

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт химии и инженерной экологии
Кафедра «Химия, химические процессы и технологии»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему:

« Использование кубового продукта производства СБК в процессе
приготовления изопентан-изопреновой шихты производства СКИ»

по направлению подготовки 240100.62 «Химическая технология »
профиль «Химическая технология органических веществ»

Студент группы ХТБз 1131 А.В.Тажимова

Руководитель: к.х.н., доцент Ю.Н.Орлов

Консультанты:

Начальник отделения установки полимеризации изопрена ИП-5:

Е.И.Бирюкова

Начальник отделения перегонки и очистки БК-5:

Д.В.Назаров

Допустить к защите :

Заведующий кафедрой:

д.х.н. профессор Г.И. Остапенко

10 июня 2016 г.

Тольятти 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное учреждение
высшего образования
ТОЛЬЯТТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Институт химии и инженерной экологии
Кафедра «Химия, химические процессы и технологии»

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой Остапенко Г.И.

«__» _____ 2016 г.

Задание

на выполнение бакалаврской работы

Студенту Тажимовой А.В.

1. Тема бакалаврской работы (утверждена приказом по университету от _____):
«Использование кубового продукта производства СБК в процессе приготовления изопентан-изопреновой шихты производства СКИ»
2. Срок сдачи студентом готовой работы: 17.06.2016г.
3. Исходные данные к работе: Литературные источники, производственный регламент цеха, справочники, методики идентификации продуктов реакции. Мощность колонны приготовления изопентан-изопреновой шихты 90000 кг/час
4. Содержание текстового документа (перечень подлежащих разработке вопросов):
 - 4.1. Литературный обзор.
 - 4.2. Аналитическая часть.
 - 4.3. Расчёты материального баланса.

4.4. Безопасность и экологичность объекта бакалаврской работы.

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

5.1 Технологическая схема узла очистки шихты для получения СБК.

5.2 Технологическая схема узла очистки возвратной углеводородной фракции (шихты) от тяжелых углеводородов в отделении ректификации.

5.3 Технологическая схема узла подготовки шихты на установке полимеризации.

5.4 Схема горизонтальной, накопительной емкости для возвратных углеводородов установки СБК.

6. Консультанты:

6.1 Начальник отделения установки полимеризации изопрена ИП-5:

_____ Е.И.Бирюкова

6.2 Начальник отделения перегонки и очистки БК-5:

_____ Д.В.Назаров

7.Дата выдачи задания: «__» 2016 г.

Руководитель:

К.х.н.,доцент _____ Ю.Н.Орлов

Задание принято к исполнению: «__» _____ 2016 г.

Студент:

А.В.Тажимова

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего образования
 «Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ
 Кафедра «Химия, химические процессы и технологии»

УТВЕРЖДАЮ
 Заведующий кафедрой

_____ Г.И.

Остапенко

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« _____ » 20__ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
бакалаврской работы

Студента: Тажимовой А.В.

по теме: Использование кубового продукта производства СБК в
 процессе приготовления изопентан-изопреновой шихты производства
 СКИ

Наименование раздела работы	Плановый срок выполне- ния раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполне- нии	Подпись руководи- теля
Введение	26.02.2016	26.02.2016	выполнил	
Теоретическая часть	27.02-29.02.16	27.02-29.02.16	выполнил	
Технологическая часть	01.03-20.03.16	01.03-20.03.16	выполнил	
Расчетная часть	21.03-10.04.16	21.03-10.04.16	выполнил	
Выполнение чертежей:	11.04-20.04.16	11.04-20.04.16	выполнил	
Выполнение плакатов	21.04-04.06.16	21.04-04.06.16	выполнил	
Заключение	05.06.2016	05.06.2016	выполнил	
Предварительная защита	10.06.2016	10.06.2016	выполнил	
Оформление работы	11.06-16.06.16	11.06-16.06.16	выполнил	

Руководитель выпускной
 квалификационной работы

Ю.Н.Орлов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

А.В.Тажимова

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Бакалаврская работа на тему «Использование кубового продукта производства СБК в процессе приготовления изопентан-изопреновой шихты производства СКИ» состоит из 90 страниц. В данной работе содержится 2 рисунка, 18 таблиц, 5 графических листов, 1 схема, 1 приложение. Для составления этой работы было использовано 34 литературных источника, включая рабочие инструкции, учебно-методические пособия.

Целью бакалаврской работы является оптимизация использования кубового продукта ректификационной колонны производства СБК в процессе приготовления изопентан-изопреновой шихты установки полимеризации изопрена производства СКИ.

В литературном обзоре рассмотрены физико-химические основы процессов ректификации и азеотропная очистка изопентан-изопреновой фракции. В расчетно-технологическом разделе приведены характеристики сырья и готовой продукции, а также описание технологической схемы процессов.

В разделе «Технические мероприятия по созданию безопасных условий труда» рассмотрены вопросы техники безопасности и охраны окружающей среды.

Внедрение бакалаврской работы возможно на установках полимеризации БК-5 и ИП-5 ООО «Тольяттикаучук».

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	8
1. Аналитическая часть.....	9
1.1. Литературный обзор. Теоретические основы и аппаратное оформление разделения реакционных смесей.....	9
1.2. Физико-химические основы процесса.....	14
1.2.1. Синтетический изопреновый каучук.....	14
1.2.2. Бутилкаучук.....	15
1.3. Патентная часть.....	17
2. Расчетно-технологическая часть.....	24
2.1. Выбор и обоснование технологии производства.....	24
2.2. Характеристика сырья и готовой продукции.....	26
2.3. Описание стадий технологической схемы.....	34
2.3.1. Азеотропная осушка и ректификация возвратной фракции от тяжелых углеводородов.....	34
2.3.2. Ректификация возвратной изопентан-изопреновой фракции.....	36
2.3.3. Выделение толуольной фракции из кубового продукта.....	39
2.3.4. Приготовление изопентан-изопреновой шихты, азеотропная ее осушка.....	40
2.4. Материальный баланс реакционного узла.....	43
2.5. Технологический расчёт основного аппарата.....	57
2.6. Механический расчёт аппарата.....	58
2.7. Подбор вспомогательного оборудования.....	59
3. Система контроля и управления производством.....	60
3.1. Контроль производства.....	60
3.1.1. Аналитический контроль.....	60
3.1.2. Контроль процесса ректификации.....	61
4. Безопасность и экология производства.....	62
4.1. Идентификация опасных и вредных производственных факторов.....	63

4.2. Технические мероприятия по созданию безопасных условий труда	70
4.3. Обеспечение электробезопасности на производственном участке.	73
4.4. Обеспечение пожаробезопасности на производственном участке.	75
4.5. Экологический анализ процесса производства.....	77
4.6. Мероприятия по устранению выявленных опасных и вредных факторов.....	79
4.7. Пожарная профилактика и средства пожаротушения.....	82
Заключение.....	83
Список используемой литературы	89

ВВЕДЕНИЕ

ООО «Тольяттикаучук» — один из крупнейших производителей синтетического каучука в России. Выпускает три вида каучуков: бутилкаучук, сополимерные и изопреновые каучуки, — а также мономеры, фракции и высокооктановые добавки к бензину. По объему производства каучуков предприятие занимает третье место в России.

Одной из стадий производства бутилкаучука, получаемого сополимеризацией изобутилена и изопрена в среде хлористого этила и изопентана, является ректификация возвратной фракции углеводородов. Кубовый продукт колонны ректификации в настоящее время выводится в отделение товарно-сырьевого цеха в абсорбент. Целью выпускной работы является оптимизация использования кубового продукта ректификационной колонны производства СБК в процессе приготовления изопентан-изопреновой шихты установки полимеризации изопрена производства СКИ.

