ЭПАМ», %	1,5
<i>В товарном каучуке остаются:</i>		
11	Мыла смоляных кислот, % от содержания в пульпе	30
12	Мыла жирных кислот, % от содержания в пульпе	30
13	Свободные смоляные и жирные кислоты, % от содержания в пульпе	100
14	Лейканол, % от содержания в пульпе	50
16	Комплекс лейканола и синт. коагулянта, % от содержания в пульпе	100
17	Пинан, % от содержания в пульпе	80
18	ТДМ, % от содержания в пульпе	80
19	ДЭГА, % от содержания в пульпе	20
20	Пенегаситель, % от содержания в пульпе	80
21	Антиоксидант, % от содержания в пульпе	98
22	Сульфаты, % от содержания в пульпе	8,5

Уравнения химических реакций, стехиометрические показатели которые использовались для расчета материального баланса. Взаимодействие калиевого мыла смоляных кислот с серной кислотой (баланс составлялся по абиетиновой кислоте):



Взаимодействие калиевого мыла жирных кислот с серной кислотой (баланс составлялся по стеариновой кислоте):



Взаимодействие соды кальцинированной с серной кислотой:



Взаимодействие сульфита натрия с серной кислотой:



Взаимодействие железо-трилонового комплекса с серной кислотой:



Взаимодействие ронгалита с серной кислотой



Формальдегид за счет кислорода воздуха окисляется до муравьиной кислоты.

Сернистый ангидрид взаимодействует с водой с образованием сернистой кислоты.

3.2 Материальный баланс

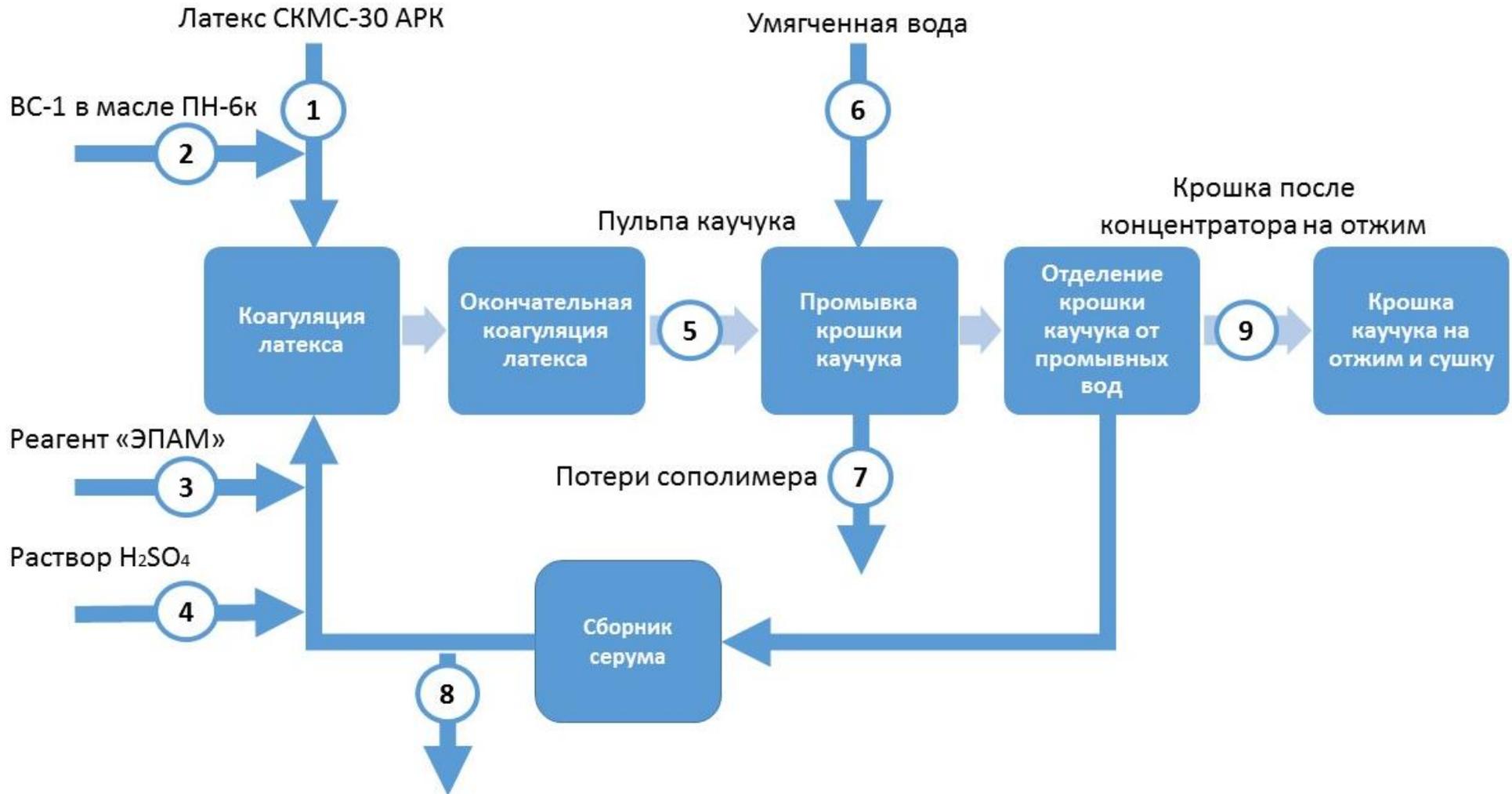


Рисунок 4 - Процесс коагуляции латекса

Таблица 3.2.1 - Материальный баланс выделения каучука СКМС-30 АРКМ-15 при коагуляции латекса бессолевым методом, в присутствии реагента «ЭПАМ» (на 4 тн. товарного каучука)