Для достижения этой цели в данной работе проведены расчеты расхода и составов материальных потоков стадий разделения и очистки возвратных углеводородов, конструктивно-прочностные расчеты оборудования.

1. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Литературный обзор. Теоретические основы и аппаратное оформление разделения реакционных смесей.

Процесс ректификации любой идеальной или не идеальной многокомпонентной смеси является в действительности совокупностью нескольких (но вполне определенных для каждого заданного разделения) процессов ректификации отдельных пар компонентов, протекающих совместно, но не с одинаковой трудностью. [15, с.25]

Ректификация может осуществляться двумя различающимися способами: непрерывным и периодическим. Непрерывный процесс, который предназначен для разделения жидких неоднородных смесей на практически чистые компоненты или фракции, которые различаются по температуре кипения. Сущность ректификации, которая протекает в процессе перегонки нефти, заключается в двухстороннем массо- и теплообмене между потоками пара и жидкости при высокой турбулизации контактирующих фаз. В результате массообмена отделяющиеся от горячей жидкости пары обогащаются низкокипящими, а жидкость - высококипящими компонентами. При определенном числе контактов между парами и жидкостью можно получить пары, состоящие в основном из низкокипящих, и жидкость - из высококипящих компонентов. Ректификация протекает в противотоке пара и жидкости. При ректификации паров жидкое орошение происходит путем конденсации части парового потока вверху колонны, а паровое орошение при ректификации жидкости - путем испарения части ее в кубе колонны. Азеотропными или экстрактивными - такие процессы ректификации, в которых разделение близкокипящих ключевых, компонентов происходит при условии добавления нового компонента.

Этот процесс протекает в ректификационной установке, который включает ректификационную колонну, дефлегматор, холодильник-конденсатор, подогреватель исходной смеси, сборники дистиллята и кубового остатка.

Ректификация может протекать при атмосферном давлении, а также при давлениях выше и ниже атмосферного. Под вакуумом ректификацию проводят, когда разделению подлежат высококипящие жидкие смеси. Повышенные давления используются для разделения смесей, которые находятся в газообразном состоянии при более низком давлении. Степень разделения смеси жидкостей на составляющие компоненты и чистота получаемых дистиллята и кубового остатка зависят от того, насколько развита поверхность фазового контакта, следовательно, от количества орошающей жидкости (флегмы) и устройства ректификационной колонны.

Все процессы ректификации проводят в аппаратах колонного типа, где снизу вверх поднимаются пары смеси, испаряемой в нижней части колонны, называемой кубом. Навстречу пару стекает жидкость.[13,с.45]

Осуществляется процесс ректификации при контактировании потоков пара или газа и жидкости, которые имеют разные составы и температуры: пар (газ) имеет более высокую температуру, чем вступающая с ним в контакт жидкость. Движущими силами процесса ректификации являются разности составов и температур контактирующих потоков пара или газа и жидкости. Необходимыми условиями достижения равновесия контакта жидкости и пара, могут достичь только тогда, когда температуры потоков станут практически одинаковыми; при этом их составы будут связаны уравнениями

равновесия. Составы встречных (но не вступивших в контакт) потоков пара и жидкости связаны уравнениями рабочих линий.[15,с.45]

В качестве основного оборудования в технологии разделения используют колонны ректификации, экстрактивной ректификации, азеотропной ректификации, абсорбции, десорбции, жидкость – жидкостной экстракции, которые содержат массообменные элементы, и специальное теплообменное оборудование.[18,с.10]

Верхняя часть колонны, служащая для выделения низкокипящих компонентов, называется концентрационной или укрепляющей, а нижняя часть, в которой выделяются высококипящие компоненты, называется исчерпывающей, или отгонной. Между этими частями колонны находится место ввода сырья - секция питания или эвапорационное пространство.

Наиболее эффективными в техническом и экономическом отношениях аппаратами для осуществления этих процессов являются тарельчатые колонны. Весьма важно обеспечивать наилучший массо- и теплообмен в колонне, массо- и теплообменными элементами колонн выступают тарелки.

На рисунке 1.1 [24,с.261] показаны сечения тарелок различного типа. В виде сегментов в сечениях ситчатой и колпачковой тарелок показаны переливные зоны: одна (справа – «+») – для слива жидкости в нижележащую зону, другая (слева – «•») – для приема жидкости с вышележащей тарелки.

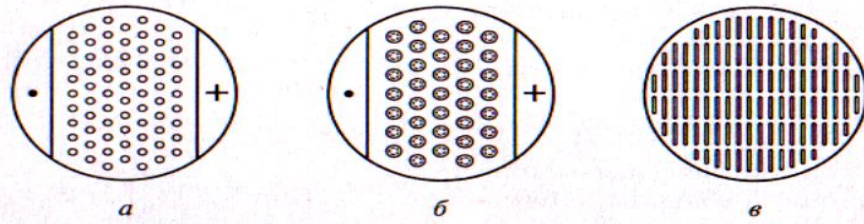


Рис. 1.1. Сечение тарелок различного типа (вид сверху): *а* – ситчатая тарелка; *б* – колпачковая тарелка; *в* – решетчатая тарелка

Колпачками обычно являются жестко закрепленные элементы, имеющие узкие прорезы (рис. 1.2, а) [24].

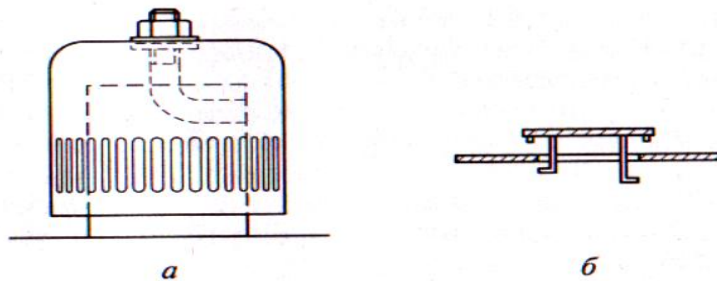


Рис. 1.2. Колпачковые (*а*) и клапанные (*б*) элементы

Клапаны (рис. 1.2, б) имеют подвижный элемент, имеющий проходное сечение в зависимости от нагрузки по пару.

Для подвода теплоты к колонне обычно используют кожухотрубчатые кипятильники термосифонного типа, в трубки которых поступает нагреваемый (и частично испаряемый) поток, а в межтрубное пространство – греющий агент.

В трубках такого кипятильника образуется парожидкостная смесь, поступающая затем в куб колонны, где происходит ее сепарирование.

Для охлаждения потока пара, выводимого вверх колонны, также обычно используют кожухотрубчатые теплообменники (обычно охлаждаемые водой). Для экономии энергии пользуются воздушными холодильниками, в которых через слои трубок снаружи продувают атмосферный воздух [24,с.48].

Чтобы обеспечить непрерывную ректификацию смесь подается в среднюю часть колонны через теплообменник, который обогревается остатком или паром. В верхней части колонны, происходит укрепление паров. В нижней части колонны, происходит исчерпывание жидкости. Из исчерпывающей колонны жидкость стекает в кипятильник (куб), обогреваемый паром. В кипятильнике образуются пары, которые поднимаются вверх по колонне; остаток непрерывно отводится из куба. Пары, выходящие из укрепляющей части колонны, поступают в дефлегматор, откуда флегма возвращается в колонну, а дистиллят направляется в холодильник.

Преимущества непрерывной ректификации по сравнению с периодической:

- 1) условия работы установки не изменяются в ходе процесса, что позволяет установить точный режим, упрощает обслуживание и облегчает автоматизацию процесса;
- 2) отсутствуют простои между операциями, что приводит к повышению производительности установки;
- 3) расход тепла меньше, причем возможно использование тепла остатка на подогрев исходной смеси в теплообменнике.

При ректификации тепло расходуется на испарение флегмы и дистиллята, а также на нагревание остатка. Тепло испарения отводится с охлаждающей водой в дефлегматоре, тепло остатка теряется вместе с ним или отводится в холодильнике, в котором обычно охлаждаются остаток.

Вязкость каучука по Муни, измеренная при 100°C, составляет обычно 45-75. Бутилкаучук не пластифицируется при механической обработке. У него низкая непердельность, которая обуславливается небольшой скоростью его вулканизации. БК нельзя использовать в смесях с высоконенасыщенными каучуками. [3,с.86]

Механические характеристики вулканизатов бутилкаучука в определяются его ненасыщенностью: с увеличением насыщенности повышаются напряжение при заданном удлинении и твердость качества резин, снижаются их прочность при растяжении (особенно ненаполненных резин) и относительное удлинение, несколько ухудшаются демпфирующие свойства. Недостатки вулканизатов - низкая эластичность при обычных температурах, высокие остаточные деформации, большое теплообразование при динамических нагрузках. [3,с.25]

Известно два промышленных процесса синтеза бутилкаучука. Первый состоит в сополимеризации мономеров в среде растворителя (метилхлорида или этилхлорида), не растворяющего каучук. [3,с.10]

Второй способ получения бутилкаучука, имеет много общих черт с типовыми процессами синтеза растворов каучуков. Он состоит в полимеризации под действием алюминийорганических катализаторов в среде углеводородного растворителя (изопентана), растворяющего каучук. Хотя при этом не может достигаться высокая концентрация полимера в полимеризате из-за его высокой вязкости, этот процесс имеет ряд преимуществ:

- процесс можно проводить при более высоких температурах (от -70 до -90°C);

- возрастает время непрерывной работы полимеризатора до 10 суток и более по сравнению с одними сутками в суспензионном процессе;
- облегчается регулирование характеристик каучука и появляется возможность автоматизированного управления процессом.

Химическая и механическая стойкость бутилкаучуков характеризуется его применением для обкладки валов, гуммирования химической аппаратуры, изготовления кислотостойких перчаток, рукавов для перекачивания агрессивных агентов, некоторых изделий медицинского назначения. Бутилкаучук используется в качестве компонента твёрдого ракетного топлива. В современных твердотопливных двигателях алюминий может являться основным источником тепловой энергии благодаря высокой теплотворности реакции окисления, однако, ввиду высокой температуры кипения, оксид алюминия не может быть газом в ракетном двигателе и не может совершать термодинамической работы при расширении в сопле.

1.3. Патентная часть

Для определения технического уровня разрабатываемой темы был проведен патентный поиск по материалам по Интернету.

Исследуемая тема индексируется согласно международной патентной классификации (МПК) по следующим классам: C07 B 04/07, C07 C 10/06.

Сбор и анализ технических решений проводится с целью нахождения наиболее эффективных экономических способов ректификации маргинальных продуктов: изопентан – изопреновой фракции. Выбранные технические решения сопоставляются со способом, разрабатываемым в работе

Для сопоставления полного списка изобретений, имеющих отношение к теме работы, проводится просмотр бюллетеней патентного ведомства РФ «Изобретения», реферативного сборника ВНИИПИ «Изобретения за рубежом», «Изобретения стран мира»

Таблица 1.1

Патенты – аналоги были внесены в таблицу.

Номер документа	Название документа	Патентообладатель	Источник информации
1	2	3	4
Авторское свидетельство СССР № 1234403 заявлено 23.07.89	Способ автоматического контроля процесса ректификации	Поплавский В.Ф., Фенев В.Т., Сапронов Ю.И., Новикова Л.Г.	Бюллетень «Изобретения» № 27, 1989
Авторское свидетельство РФ №2310666 заявлено 24.05.2005	Способ управления производством бутилкаучука с диолефинами, содержащими сопряженные	Оболочков Н. Т. Ахметов Р. М., Симонов А.Ю. Гильмутдинов Н.Р. Гавриков В.Н. Паненко А.В. Болдырев А. П., Бусыгин В.М., Шияпов Р. Т.,	Бюллетень № 32
1	2	3	4
	двойные связи		

Патент № 2528558 № 24.04.2013	Способ управления процессом сушки бутилкаучука	Федеральное государственное унитарное предприятие "Ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени научно- исследовательский институт синтетического каучука имени академика С.В. Лебедева"	Интернет
Патент №2255096 Заявлен 15.05.2003	Способ получения изопренового каучука	Щербань Г.Т. Федотов Ю.И. Башкирцев В.М.	Интернет
Патент №2003114542 Заявлен 27.11.2004	Способ получения изопренового каучука	Щербань Г.Т. Жданов И.Л. Федорин Б.Б.	Интернет
Патент № 2509593 Заявлено 29.10.2012	Способы автоматическог о управления процессом ректификации и устройства	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального	Интернет
1	2	3	4

	для его осуществлени я	образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ"	
Патент №2223284 Заявка 20.11.2002	Способ управления производством бутилкаучука	Болдырев А.П., Филиппченков Ю.М., Федотов Ю.И., Токарь А.Е.	Интернет

Таблица 1.2.

Сравнительная характеристика отобранного изобретения и разрабатываемого.

Номер Патента	Название документа	Цель изобретения	Сущность изобретения
1	2	3	4
№ 2206579	Способ получения модифицированного цис-1,4-полиизопрена	Изобретение относится к химии полимеров, конкретно к модификации цис-1,4-	Задачей изобретения является снижение удельных расходов сырья и энергоресурсов. Указанная задача решается тем, что в известном способе получения изопренового каучука полимеризацией изопрена, синтезированного разложением 4,4-диметил-1,3 диоксана на катализаторе работающем в циклическом режиме контактирование - регенерация с
1	2	3	4

		<p>полиизопр ена, и может быть использова но на предприят иях химическо й промысле нности для получения СКИ-3 с улучшенн ыми свойствам и, а полученны й полимер - в производс тве шин и РТИ.</p>	<p>последующим выделением изопрена из углеводородного, конденсата контактного газа и регенерацией катализатора в присутствии воздуха и водяного пара с образованием газов регенерации, в среде углеводородного растворителя - изопентана и катализатора Циглера-Натта, вводимого в ароматическом растворителе, включающем обработку раствора полимера стоппером, отмывку от продуктов разложения катализатора, стабилизацию полимера антиоксидантом, водную дегазацию каучука и переработку отогнанного при дегазации углеводородного растворителя, ароматического растворителя катализатора, углеводородов C₄ и незаполимеризовавшегося изопрена - возвратных продуктов, - ректификацией, заключающейся в азеотропной осушке и в отгонке углеводородов C₄, в выделении возвратной изопентан-изопреновой фракции и отделении оставшихся углеводородов C₅ от тяжелокипящих углеводородов, с использованием для</p>
1	2	3	4

			<p> подвода теплоты, необходимой для ректификации при переработке возвратных продуктов, горячего парового конденсата и водяного пара, с последующим направлением выделенной изопентан-изопреновой фракции на приготовление шихты для полимеризации, включающем также азеотропную осушку шихты, отгонку оставшихся углеводородов C₅ и ароматического растворителя от тяжелокипящих углеводородов и сушку каучука, дополнительно используют газы регенерации катализатора разложения 4,4-диметил-1,3 диоксана в качестве теплоносителя, применяемого для подвода теплоты, необходимой для ректификации при переработке возвратных продуктов, для нагрева циркулирующего парового конденсата до температуры 95-125°С, затем нагретый паровой конденсат разделяют на два потока, первый поток, в количестве 75-85% от общего потока направляют в кипятильники ректификационных колонн азеотропной осушки углеводородного растворителя и отгонки углеводородов C₄, отделения </p>
1	2	3	4

			<p>возвратной фракции изопентан-изопреновой от тяжелокипящих углеводородов и азеотропной осушки шихты, второй поток в количестве 15-25% от общего потока циркулирующего парового конденсата смешивают с водяным паром до достижения температуры 140-150°C и подают в кипятильники ректификационных колонн отгонки оставшихся углеводородов C₅ и ароматического растворителя от тяжелокипящих углеводородов.</p>
--	--	--	--

Таким образом, технические решения в патентных источниках касаются оптимизации использования оборудования и увеличения производительности и снижения удельных расходов сырья.