№, п/п	Компоненты	Номер потока							
		1		2		3		4	
		Латекс СКМС-30 АРК		ВС-1 в масле ПН-6к		Раствор реагента «ЭПАМ»		Серная кислота	
		кг	%	кг	%	кг	%	кг	%
1	Сополимер	3121,8	20,35						
2	Альфаметилстирол	27,61	0,18						
3	Комплексный эмульгатор ЭДиСКАН	249,24	1,62						
4	Лейканол	9,36	0,06						
5	Свободные смоляные и жирн. кислоты								
6	Сульфаты и прочие соли	18,08	0,12						
7	Прочие органические вещества	9,28	0,06						
8	Масло ПН-6к			619,96	98,50				
9	Антиоксидант ВС-1			9,44	1,50				
10	Реагент «ЭПАМ»					9,20	1,50		
11	Комплекс лейканола и реагента «ЭПАМ»								
12	Серная кислота							45,64	2,00
13	Едкий натрий								
14	Вода	11904,15	77,60			604,13	98,50	2236,36	98,00
15	ИТОГО:	15339,52	100,00	629,40	100,00	613,33	100,00	2282,00	100,00

Продолжение таблицы 3.2.1

№, п/п	Компоненты	Номер потока									
		5		6		7		8		9	
		Пульпа каучука (без учета циркуляции серума)		Умягченная вода		Потери на «мокрой» группе		Сброс избытка серума		Крошка после концентратора на отжим	
		кг	%	кг	%	кг	%	%	%	кг	%
1	Сополимер	3121,8				2				3119,80	
2	Альфаметилстирол	27,61						7,63	0,02	19,98	7,63
3	Комплексный эмульгатор ЭДиСКАН	12,48						8,56	0,03	3,92	8,56
4	Лейканол	0,28						0,16	0,00	0,12	0,16
5	Свободные смоляные и жирн. кислоты	209,56								209,56	
6	Сульфаты и прочие соли	90,88						79,20	0,26	11,68	79,20
7	Прочие органические вещества	9,28						4,16	0,01	5,12	4,16
8	Масло ПН-6к	619,96								619,96	
9	Антиоксидант ВС-1	9,44								9,44	
10	Реагент «ЭПАМ»										
11	Комплекс лейканола и реагента «ЭПАМ»	18,28								18,28	
12	Серная кислота	0,04									
13	Едкий натрий			2,4	0,01						
14	Вода	14744,64		20021,6	99,98			30750,82	99,67	4017,86	30750,82
15	ИТОГО:	18864,25		20024,0	100,0	2		100,00	100,00	312,86	100,00

Таблица 3.2.2 - Расход компонентов при солевой коагуляции

Наименование компонентов	На тонну каучука (кг)	На 4 тонны каучука (кг)
Латекс СКМС-30 АРК	3839,45	15357,8
Хлорид натрия	256	1024
Серная кислота	16	64
Серум	7678,9	30715,6

Таблица 3.2.3 - Расход компонентов при бессолевой коагуляции

Наименование компонентов	На тонну каучука (кг)	На 4 тонны каучука (кг)
Латекс СКМС-30 АРК	3834,88	15339,52
Серная кислота	12	48
Реагент «ЭПАМ»	2,3	9,2
Серум	7669,76	30679,04

3.3 Расчет основного аппарата

Исходные данные:

Объемная подача серума – 56 м³/ч;

Плотность серума – 990 кг/м³;

Плотность пульпы каучука – 960 кг/м³;

Время пребывания крошки каучука в аппарате – 0,2 ч. (12 мин.);

Коэффициент заполнения аппарата – 0,96.

Рассчитаем необходимую полезную емкость аппарата по формуле (3.7) [32]:

$$V_p = V \cdot \tau = (m_{\text{п}}/\rho_{\text{п}} + V_c) \cdot \tau \quad (3.7)$$

где V – количество подаваемой смеси, м³/ч;

$m_{\text{п}}$ – масса пульпы каучука из материального баланса, кг;

$\rho_{\text{п}}$ – плотность пульпы каучука, кг/м³;

V_c – объемная подача серума, м³/ч;

τ – время пребывания пульпы каучука в аппарате, ч.

$$V_{\text{апп.}} = (18864,25/960 + 56) \cdot 0,2 = 15,13 \text{ м}^3$$

Рассчитаем полный объем аппарата по формуле (3.8):

$$V_{\text{апп.}} = V_p / \varphi \quad (3.8)$$

где φ – коэффициент заполнения аппарата;

$$V_{\text{апп.}} = 15,13 / 0,96 = 15,76 \text{ м}^3$$

Аппарат для проведения процесса коагуляции представляет собой вертикальную цилиндрическую емкость с мешалкой для смешивания частично агломерированной массы с подкисленным серумом.

Принимаем типовой аппарат объемом 16 м^3 , диаметром 2400 мм, высотой 3860 мм.

Рассчитаем толщину стенки обечайки по формуле (3.9):

$$S_R = P \cdot D / (2[\sigma] \cdot \varphi - P) + C \quad (3.9)$$

где P – рабочее давление (атмосферное)

D – диаметр аппарата (2400 мм)

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение стали (160 кгс/см^2)

φ – коэффициент прочности сварного шва (0,8)

C – сумма прибавок к расчетной толщине стенки (0,18 мм)

$$S_R = 1 \cdot 2400 / (2 \cdot 160 \cdot 0,8 - 1) + 0,18 = 9,5 \text{ мм}$$

Принимаем толщину стенки обечайки 10мм.