В представленной работе предлагается оптимизация использования кубового продукта ректификационной колонны производства СБК в процессе приготовления изопентан-изопреновой шихты установки полимеризации изопрена производства СКИ. Такое техническое решение не имеет аналогов в патентной литературе.

2. РАСЧЕТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Выбор и обоснование технологии производства

Производство бутилкаучука, получаемого сополимеризацией изобутилена и изопрена в среде хлористого этила и изопентана с применением водной дегазации для удаления растворителя и незаполимеризовавшихся мономеров, осуществляется на установках полимеризации БК-5.[3,с.125]

В состав установки полимеризации БК-5 входят:

- отделение полимеризации и усреднения раствора полимера,
- отделение очистки сырья, переработки и выделения возвратных продуктов,
- отделение БК-5б – склад для промежуточных продуктов,

Назначение узла ректификации:

Узел предназначен для:

- азеотропной осушки возвратной углеводородной фракции;
- ректификации возвратной углеводородной фракции от тяжелых углеводородов;
- ректификации возвратного изопентана от тяжелых углеводородов.[3,с.320]

Производство высокомолекулярного полиизопрена осуществляется в растворе изопентана в присутствии модифицированной каталитической системы на основе триизобутилаллюминия и четыреххлористого титана, на установках полимеризации ИП-5, ИП-6 производственного объединения ООО «Тольяттикаучук» В составе производств предусматривалось производство полиизопренового каучука (на привозном изопрене) мощностью 60 000 т/год.[1,с.125]

Процесс полимеризации состоит из следующих стадий:

- приготовление изопентан-изопреновой шихты и азеотропная осушка её;
- охлаждение шихты перед подачей на полимеризацию и очистка ее от влаги, микропримесей;
- полимеризация изопрена в изопентане;
- дезактивация каталитического комплекса и заправка полимеризата антиоксидантами;
- отмывка полимеризата от продуктов разрушения каталитического комплекса умягченной водой;

Вспомогательные стадии процесса:

- прием, хранение и подача на полимеризацию каталитического комплекса;
- приготовление раствора стабилизаторов;
- прием умягченной воды и подача ее на отмывку;
- прием, хранение и дозирование 1%-ного раствора ТИБА для очистки шихты;
- конденсация углеводородов, водно-щелочная отмывка возвратного растворителя (изопентан-изопреновой фракции);
- отпарка углеводородов из отработанной воды, поступающей с узла водной отмывки возвратной изопентан-изопреновой фракции;
- регенерация алюмогеля в осушителях;
- азеотропная осушка толуола;
- прием парового конденсата и передача его в заводскую сеть.[1,с.125]

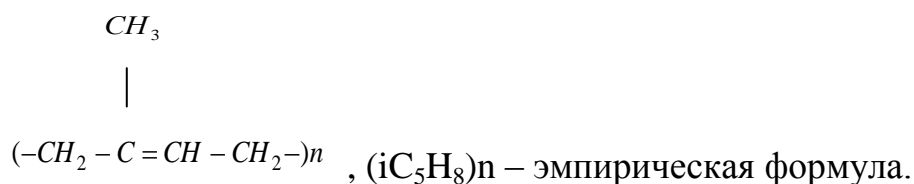
В состав технологической схемы установки ИП-3-4, ректификации возвратной изопентан-изопреновой фракции и выделения толуольной фракции из кубовой жидкости колонны входят:

- ректификация изопентан-изопреновой фракции от «легких» углеводородов и азеотропная осушка фракции на колонне;
- ректификация изопентан-изопреновой фракции от «тяжелых» углеводородов;
- переработка кубовой жидкости с целью выделения из нее:
- изопентан-изопреновой фракции;
- толуольной фракции.[2,с.130]

2.2.Характеристика сырья и готовой продукции.

Синтетический каучук изопреновый (СКИ), представляет собой полимер, который содержит звенья 1,4- цис - не менее 96 %.

Структурная формула:



Изопреновый каучук получается полимеризацией изопрена в изопентане в присутствии каталитического комплекса и представляет собой эластичную, однородную, монолитную массу.[5,с.220]

Синтетический каучук горюч, не ядовит, растворим в бензоле, бензине, изопентане, хлороформе и других растворителях.

Показатели СКИ:

Плотность: 910 – 920 кг/м³

Температура воспламенения: 290 °С

Температура самовоспламенения: 320 °С

Таблица 2.1.1

Требования на исходные компоненты для процесса полимеризации

Норма для изопрена	Изопрен из изобутилена		Изопрен из изопентана	
	Высший сорт	1 сорт	Высший сорт	1 сорт
1	2	3	4	5
1. Внешний вид	Бесцветная или желтоватая жидкость			
2. Массовая доля изопрена, %, не менее	99	99	97	96.5
3. Массовая доля Σ бутенов и пентенов, %, не более	1,0	1,0	3,0	3,5
4. Массовая доля пипериленов, %, не более	0,02	0,02	0,02	0,02
5. Массовая доля циклопентадиена (ЦПД), %, не более	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
6. Массовая доля α -ацетиленовых углеводородов, %, не более	0,0002	0,0003	0,0002	0,0002
7. Массовая доля карбонильных соединений, %, не более	0,0003	0,002	0,0003	0,002
8. Массовая доля сернистых соединений, %, не более	0,0002	0,0003	0,0002	0,0003
9. Массовая доля метилаля, %, не более	0.0008	0,0010	-	-

1	2	3	4	5
10.Массовая доля метилтретбутилового эфира(МТБЭ),%, не более	0,0001	-	-	-
11.Массовая доля ингибитора %, не менее паратрет-бутилпирокатехина (ТБК) или древесносмоляного ингибитора (ДСИ)	0,005 0,01	0,005 0,01	0,005 0,01	0,005 0,01
12.Содержание нерастворенной влаги	отс.	отс.	отс.	отс.
13.Массовая доля перекисных соединений (на активный кислород), %, не более	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
14.Массовая доля метиленциклобутана, %, не более	Не норм., определени е обязательно	Не норм., определени е обязательно	Не норм., определени е обязательно	Не норм., определени е обязательно

Пояснения к таблице 2.1.1:

- Предприятие-изготовитель имеет право гарантировать качество изопрена по любому показателю, при этом частота контроля устанавливается самим предприятием, но не реже одного раза в 3 месяца.
- Допускается предприятием-изготовителем определять массовую долю карбонильных соединений, α -ацетиленовых соединений и ЦПД из емкости товарного изопрена до стабилизации его ингибитором.

Таблица 2.1.2

Каучук СКИ – 3 ГОСТ 14925-79 с изменениями №1,2,3,4,5,[6]

Наименование показателей	Нормы для марок					
	СКИ-3 высшего сорта			СКИ-3 первого сорта		
	1 группа	2 группа	3 группа	1 группа	2 группа	3 группа
1	2	3	4	5	6	7
1. Вязкость по Муни МБ 1+4 (100 °С)	75-85	65-74	55-64	75-85	65-74	55-64
2. Разброс по вязкости внутри партии	8	8	8	8	8	8
3. Разброс по пластичности внутри партии, не более	0,05	0,05	0,06	0,06	0,08	0,08
4. Эластичное восстановление после определения пластичности, мм, не более	1,8	1,7	1,5	2,0	1,9	1,6
5. Условная прочность при растяжении, МПа (кгс/см ²), не менее: при 23 °С при 100 °С	30,4(310) 21,6(220)	30,4(310) 21,6(220)	29,4(300) 20,6(210)	29,4(300) 20,6(210)	28,4(290) 19,6(200)	28,4(290) 19,6(200)
6. Массовая доля водорастворимой части золы, % не более	-	-	-	-	-	-
7. Массовая доля металлов, %, не более:						
Меди	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Железа	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	0,005
Титана	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07

Параметры, обязательные для проверки [6,с.130]

Таблица 2.1.3

Каучук СКИ-3С ТУ 2294-022-48158319-2001

Наименование показателя	Нормы по сортам		
	Высший	Первый	
1	2	3	
Вязкость по Муни МБ 1+4 (100 °С)			
	1 группа	72 – 84	72 – 88
	2 группа	61 – 71	59 – 71
Разброс вязкости по Муни внутри партии, не более	8	10	

Таблица 2.1.4

Параметры, рекомендуемые для проверки [6,с.140]

Наименование показателя	Нормы по сортам		
	Высший	Первый	
1	2	3	
Условная прочность при растяжении МПа (кгс/см ²), не менее			
	при 23 °С 1 группа	30,4 (310)	29,4 (300)
	2 группа	30,4 (310)	29,4 (300)
	при 100 °С 1 группа	21,6 (220)	20,6 (210)
	2 группа	21,6 (220)	19,6 (200)
Массовая доля металлов, % не более			
	Железа	0,003	0,006
	Титана	0,05	0,06

Таблица 2.1.5

Требования к сырью

№	Показатели обязательные для проверки	Регламентируемые показатели	
Изопрен (из изобутилена)			
1	2	3	4
			Высший сорт
1	Массовая доля: - изопрена, бутенов и пентенов, циклопентадиена, альфа-ацетиленовых, углеводородов, карбонильных соединений. Содержание нерастворимой влаги	1. Описание	Прозрачная жидкость
		2. Массовая доля вещества, %, не менее	99,0
		3. Массовая доля суммы бутенов и пентенов, %, не более	1,0
		4. Массовая доля циклопентадиена (ЦПД), %, не более	0,0001
		5. Массовая доля альфа-ацетиленовых углеводородов, %, не более	0,0002
		6. Массовая доля карбонильных соединений, %, не более	0,0003
		7. Массовая доля сернистых соединений, %, не более	0,0002

		8. Массовая доля метилаля, %, не более	0,0008
		9. Массовая доля метил-трет-бутилового эфира, %, не более	0,0001
		10. Содержание нерастворимой влаги	отс
		11. Массовая доля перекисных соединений (на активный кислород), %, не более	0,0005

Осушенная изопентан-изопреновая шихта [4,с.145]

Содержание, % массовых:

- изопрена – 13-18
- влаги – не более 0,0005
- изоамиленов – не более 20

Период полупревращения при дозировке катализатора 0,6 % – не более 15 минут.

Паровой конденсат, подаваемый в заводскую сеть, должен соответствовать следующим требованиям:

- щелочность – не более 60 мкг экв/л;
- жесткость – не более 5 мкг экв/л
- окисляемость – не более 0,5 мкО₂/л;
- содержание кремниевой кислоты – не более 150 мкг/л;
- содержание железа – не более 70 мкг/л;
- содержание меди – не более 5 мкг/л;
- содержание нефтепродуктов – отсутствие;
- рН – 8,5-9,5.

Каталитический комплекс

- Массовая концентрация каталитического комплекса в растворе толуола, г/л – 90-155
- Период полупревращения изопрена при дозировке четырехкомпонентного катализатора 0,6 % масс., не более – 15 минут;

Толуол нефтяной, согласно ГОСТ 14710-78 с изменениями 1,2,3,4,5 – применяют двух категорий качества – высшей и первой,

Внешний вид – Прозрачная жидкость, не содержащая посторонних примесей и воды, не темнее раствора $K_2Cr_2O_7$ концентрации 0,003 г/дм³,

Плотность при 20 °С:

- толуол высшей категории качества 0,865-0,867 г/см³,
- первой категории качества 0,864-0,867 г/см³

Массовая доля толуола, % не менее

- высшей категории качества 99,75,
- первой категории качества 99,6,

Массовая доля примесей, % не более 0,25 и 0,4

- неароматических углеводородов 0,1 и 0,2
- бензола 0,1 и 0,15
- ароматических углеводородов C_8 0,05 для высшей категории качества и первой категории качества

Испаряемость – без остатка

Массовая доля общей серы не более 0,00015 %

2.3. Описание технологической схемы разделения и очистки возвратной фракции и приготовления шихты.

2.3.1. Азеотропная осушка и ректификация возвратной фракции производства СБК от тяжелых углеводородов

Возвратная углеводородная фракция после отстоя от воды в емкости отделения склада подается насосом на азеотропную осушку в колонну К-1 на 39 тарелку. Предварительно она подогревается в межтрубном пространстве рекуператора за счет тепла, отдаваемого отгоняемой на колонне К-2 возвратной углеводородной фракции, подаваемой в трубное пространство рекуператора.

Предусмотрен дополнительный подогрев возвратной фракции, поступающей в колонну К-1, в трубном пространстве теплообменника за счет тепла конденсата, подаваемого насосом через межтрубное пространство.

При понижении температуры до 28°C или повышении до 62°C включается световая и звуковая предупредительная сигнализация.

Обогрев колонны К-1 производится через выносной кипятильник, в межтрубное пространство которого подается водяной пар.

Давление верха колонны Кт-1 выдерживается 0,3-0,5 МПа ($3,0\text{-}5,0$ кгс/см²)

При завышении давления верха колонны Кт-1 по КИП до 5,5 МПа ($5,5$ кгс/см²) срабатывает блокировка - автоматически прекращается подача пара в кипятильник.

Погон колонны К-1 (азеотроп – углеводороды с водой) поступает в межтрубное пространство конденсатора на конденсацию и далее и в межтрубное пространство холодильника на охлаждение. В трубное пространство конденсатора и холодильника подается обратная вода.

Охлажденные и сконденсированные углеводороды с водой из холодильника самотеком поступает в емкость, где происходит разделение азеотропной смеси на углеводородный и водный слой.

Углеводородный слой из емкости подается в виде флегмы в линию питания колонны К-1.

Осушенная возвратная углеводородная фракция из куба колонны К-1 насосом подается на ректификационную колонну К-2 на 25-ю или 18-ю тарелку, где происходит отгонка возвратной фракции от «тяжелых» углеводородов.

Колонна К-2 обогревается паром через выносной кипятильник.

Пары углеводородов с верха колонны К-2 поступают на конденсацию в межтрубное пространство конденсатора, в трубное пространство которого подается обратная вода. Сконденсированные углеводороды самотеком поступают в емкость, откуда часть углеводородов насосом подается в виде флегмы в колонну К-2, другая - в трубное пространство рекуператора, где охлаждается, и далее в емкость на приготовление шихты.

Схемой предусмотрена подача возвратных углеводородов от насоса в емкость на приготовление раствора стоппера.

Давление верха в колонне К-2 выдерживается 0,2 – 0,4 МПа (2,0-4,0 кгс/см²)

Кубовый продукт колонны К-2 подается на ректификацию в колонну К-3.