Рассчитаем толщину стенки днища по формуле (3.10) [33]:

$$S_R = P \cdot D / (2[\sigma] \cdot \varphi - 0,5 \cdot P) + C \quad (3.10)$$

где P – рабочее давление (атмосферное)

D – диаметр аппарата (2400 мм)

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение стали (160 кгс/см^2)

φ – коэффициент прочности сварного шва (0,8)

C – сумма прибавок к расчетной толщине стенки (0,18 мм)

$$S_R = 1 \cdot 2400 / (2 \cdot 160 \cdot 0,8 - 0,5 \cdot 1) + 0,18 = 9,6 \text{ мм}$$

Принимаем толщину стенки днища 10 мм.

Расчет мешалки [34].

Для определения режима перемешивания определяем критерий Рейнольдса по формуле (3.11):

$$Re = n * \rho * d^2 / \mu \quad (3.11)$$

где n – число оборотов мешалки (3об/с)

ρ – плотность латекса (963 кг/м³)

d – диаметр лопасти (800 мм)

μ – динамическая вязкость (0,98*10⁻³ Па*с)

$$Re = 3 * 963 * 0,8^2 / 0,98 * 10^{-3} = 1886693,8$$

Значение коэффициента сопротивления определяем по графику зависимости коэффициента сопротивления от критерия Рейнольдса, принимаем значение: $Re = 1886693,8 \rightarrow C = 0,8$, но кроме этого вводится поправочный коэффициент шероховатости:

$$C = 0,8 * 1,68 * 1,28 * 1,1 * 1,1 = 2,08$$

Рассчитаем рабочую мощность, потребляемую мешалкой по формуле (3.12):

$$N_p = c * d^5 * n^3 * \rho \quad (3.12)$$

$$N_p = 2,08 * 0,8^5 * 3^3 * 963 = 14177 \text{ Вт}$$

Принимаем КПД передачи от электродвигателя к валу 0,8. Коэффициент запаса мощности $\phi = 1,2$, тогда мощность электродвигателя равна:

$$N_{дв} = 1,2 * 14177 / 1000 * 0,8 = 24,26 \text{ кВт}$$

Принимаем мощность мешалки 30 кВт.

Согласно расчетам принимаем аппарат с мешалкой, имеющий следующие технические характеристики:

объем	16 м ³
диаметр	2400 мм

высота цилиндрической части	3800 мм
общая высота	5760 мм
расчетное давление	атмосферное
расчетная температура	60 °С
мешалка	трехлопастная, двухъярусная
радиус лопасти мешалки	800 мм
угол наклона лопасти:	
у вала мешалки	60°
в конце лопасти	30°
число оборотов мешалки	180 – 200 об/мин
мощность электродвигателя	30 кВт

3.4 Тепловой расчет

Цель теплового расчета – провести проверочный расчет кожухотрубчатого двухходового теплообменника, диаметром 600 мм, с числом труб 133 в одном ходе, длиной теплообменных труб 2000 мм и площадью поверхности $F = 38 \text{ м}^2$. Производительность $G_{\text{хол.}} = 20 \text{ т/ч}$ для нагревания умягченной воды от начальной температуры $T_{\text{н}} = 10 \text{ }^{\circ}\text{С}$ до $T_{\text{к}} = 55 \text{ }^{\circ}\text{С}$ (при нормальном давлении). Нагревание проводится водяным паром, давление которого $P = 12 \text{ кгс/см}^2$, в

Из основного уравнения теплопередачи:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} \quad (3.13)$$

где F – площадь теплопередающей поверхности, м^2 ;

Q – тепловая нагрузка аппарата, Вт;

K – коэффициент теплопередачи, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

Δt_{cp} – средний температурный напор, К.

3.4.1 Определение тепловой нагрузки аппарата

Нагревание умягченной воды осуществляется в горизонтальном теплообменнике теплотой конденсирующего пара, поэтому тепловую нагрузку определим по формуле (3.14) [35]:

$$Q = G_{\text{хол}} \cdot C_{\text{хол}} \cdot (T_{\text{к}} - T_{\text{н}}) \cdot \chi \quad (3.14)$$

где $G_{\text{хол}}$ – массовый расход воды, кг/с;

$C_{\text{хол}}$ – средняя удельная теплоемкость воды, Дж/(кг·К);

$T_{\text{к}}, T_{\text{н}}$ – конечная и начальная температуры воды, К;

χ – коэффициент, учитывающий потери теплоты в окружающую среду при нагревании, $\chi = 1,05$.

Найдем среднюю температуру умягченной воды:

$$T_{\text{ср}} = \frac{T_{\text{н}} + T_{\text{к}}}{2} = \frac{10 + 55}{2} = 32,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Этому значению температуры соответствует $C_{\text{хол}} = 4,11 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К);

$\rho = 995 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 62,1 \cdot 10^2 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$, $\text{Pr} = 5,2$.

Тогда

$$Q' = 5,56 \cdot 4,11 \cdot 10^3 \cdot (55 - 10) = 1028322 \text{ Вт}$$

с учетом потери

$$Q = Q' \cdot 1,05 = 1028322 \cdot 1,05 = 1079738,1 \text{ Вт}$$

3.4.2 Определение расхода пара

Расход пара определим по формуле (3.15):

$$Q = D \cdot r \quad (3.15)$$

где D – расход пара, кг/с;

r – скрытая теплота конденсации пара, Дж/кг.