Схемой предусмотрена подача кубового продукта колонны К-2 на питание колонны К-3 на 17-ю или 25-ю тарелки, минуя насос, за счет разности давлений в колоннах.

Обогрев колонны К-3 осуществляется через выносной кипятильни, в межтрубное пространство которого подается водяной пар.

Пары углеводородов с верха колонны К-3 поступают на конденсацию в межтрубное пространство конденсатора, в трубное пространство которого подается обратная вода.

Сконденсированные углеводороды из конденсатора самотеком поступают в емкость, откуда часть углеводородов подается в виде флегмы в колонну К-3.[3,с.238] оставшиеся углеводороды поступают в емкость на приготовление раствора стоппера. По существующей схеме кубовый продукт колонны К-3 насосом подается в абсорбент.

По схеме, предлагаемой, вывод кубового продукта К-3 осуществлялся в емкость Е-5 установки полимеризации установки производства СКИ, куда также подаются: изопентан-растворитель и изопентан-изопреновая фракция после колонны К-4 установки ректификации изопентан-изопреновой фракции, ВИИФ из отделения склада и возвратные продукты из сборника установки полимеризации производства СКИ.

Изопентановая фракция из ёмкости Е-6 поступает на ВЩО (водно-щелочная отмывка)

Водно-щелочная отмывка возвратных углеводородов проводится согласно технологической схеме установки полимеризации СКИ:

I стадия – отмывка умягченной водой от следов антиагломератора;

II стадия – отмывка от специфических примесей раствором щелочи с концентрацией не менее 18% масс;

III – отмывка от щелочи умягченной водой.

2.3.2.Ректификация возвратной изопентан-изопреновой фракции производства СКИ [2,с.260]

Отмытые возвратные углеводороды и изопентан-изопреновая фракция из емкости Е-6 установки полимеризации СКИ подаются через

подогреватель (или минуя его) на 33 тарелку колонны К-4 для азеотропной осушки фракции и отгонки «легких» углеводородов.

Подогрев фракции в подогревателе осуществляется паровым конденсатом, подаваемым в межтрубное пространство аппарата.

Процесс отгонки легколетучих и влаги из изопентан-изопреновой фракции производится при температуре куба не более 60°C и давлении не более 1,5 кгс/см². Подача тепла в колонну К-4 производится через выносные кипятильники.

Вывод парового конденсата из кипятильников ведется в конденсатосборник, откуда через клапан регулятор уровня по месту конденсат поступает в емкость.

Пары углеводородов фракции C₄-C₅ и воды (азеотроп), отгоняемые с верха колонны К-4, частично конденсируются в дефлегматоре, охлаждаемом оборотной водой. Несконденсированные углеводороды из дефлегматора направляются в конденсатор, охлаждаемый рассолом.

В конденсаторе дополнительно конденсируется значительная часть углеводородов C₅. Несконденсированные углеводороды из аппарата поступают на дальнейшую конденсацию в рассольный конденсатор. Углеводородный конденсат из дефлегматора и конденсатора стекает в емкость, где происходит расслаивание углеводородов и воды. [2,с.262]

Из емкости углеводородный слой возвращается в колонну К-4 в качестве флегмы.

Схемой предусмотрен прием изопентана-растворителя с установки очистки изопентана от микропримесей во всасывающую линию для подпитки системы возвратной изопентан-изопреновой фракции.[2,с.263]

Вода, отстоявшаяся в емкости, периодически сливается. Повышение уровня раздела фаз в емкости более 5 % шкалы – сигнализируется.

Обезвоженная изопентан-изопреновая фракция из куба колонны К-4 насосом подается на ректификацию от толуола и других «тяжелых» углеводородов в колонну К-5 на 24 (34 или 44) тарелку питания.[2,с.250]

На линии подачи изопентан-изопреновой фракции в колонну К-5 установлен отсекающий для освобождения колонны К-4 в случае аварии.

Процесс ректификации возвратной изопентан-изопреновой фракции от тяжелых углеводородов производится при температуре куба не более 95 °С и давлении не более 1,5 кгс/см². Подача тепла в колонну К-5 производится через выносные кипятильники.

На трубопроводе горячей воды установлен ППК со сбросом давления в химзагрязненную канализацию.

Отгоняемые с верха колонны К-5 пары углеводородов конденсируются в дефлегматоре и конденсаторе охлаждаемых оборотной водой.

Несконденсированные пары углеводородов из аппаратов поступают в рассольный конденсатор на дополнительную конденсацию.

Повышение давления до 1,5 кгс/см² сигнализируется, при повышении давления до 2,0 кгс/см² автоматически прекращается подача пара и горячей воды в кипятильники.

Углеводородный конденсат из аппарата стекает в емкость, откуда насосом частично возвращается в колонну К-5 в виде флегмы, а избыток по уровню в емкости выводится в емкость.[2.с.160]

Вода, отстоявшаяся в емкости, периодически сливается.

Кубовая жидкость колонны К-5, содержащая толуол, изопентан, изоамилены, изопрен и тяжелые углеводороды, подается насосом на установку выделения толуольной фракции в колонну К-6 или в колонну К-7 отделения выделения толуола-возврата.

При снижении содержания толуола в кубовой жидкости колонны К-5 (менее 10 % масс) возможна работа колонны К-5 с периодическим выводом кубового продукта в колонну К-6.

Несконденсированные отдувки поступают в рассольный конденсатор на дополнительную конденсацию. Углеводородный конденсат из конденсатора сливается в емкость, откуда насосом откачивается в колонну К-4 или в емкости отделения цеха склада.

Несконденсированные углеводороды из конденсатора направляются на факел.

На случай завышения давления в системе предусмотрено ручное стравливание газовой фазы углеводородов из аппаратов К-4, К-5 через емкость в линию факела.

2.3.3. Выделение толуольной фракции из кубового продукта.

Изопентан-изопрен-изоамилен-толуольная фракция из куба колонны К-5 (установки ректификации возвратной изопентан-изопреновой фракции) насосом подается на 10 тарелку колонны К-6 для выделения из нее толуольной фракции.[2,с.261]

Процесс разделения изопентан-изопрен-изоамилен-толуольной фракции осуществляется на колонне К-6. Подача тепла в колонну 6 производится через выносные кипятильники, обогреваемые паром низкого давления. Пары изопентан-изопрен-изоамиленовой фракции, отгоняемые с верха колонны 6, пройдя колонну, поступают в дефлегматор, охлаждаемый оборотной водой, где конденсируются.

Углеводородный конденсат (изопентан-изопреновая фракция) из дефлегматора сливается в емкость, откуда насосом подается в виде флегмы в колонну 6.

Избыток изопентан-изопреновой фракции, с содержанием толуола не более 0,1% масс, откачивается на установку полимеризации изопрена производства СКИ.

Часть кубовой жидкости К-6 (изопентан-изоамиленовая фракция), с содержанием толуола и тяжёлых не более 5,0 % масс, периодически выводится в отделение цеха-склада.[2,с.263]

Толуольная фракция, с содержанием углеводородов C_5 не более 0,5 % масс, из куба колонны 6 насосом откачивается в отделение выделения толуола.

Для повышения рН на установке выделения толуольной фракции в колонну 6 подается ингибитор коррозии (1÷2 % раствор КОН в оксаноле. Кубовая жидкость К-6 поступает в К-7, туда же поступает жидкость состоящая в основном из толуола, изопентана, изопрена и изоамиленов. В колонне К-7 отгоняется изопентан-изопрен-изоамиленовая фракция, которая конденсируется в дефлегматоре. С верха К-7 отбираются пары толуола, которые конденсируются в дефлегматоре и частично подаются в виде флегмы в К-7 на орошение. Кубовый остаток К-7 самотеком выводится в емкость.

2.3.4. Приготовление изопентан-изопреновой шихты, азеотропная ее осушка. [1,с.285]

Приготовление изопентан-изопреновой шихты производится непрерывно путем смешения в расчетном количестве изопрена-ректификата и возвратной изопентан-изопреновой фракции.

Изопрен-ректификат с отделения ретификации изопентан-изопреновой фракции через цех склад принимается в емкость Е-9 установки полимеризации изопрена.

Завышение (занижение) уровня в емкости Е-9 до 80% (20%) по шкале прибора сигнализируется.[1,с.286]

Емкость Е-9 находится под давлением азота 1÷2 кгс/см²

Изопрен-ректификат из емкости Е-9 насосом в расчетном количестве подается на смешение с возвратной изопентан-изопреновой фракцией (возвратным растворителем), поступающей из емкости.

Изопентан-изопреновая шихта с содержанием изопрена 15÷19% масс. через межтрубное пространство рекуператора, где она подогревается за счет тепла кубового продукта колонны К-8, подается в

колонну К-8 для азеотропной осушки шихты от растворенной в ней влаги.[1,с.287]

Азеотропная осушка шихты ведется при температуре в кубе колонны К-5 $50\div 56^{\circ}\text{C}$.

Обогрев колонны К-8 осуществляется через выносные кипятильники. В межтрубное пространство кипятильников подается пар. Давление пара на вводе на установку полимеризации СКИ выдерживается в пределах $3\div 6$ кгс/см². Расход пара в кипятильники выдерживается регулятором, снижение (завышение) расхода пара до 1,05 т/час (2,8 т/час) сигнализируется.

Кроме этого, в межтрубное пространство кипятильника предусмотрена подача горячей воды из ТТЦ с давлением не более 4,5 кгс/см².

Пары изопентана, изопрена и воды (азеотроп), отгоняемые с верха колонны К-8, конденсируются в дефлегматоре, в трубное пространство которого подается обратная вода.[1.с.288]

Несконденсированные пары углеводородов из дефлегматора поступают в рассольный конденсатор на дополнительную конденсацию.

Конденсат из дефлегматора и конденсатора стекает в сборник, где происходит расслаивание углеводородов и воды.

Верхний углеводородный слой через заборный штуцер высотой 600 мм насосом подается в колонну К-8 в качестве флегмы.

Нижний водный слой с углеводородами из отстойника выводится самотеком в емкость установки водно-щелочной отмывки возвратной изопентан-изопреновой фракции.

Давление верха колонны выдерживается не более 1,5 кгс/см².

Осушенная изопентан-изопреновая шихта (содержание влаги не более 0,0005% масс.) из куба колонны К-8, пройдя через трубное пространство рекуператора и отдавая тепло фракции, поступающей в колонну К-5, насосом подается через холодильник, охлаждаемый

оборотной или захлажденной водой.

Осушенная и очищенная изопентан-изопреновая шихта подается на полимеризацию. Очистка шихты от микропримесей и влаги осуществляется 1%-ным раствором триизобутилалюминия (ТИБА) в толуоле, подаваемым во всасывающую линию насоса.[1,с.290]

2.4. Материальный баланс реакционного узла

Схема материальных потоков:

где G_1 – изопентан-растворитель, кг/час;

G_2 – возвратные углеводороды после установки дегазации СКИ, кг/час;

G_3 – после водно-щелочной отмывки в Е-6, кг/час;

G_4 - изопентан-изопреновая фракция, после отгонки от «легких» углеводородов куб К-4, кг/час;

G_5 – изопентан-изопреновая фракция для приготовления шихты на установке СКИ верх К-5, кг/час.

G_6 - изопентан-изопреновая фракция, после отгонки от «тяжелых» углеводородов куб К-5, кг/час.

G_7 -углеводороды на дополнительную очистку, верх К-6 кг/час;

G_8 -толуольная фракция, куб К-6 кг/час;

G_9 -толуольная фракция для приготовления катализатора и раствора ТИБА в толуоле, верх К-7 кг/час;

G_{10} -тяжелые углеводороды, пошедшие в абсорбент, куб К-7 кг/час;

G_{11} -изопреновая фракция из Е-9, кг/час;

G_{12} -изопентан-изопреновая фракция на полимеризацию, куб К-8 , кг/час;

G_{13} -фракция производства СБК, кубовый продукт К-3 СБК, кг/час;

Часовая производительность колонны приготовления углеводородной шихты К-8 – 90000 кг/час.

Рассчитаем количество подаваемой углеводородной фракции.[16,с.260] Данные расчетов отображены в таблице 2.4.1

Таблица 2.4.1

Состав и количество возвратной углеводородной фракции на азеотропную осушку без подпитки (возвратные углеводороды после установки дегазации СКИ, G₂).

Компонент	% масс.	кг/час	кг/с	кмоль/час	Мольная масса	Мольные %
Изобутилен	0,08	61,82	0,02	1,10	56	0,10
Изопентан	72,71	56943,20	15,82	790,90	72	71,98
Н-пентан	0,65	512,00	0,14	7,11	72	0,65
Изоамилены	22,1	17432,10	4,84	249,0	70	20,66
Изопрен	3,93	3102,00	0,86	45,62	68	7,15
Вода	0,01	10,00	0,003	0,56	18	0,05
Толуол	0,41	332,70	0,09	3,62	92	0,33
∑тяжелых	0,11	96,0	0,03	0,96	100	0,09
Итого	100	78889,8	21,80	1098,9		100

Пример расчета по изобутилену

$$\frac{61,82}{3600} = \frac{0,02 \text{ кг}}{\text{с}}$$

Чтобы расход получить в кмоль/час, нужно расход в кг/час разделить на мольную массу данного компонента

$$\frac{61,82}{56} = 1,10 \frac{\text{кмоль}}{\text{час}}$$

где 56 - мольная масса изобутилена

Содержание изобутилена в смеси (% мол.)

$$(2.4.2)$$

где 1098,9 - сумма расходов компонентов, кмоль/час

Таблица 2.4.2

Состав и количество смеси, подаваемой на азеотропную осушку, верх К-7 (толуольная фракция для приготовления катализатора и раствора ТИБА в толуоле, G₉)

Компонент	% масс.	кг/час	кг/с	кмоль/час	Мольная масса	Мольные %
Изопентан	0,65	0,60	0,00017	0,0083	72	0,22
Толуол (C ₇ H ₈)	98,54	329,90	0,092	3,59	92	99,45
Т.О. (C ₇ H ₁₆)	0,81	1,2	0,00033	0,012	100	0,33
Итого	100	331,7	0,093	3,61		100

Таблица 2.4.3

Состав и количество кубового продукта К-7 (выделение толуола и микропримесей, тяжелые углеводороды, пошедшие в абсорбент, G₁₀)

Компонент	% масс.	кг/час	кг/с	кмоль/час	Мольная масса	Мольные %
Изопентан	0,061	0,6	0,00017	0,0083	72	0,85

Толуол (C ₇ H ₈)	28,09	2,8	0,00078	0,030	92	3,06
Т.О. (C ₇ H ₁₆)	71,85	94,8	0,026	0,95	100	96,94
Итого	100	98,2	0,027	0,98		100

Таблица 2.4.3

Состав и количество кубового продукта К-8 (G₁₂).

Компонент	% масс.	кг/час	кг/с	кмоль/час	Мольная масса	Мольные %
Изобутилен	0,07	63,0	0,017	1,13	56	0,11
Изопентан	63,49	57141,0	15,87	793,60	72	73,92
Н-пентан	0,57	513,0	0,14	7,13	72	0,66
Изоамилены	19,45	17505,0	4,86	250,00	70	23,29
Изопрен	16,42	14778,0	4,10	21,74	68	2,03
Итого	100	90000	24,99	1073,60		100

Таблица 2.4.4

Состав и количество кубового продукта колонны К-3 СБК (G₁₃).