По [12] при $P_{\text{п}} = 12 \text{ кгс/см}^2$, $r = 1980 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$, $T_{\text{конд.}} = 187 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Из формулы (3.15) следует, что

$$D = Q / r = 1079738,1 / 1980 \cdot 10^3 = 0,55 \text{ кг/с}$$

3.4.3 Расчет коэффициентов теплоотдачи и коэффициента теплопередачи

Коэффициент теплоотдачи при конденсации водяного пара на пучке горизонтальных труб без учета температуры стенки рассчитывается по формуле (3.16):

$$\alpha_1 = 2,02 \cdot \varepsilon \cdot \lambda_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{\rho_1^2 \cdot L \cdot n}{\mu \cdot G_1}} \quad (3.16)$$

где G – массовый расход конденсирующегося пара, $G = 0,55$ кг/с;

n – число труб в аппарате длиной L , шт;

ε – коэффициент в зависимости от числа труб в вертикальном ряду, для 266 труб равен 0,6;

λ_1, ρ_1, μ_1 – теплопроводность, плотность и вязкость конденсата при температуре конденсации [36].

По формуле (3.16)

$$\alpha_1 = 2,02 \cdot 0,6 \cdot 66,9 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt[3]{\frac{876^2 \cdot 2 \cdot 266}{0,669 \cdot 10^{-3} \cdot 0,55}} = 8394 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Режим движения воды в трубках аппарата:

Проверим скорость движения воды в трубах аппарата:

$$W_2 = G / 0,785 \cdot d^2 \cdot n \cdot \rho = 5,56 / 0,785 \cdot 0,021^2 \cdot 133 \cdot 995 = 0,12 \text{ м/с}$$

Значение скорости находится в рекомендуемых пределах.

Для определения режима движения воды вычислим численное значение критерия Рейнольдса по формуле (3.17):

$$Re = \frac{W_2 \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho}{\mu_2} = \frac{0,12 \cdot 0,021 \cdot 995}{803 \cdot 10^{-6}} = 3123 \quad (3.17)$$

Т.к. $2300 < Re < 10000$, значит режим движения жидкости переходный. Он характеризуется неустойчивой во времени структурой потока. Воспользу-

емся приближенной формулой (3.18) для расчета коэффициента теплоотдачи [37]:

$$Nu_2 = (-9,332 + 5,801 \cdot 10^{-3} \cdot Re_2 - 1,5564 \cdot 10^{-7} \cdot Re_2^2) \cdot Pr_2^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}}\right)^{0,25} \quad (3.18)$$

где $Nu_2 = \frac{\alpha_2 \cdot d_{вн}}{\lambda_2}$ – критерий Нуссельта;

$Re_2 = \frac{\omega_2 \cdot d_{вн}}{\gamma_2}$ – критерий Рейнольдса;

$Pr_2 = \frac{\mu_2 \cdot C_2}{\lambda_2}$ – критерий Прандтля;

$\left(\frac{Pr}{Pr_{cm}}\right)^{0,25}$ – отношение, учитывающее влияние направления теплового

потока (нагревание или охлаждение) на интенсивность теплоотдачи.

Отношение $\left(\frac{Pr}{Pr_{cm}}\right)^{0,25}$ принимаем равным 1, тогда по формуле (3.18):

$$Nu_2 = (-9,332 + 5,801 \cdot 10^{-3} \cdot 3123 - 1,5564 \cdot 10^{-7} \cdot 3123^2) \cdot 5,2^{0,43} \cdot 1 = 14,8$$

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{вн}} = \frac{14,8 \cdot 62,1 \cdot 10^{-2}}{0,021} = 437,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Принимаем тепловую проводимость загрязнений со стороны греющего пара [38]:

$$\frac{1}{r_{загр1}} = 11600 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

а со стороны воды [36, табл. XXXI]:

$$\frac{1}{r_{загр2}} = 5800 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

$$\delta_{cm} = 0,0015,$$

$$\lambda_{cm} = 46,5.$$

Тогда

$$\sum r_{загр} = \frac{1}{\frac{1}{5800} + \frac{0,0015}{46,5} + \frac{1}{11600}} = 3448 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Или

$$\sum r_{cm} = \frac{1}{3448} = 2,9 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}},$$

где $\sum r_{cm}$ – сумма термических сопротивлений всех слоев, из которых состоит стенка, включая слои загрязнений.

Так как теплообменная трубка тонкостенная ($d_{вн} > \frac{1}{2}d_{н}$), то для расчета коэффициента теплопередачи применяем формулу (3.19) для плоской стенки [39]:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_{cm} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (3.19)$$

где α_1, α_2 – коэффициенты теплопередачи со стороны пара и воды,

$$\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})};$$

$\sum r_{cm}$ – сумма термических сопротивлений.

По формуле (3.19)

$$K = \frac{1}{\frac{1}{8394} + 2,9 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{437,7}} = 371 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Расчетная площадь поверхности теплообмена по формуле (3.13):

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{1079738,1}{371 \cdot 154,5} = 18,83 \text{ м}^2$$

Площадь поверхности теплообмена существующего теплообменного аппарата $F=38 \text{ м}^2$, что отвечает требуемой поверхности.

3.4.4 Обозначение теплообменного аппарата

Диаметр кожуха $D = 600 \text{ мм}$

1) Тип аппарата ТНГ – теплообменник с неподвижными трубными решётками горизонтальный.

2) Условное давление в трубах – 0,3 МПа, условное давление в кожухе – 1,2 МПа.

- 3) Исполнение по материалу – M_1 .
- 4) Исполнение по температурному пределу – 0 – обыкновенное.
- 5) Диаметр трубы $d= 25$ мм.
- 6) Состояние поставки наружной трубы – Г – гладкая.
- 7) Длина труб $L= 2,0$ м.
- 8) Число ходов – 2.

3.4.5 Выбор вспомогательного аппарата

Вспомогательный аппарат предназначен для сбора серума. Емкость снабжена барботером.

Техническая характеристика:

Объем	15,2 м ³
Диаметр	1800 мм
Высота цилиндрической части	6000 мм
Расчетное давление	атмосферное
Расчетная температура	100 °С
Материал	06ХН28МДТ 10Х17Н13М2Т

3.5 Экономический расчет

3.5.1 Сравнение базового и проектируемого вариантов

В бакалаврской работе рассматривается процесс выделения бутадиен-стирольного каучука бессолевым способом. Ранее коагуляция латекса проводилась в присутствии хлорида натрия, что отрицательно сказывается на экологических аспектах. При замене хлорида натрия на коагулянт «ЭПАМ», достигается снижения себестоимости выпускаемой продукции за счет перехода на более экономичный реагент коагуляции латексов и снижения удельных норм на мономеры.

Описание базового и проектируемого производственного процесса представлено в таблице 3.5.1

Таблица 3.5.1 - Краткая характеристика сравниваемых вариантов

Базовый вариант	Проектируемый вариант
Выделение каучука с использованием хлорида натрия. Производительность 4,0 т/час.	Выделение каучука бессолевым способом. Замена хлорида натрия на реагент «ЭПАМ». Производительность 4,0 т/час.

Для расчета показателей экономической эффективности заданы следующие параметры:

Валюта расчета: Российский рубль.

Расчетный период (горизонт расчета): 15 лет с момента начала капитальных вложений.

Цена на реагент «ЭПАМ»: 110,16 руб./кг.

Ставка дисконтирования: 16,8%.

Ставка налога на прибыль: 24%.

Ставка налога на имущество: 2,2%.

Объем производства СКМС-30 АРКМ-15: 53 000 тонн в год.

Стоимость 1 гКал пара - 792 руб.

Стоимость 1 м³ умягченной воды - 2,485 руб.

Стоимость 1 кВт эл. энергии -1,96 руб.

3.5.2 Расчёт расходов на сырьё и полуфабрикаты

Годовой расход сырья, материалов и полуфабрикатов определяется по формуле (4.1) [40]:

$$P_{с.год} = P_{час} \cdot \Phi_{э}; \quad (4.1)$$

где $P_{год}$ - годовой расход сырья и полуфабрикатов;

$P_{час}$ - часовой расход сырья и полуфабрикатов

Расход сырья на одну тонну продукции рассчитывается по формуле (4.2):

$$P_{суд} = P_{сгод} / M; \quad (4.2)$$

Таблица 3.5.2- Расход сырья на одну тонну продукции

Вид сырья, материалов, полуфабрикатов	Расход на одну тонну продукции, кг		Цена за единицу, руб	Сумма, руб.	
	базовый	проектный		базовый	проектный
Латекс	3839,45	3834,88	6,53	25059,71	25029,88
Серная кислота	16	12	2,89	46,24	34,68
Хлорид натрия	256	0	2	512	0
Реагент «ЭПАМ»	0	2,3	110,16	0	253,37
Итого	4111,45	3849,18		25617,95	25317,93

3.5.3 Расчёт расходов на топливо и энергию

Годовой расход топлива и энергии определяются по формуле (4.3):

$$P_{\text{т.год}} = P_{\text{т.час}} \cdot \Phi_{\text{эф}}; \quad (4.3)$$

где $P_{\text{т.год}}$ - годовой расход топлива;

$P_{\text{т.час}}$ - часовой расход топлива.

Годовой расход электроэнергии определим по формуле (4.4):

$$P_{\text{э.год}} = \frac{\sum N_{\text{дв}} \cdot K_{\text{зв}} \cdot K_{\text{ЗН}} \cdot \Phi_{\text{эф}}}{\eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{с}}}; \quad (4.4)$$

где $\sum N_{\text{дв}}$ - суммарная мощность электродвигателей;

$K_{\text{ЗН}}$ – коэффициент загрузки электродвигателей по времени;

$K_{\text{ЗН}}$ - коэффициент загрузки электродвигателей по мощности (0,7);

$\eta_{\text{дв}}$ - КПД электродвигателей (0,85);

$\eta_{\text{с}}$ - КПД электросети завода (0,9).

Расход электроэнергии на одну тонну продукции найдем по формуле (4.5):

$$P_{\text{э.уд}} = P_{\text{э.год}}/M; \quad (4.5)$$

Результаты расчётов оформим в виде таблицы.

Таблица 3.5.3 - Расчёт топлива и энергии на одну тонну продукции

Вид топлива	Ед. изм.	Расход на тонну одну продукции, Р _{т.уд}		Цена за единицу измерения	Сумма, руб.	
		базовый	проектный		базовый	проект
1	2	3	4	5	6	7
Электроэнергия	кВт ч	263	253	1,98	520,74	500,94
Вода умягченная	м ³	17	9,5	2,48	42,245	23,6
Пар	Гкал	3,9	3,85	792	3088,8	3049,2
Итого:					3651,785	3573,74

3.5.4 Расчёт расходов на содержание и эксплуатацию оборудования

По данной статье учитываются следующие затраты:

- 1) амортизация оборудования принимаем 25% от стоимости оборудования;
- 2) текущий ремонт и содержание оборудования принимаем 50% от амортизации оборудования;
- 3) износ и восстановление инструментов и приспособлений - 5% от амортизации оборудования;
- 4) прочие расходы - 1% от амортизации оборудования

Таблица 3.5.4 - Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования

Наименование статей	Сумма, руб., $P_{об}$	
	базовый	проектный
1. Амортизация оборудования $H_{ам} = \%$	500000	735750,14
2. Текущий ремонт и содержание оборудования	250000	367875,07
3. Износ и восстановление инструментов	2500	36787,5
4. Прочие расходы	5000	1147770,21
Итого:	757500	214500
Затраты на одну тонну (формула 4.32)	$P_{об.б} = 26,21$	$P_{об.пр} = 39,72$

Затраты на одну тонну продукции определяем по формуле (4.6):

$$P_{Об.уд} = P_{об}/M; \quad (4.6)$$

3.5.5 Расчёт цеховых расходов

По данной статье учитываются следующие затраты:

- 1) амортизация зданий (норма амортизации зданий принимается по данным базового предприятия или 2% его стоимости);
- 2) содержание зданий (стоимость содержания одного квадратного метра здания определяется по данным базового предприятия);
- 3) затраты на научно-исследовательские, опытно-конструкторские работы и рационализацию принимаем 2% от общей заработной платы всех работников;
- 4) затраты на охрану труда - 5% от зарплаты всех работающих;
- 5) прочие расходы - 0,5% от зарплаты всех работающих.

Результаты расчётов сводятся в таблицу 4.5

Таблица 3.5.5 - Расчёт цеховых расходов

Наименование статей расхода	Сумма, руб., $P_{ц}$	
	базовый	проектный
1. Амортизация зданий	250000	250000
2. Содержание зданий	70000	70000
3. Затраты на НИОКР	171991	171991
4. Затраты на охрану труда	429978	429978
5. Прочие расходы	42997	42997
Итого	964966	964966
Расходы на одну тонну продукции	33,39	33,39

$$P_{ц.уд} = P_{ц}/M; \quad (4.6)$$

Сравнительный анализ себестоимости одной тонны продукции базового и проектного вариантов [41].

Таблица 3.5.6 - Сравнительный анализ себестоимости

Наименование статей	Базовый вариант, руб.	Проектный вариант, руб.	Отклонение, руб.
1	2	3	4
Сырьё и материалы	25617,95	25317,93	300,02
Топливо и энергия	3651,785	3573,74	208,18
Основная заработная плата	271,32	271,32	-
Дополнительная заработная плата	34,34	34,34	-
Единый социальный налог	80,06	80,06	-
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	26,21	39,72	-13,51
Цеховые расходы	33,39	33,39	-

Продолжение таблицы 3.5.6

1	2	3	4
Цеховая себестоимость $C_{ц} = P_{с.уд} + P_{г.уд} + 3_{осн.уд} + 3_{доп.уд} + ECH_{уд} + P_{об.уд} + P_{ц.уд};$	29715,155	29350,5	364,655
Общезаводские расходы $P_{зав} = 3_{осн.уд} \cdot K_{зав}; (K_{зав} = 2,5)$	678,3	678,3	-
Производственная себестоимость: $C_{пр} = C_{ц} + P_{зав};$	30393,455	30028,8	364,655
Внепроизводственные расходы: $P_{внепр} = C_{пр} \cdot K_{внепр};$ $(K_{внепр} = 0,05)$	1519,67	1501,44	18,23
Полная себестоимость: $C_{п} = C_{пр} + P_{внепр};$	31913,125	31530,24	382,885

3.5.6 Расчёт экономической эффективности проекта

1) Определим ожидаемую прибыль $Pr_{ож}$ (условно-годовую экономию) от снижения себестоимости продукции по формуле (4.8):

$$Pr_{ож} = (C_{п.баз} - C_{п.пр.}) \cdot M_{пр}; \quad (4.8)$$

где $C_{баз}$ - себестоимость одной тонны продукции по базовому варианту;
 $C_{баз}$ - себестоимость одной тонны продукции по проекту.

2) Определим налог на прибыль по формуле (4.9):

$$H_{пр} = Pr_{ож} \cdot K_{нал} / 100; \quad (4.9)$$

где $K_{нал}$ - ставка налога на прибыль (24%).

3) Определим чистую ожидаемую прибыль по формуле (4.10):

$$Pr_{чист} = Pr_{ож} - H_{пр}; \quad (4.10)$$

4) После определения чистой прибыли определяется расчётный срок окупаемости капитальных вложений (инвестиций), необходимых для осуществления проектируемого варианта по формуле (4.11):

$$T_{ок} = K_{общ} / Pr_{чист}; \quad (4.11)$$

где $T_{ок}$ - срок окупаемости капитальных вложений.

5) Далее встаём на точку зрения инвестора, вкладывающего деньги в разработанный проект. Используя методы дисконтирования, решаем вопрос о том, стоит ли вкладывать средства в разработанный проект, который в

течение принятого горизонта расчета принесёт прибыль, или лучше, при существующей процентной ставке на капитал, положить деньги в банк. Горизонт расчёта - это максимально ожидаемое время окупаемости инвестиций. Его принимают равным 3 - 5 лет. В пределах принятого горизонта расчета (T_r) необходимо рассчитать текущую стоимость будущих денежных доходов (денежных потоков), приведенных к текущему времени через коэффициенты дисконтирования.

Общая текущая стоимость доходов (чистой дисконтированной прибыли) в течение принятого горизонта расчета определяется по формуле (4.12).

$$D_{\text{общ. диск}} = \sum_{t=1}^{T_r} \text{Пр}_{\text{чист}} \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \text{ руб.} \quad (4.12)$$

где T_r - принятый горизонт расчета, лет;

E - процентная ставка на капитал (например, при 10% - $E = 0,1$; при 20% - $E = 0,2$ и т.д.).

t - первый, второй, третий и т.д. год получения прибыли в пределах принятого горизонта расчета.

б) Интегральный экономический эффект (чистый дисконтированный доход) определяется по формуле (4.13):

$$\mathcal{E}_{\text{инт}} = \text{ЧДД} = D_{\text{общ. диск}} - K_{\text{общ}}, \text{ руб.} \quad (4.13)$$

7) Если общая стоимость доходов ($D_{\text{общ. диск}}$) меньше текущей стоимости затрат ($K_{\text{общ}}$), то есть $\mathcal{E}_{\text{инт}}$ (ЧДД) < 0, то проект неэффективен. В этом случае инвестору будет выгоднее положить деньги на депозитный счёт в банк на срок, равный принятому горизонту расчёта и получить доход на капитал, который рассчитывается по формуле (4.14):

$$D_{\text{кап}} = K_{\text{общ}} \cdot (1+E)^T - K_{\text{общ}}, \text{ руб.} \quad (4.14)$$

Индекс доходности показывает прибыль на каждый вложенный рубль. Результаты расчётов экономической эффективности сводим в виде таблицы.

Таблица 3.5.7 - Показатели экономической эффективности проекта

Наименование показателя	Расчёт по формуле	Сумма, руб.
Ожидаемая прибыль (формула 4.11)	$382,885 \cdot 53000$	20292905
Налог на прибыль (формула 4.12)	$20292905 \cdot 0,24$	4870297,2
Чистая прибыль (формула 4.13)	$20292905 - 4870297,2$	15422607,8
Расчётный срок окупаемости капитальных вложений, лет (формула 4.14)	$7234877,73 / 15422607,8$	0,46 года; 172 дня
Общая текущая стоимость доходов	$15422607,8 \cdot 1 / (1 + 0,1)$	14020552,55
Чистый дисконтированный доход	$14020552,55 - 7234877,73$	6785674,82
Индекс доходности	$14020552,55 / 7234877,73$	1,94

3.6 Вывод

В заключение составляется таблица технико-экономических показателей бакалаврской работы, и делаются выводы об экономической целесообразности внедрения проекта [42].

Таблица 3.6.1 - Техничко-экономические показатели

№ п/п	Показатели	Значение показателя
1	Производственная мощность	53000 т/год
2	Себестоимость продукции	31530,24
3	Условно-годовая экономия	20292905 руб.
4	Капитальные вложения	7234877,73 руб.
5	Чистая прибыль	15422607,8 руб.
6	Интегральный экономический эффект	6785674,82 руб.
7	Срок окупаемости	172 дня
8	Индекс доходности	1,94 руб.

На основании технико-экономического анализа, пришли к выводу, что проводимая оптимизация - выгодна, так как быстро окупается и приносит ежегодную прибыль в размере 15422607,8 руб.

При расчете экономической части были достигнуты следующие результаты:

- при капитальных вложениях 7234877,73 руб., срок окупаемости составил 6 месяцев;

- себестоимость полученного продукта меньше себестоимости базового на 382,885 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В бакалаврской работе рассмотрен процесс выделения крошки каучука марки СКМС-30 АРКМ бессолевым методом, с исключением концентратора Л-3 из каскада коагуляции. В качестве коагулянта использован реагент «ЭПАМ». При коагуляции в кислой среде реагент «ЭПАМ» образует с лейканолом нерастворимые комплексы, что исключает попадание биологически не разлагаемого лейканола в сточные воды.

При использовании изменённой технологической схемы снижается удельный расход умягченной воды на промывку крошки каучука с $17 \text{ м}^3/\text{т}$ до $9,5 \text{ м}^3/\text{т}$ и ниже, снижается удельный расход пара на тонну каучука с $3,9 \text{ Гкал/т}$ до $3,85 \text{ Гкал/т}$. Экономический эффект достигается за счет экономии энергоресурсов и составит порядка 15 млн. рублей в год.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аверко-Антонович, Л.А. и др. Химия и технология синтетического каучука. – М.: Химия, КолосС, 2008 – 357 с.
2. Автухов, В.В., Паюсе, Б.Я. Задачник по процессам тепломассообмена. Учеб. Пособие для вузов. – М.: - 144 с.
3. Александров, А.А., Григорьев, Б.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. Справочник. – И.: Издательство МЭИ. 1999.- 168 с.
4. Башкатов, Т.В., Жигалин, Я.Л. Технология синтетических каучуков: Учебник для техникумов. 2-е изд., перераб. Л: Химия, 1987. 360 С.
5. Беляева Т.Н. Учебное пособие по финансовым и экономическим расчетам
6. ГОСТ 26-291-94. Сосуды и аппараты стальные сварные. Введено 01.01.1996.
7. ГОСТ 12820-80. Фланцы стальные плоские приварные. Конструкция и размеры. Введено 01.01.1983.
8. ГОСТ 15180-86. Прокладки плоские эластичные. Основные параметры и размеры. Введено 01.01.1988.
9. ГОСТ 7798-70. Болты с шестигранной головкой класса точности Введено 01.01.1972.
10. Гусев, Ю.К., Папков, В.Н. Каучуки эмульсионной полимеризации. Состояние производства в Российской Федерации и научно-исследовательские работы Воронежского Филиала ФГУП «НИИСК». //Каучук и резина. – 2009. -№2. -С.
11. Дытнерский, Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии.-М.: Химия, 1983.-400 5
12. Еремина Д.В. Технология экономических расчетов.

13. Зайцев, Н.Л. Экономика промышленного предприятия. - Москва ИНФРА-М, 2006.,250 с.
14. Заявка №60-8301 Япония.
15. Заявка № 0143126 Япония.
16. Инструкция по обслуживанию узла коагуляции солевым методом. ООО «Тольяттикаучук». - Тольятти 2003.-15 с.
17. Инструкция по обслуживанию узла коагуляции бессолевым методом. ООО «Тольяттикаучук». - Тольятти 2008.-20 с.
18. Инструкция по обслуживанию узла промывки и обезвоживания крошки каучука. ООО «Тольяттикаучук». - Тольятти 2003.-15 с.
19. Изменение технологической схемы коагуляции латекса в цехе Е-2-Крючков, А.П. Общая технология синтетических каучуков. 2- е издание. Москва, 1954.
20. Йофе, И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии Л.: Химия, 1991. – 352 с.
21. Кирпичников, П.А., Береснев, В.В., Попова, Л.М. Альбом технологических схем основных производств промышленности синтетического каучука. – Л.: Химия, 1986. -224 с.
22. Крючкова Н.В., Орлов Ю.Н., Леванова С.В. Особенности флокуляции синтетических латексов при использовании четвертичного аммониевого соединения на основе смоляных кислот и канифоли // Журнал прикладной химии. – 2011. – т. 84., вып. 2. – С.288-292.
- 23 Карюхина, Т.А., Чурбанова, И.Н. Химия воды и микробиология М., Строй издательство, ГОСТ 5915-70. Гайки шестигранные класса точности В. Введено. 01.07.1972. 10. 1983 г. 275 с.
24. Канторович Л.В. экономический расчет наилучшего использования ресурсов, все для студентов.
25. Климов И.В. Основы теории теплового расчета.
26. Логинов В.С. Приближенные методы теплового расчета.

27. Маньковский, О.Н. и др. Теплообменная аппаратура химических производств. Л., «Химия», 1976, 368 с.
28. Меморандум инвестиционного проекта. ООО «Тольяттикаучук»; 2008.-20с.
29. Один, А.П., Каменина, Л.М., Бочкаров, В.Д. и др. Сравнительная оценка эффективности органических флокулянтов для выделения эмульсионных бутадиен-стирольных каучуков. //Нефтепереработка и нефтехимия. – 2006. -№ 11.-С.34-40.
- 30.Отчет ООО «Тольяттикаучук»; 2010. Исследование и усовершенствование процессов, повышение эффективности производства и качества каучуков на основе диенов. О выпуске опытно-промышленных партий каучука СКМС-30 АРКМ-15, полученного по бессолевой технологии -16с. 14.
- 31.Отчет №1348 Изменение узла коагуляции бутадиен-альфаметилстирольного латекса в связи с заменой раствора поваренной соли на синтетический коагулянт «ЭПАМ» Исходные данные для проектирования. ООО «Тольяттикаучук»; 2007.-20с.
32. Отчет о НИР / Воронежский Филиал ВНИИСК; Руководитель О.В. Сигов; Инв.№ 02850036279, 2003 Проведение испытаний и исследований процесса коагуляции бутадиен-стирольных латексов с использованием коагулянта ОМП.: -25с .
33. Патент № 2063980 РФ. Способ выделения бутадиен-(*α*-метил)-стирольного каучука. //Никулин С.С., Сидоров С.Л., Шаповалова Н.Н. и др. (РФ).
34. Патент №2109018 РФ. Выделение каучука. //Седых В.А. (РФ)
35. Патент №3112288 США.
36. Патент № 2314199 Франция.
37. Патент № 1134982 Канада.
38. Патент № 56083 ГДР

39. Патент № 206382 ГДР
40. Патент № 213931 ГДР22. Патент № 2067592 РФ. Способ выделения бутадиен-(*a*-метил) стирольного каучука. //Никулин, С.С., Сидоров, С.Л., Шаповалова, Н.Н. и др. (РФ)
41. Перевод производства бутадиен-стирольных каучуков на бессоле-вую коагуляцию: Предложения по реализации проекта. ООО «Тольяттикаучук»; 2007.-21с. 40.
42. Пелех, А.С. Экономика предприятия. Учебное пособие / А.С. Пелех, В.М. Джуха, И.И. Боков и др. Ростов н/Д: Феникс, 2006. - 328 с.
43. Правила безопасности 09-540-03. Общие правила взрывоопасности для взрывоопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. 2006, 112 с.
44. Правила безопасности 03-584-03. Правила проектирования, изготовления и приемки сосудов и аппаратов стальных сварных. 2003.
45. Плановский, А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. Издание 3.-М.: Химия, 1987. - 496 с.
46. Павлов, К.Ф., Романков, П.Г., Носков, А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Л.: Химия, 1987. - 576
47. Результаты опытно-промышленных испытаний проведения бессолевого коагулянта с использованием коагулянта ОМП: Акт о НИР/ ОАО «Омский каучук»; 2004. -10с.
48. Результаты опытно-промышленных испытаний процесса коагуляции бутадиен-альфаметилстирольных латексов катионно-активным коагулянтом АПК-46: Отчет № 1363/ ООО «Тольяттикаучук»; 2006. -16с.
49. Регламент ТР-Е-2-27-10 «Технологический регламент выделения и сушки бутадиен-стирольного каучука» с дополнением № 1. ООО «Тольяттикаучук».

50. Садчиков, И.А. Экономика химической отрасли. Учебное пособие для вузов / И.А. Садчиков, В.Е. Сомов, М.Л. Колесов, В.А. Под ред. Садчиков, И.А - СПб.: Хим. издательство, 2005. - 384 с.

51. Тимашева, Б.А., Леонов, Е.Н. Сборник задач по экономике, организации и планированию производства на предприятиях химической и нефтехимической промышленности. -М.: Химия.2005.

52. А. Франс, М. Оцисик, Расчет и конструирование теплообменников. Перев. с англ. М., Атом издательство, 1971.

53. Холмберг, К. и др. Поверхностно-активные вещества и полимеры в растворах. Пер. м англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 528 с.

54. Четыркин Е.М. Финансово – экономические расчеты 1990г.

55. Фисенко А.И. Финансово экономические расчеты на предприятиях и в организациях.

ПРИЛОЖЕНИЕ