Компонент	% масс.	кг/час	кг/с	кмоль/ час	Мольная масса	Мольн. %
Изопентан	90,58	181,17	0,05	2,52	72	90,65
Н-пентан	0,38	0,75	0,0002	0,010	72	0,36
Изоамилен	0,25	0,50	0,000012	0,007	70	0,25
Изопрен	6,54	13,08	0,004	0,19	68	6,83
Углеводоро	2,25	4,5	0,001	0,06	72	2,16

ды C_6						
Димеры	0,0005	0,001	$2,7 \cdot 10^{-7}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	100	$3,6 \cdot 10^{-4}$
Итого	100	200	0,055	2,78		100

В процессе полимеризации подается суспензия катализатора в толуоле. Катализатор подают в расчёте на изопрен в осушенной шихте, дозировка его составляет 0,3% масс. Катализатор подаётся в виде суспензии в толуоле с концентрацией 110 г/л. Исходя из этих данных, необходимо найти, сколько толуола подаётся с катализатором.

Рассчитаем количество катализатора, которое необходимо подать в расчёте на изопрен: [10, с.230]

$$0,3\% - X \text{ кг/час}$$

$$100\% - 17880 \text{ кг/час}$$

$$x = \frac{0,3 * 17880}{100} = 53,64 \frac{\text{кг}}{\text{час}} \quad (2.4.3)$$

Где 0,3% масс. - дозировка катализатора

17880 кг/час – количество изопрена, в изопрен-изопентановой шихте, подаваемой на полимеризацию. (3102 кг/час+14778 кг/час)

53,64 кг/час-количество твердого катализатора в суспензии, концентрация данного катализатора $C=110$ г/л

Найдем объем подаваемой суспензии:

$$В 1 \text{ м}^3 - 110 \text{ кг}$$

$$В X \text{ м}^3 - 53,64 \text{ кг}$$

$$V = \frac{1 \text{ м}^3 * 53,64 \text{ кг}}{110 \text{ кг}} = 0,48 \text{ м}^3, \quad (2.4.3)$$

Найдем количество (массу) суспензии в кг:

$$M = V * \rho \quad (2.4.4)$$

$$M = 0,48 \text{ м}^3 * 867 \text{ кг/м}^3 = 422,8 \text{ кг};$$

Где V -объем подаваемой суспензии, м^3

ρ -плотность толуола $0,867 \text{ кг/см}^3=867 \text{ кг/м}^3$. [15, с.252]

Найдем количество толуола:

M суспензии - M катализатора = $422,8 \text{ кг} - 53,64 \text{ кг} = 369,2 \text{ кг}$

Расчет материальных потоков отделения ректификации изопентан-изопреновой фракции в процессе приготовления изопентан-изопреновой шихты установки полимеризации изопрена производства СКИ с использованием изопентана-растворителя представлен в таблице (2.4.5).

Расчет материальных потоков в процессе приготовления изопентан-изопреновой шихты установки полимеризации изопрена производства СКИ с использованием кубового продукта ректификационной колонны К-3 производства СБК представлен в таблице (2.4.6).

Схема материальных потоков стадии разделения и очистки
возвратных углеводородов

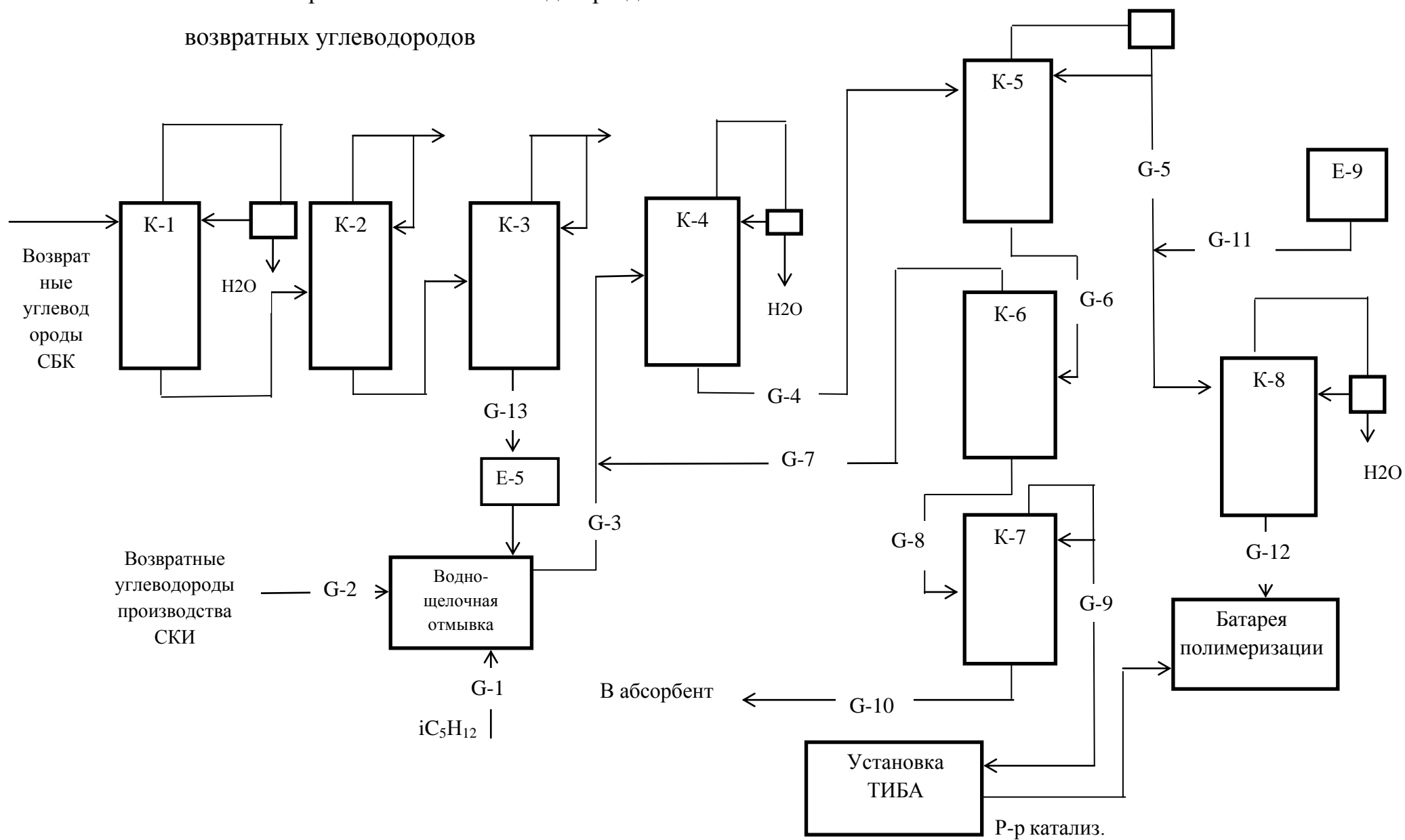


Таблица 2.4.5

Компонентный состав материальных потоков стадий разделения и очистки возвратных углеводородов и приготовления шихты (по существующей схеме)

Компоненты	G-1		G-2		G-3		G-4	
	кг	% масс	кг	% масс	кг	% масс	кг	% масс
Изобутилен	-	-	61,82	0,08	61,82	0,08	62,42	0,08
Изопентан	199,0	99,95	56943,2	72,71	57142,2	72,64	57712,2	72,25
Н-пентан	1,0	0,05	512,0	0,65	513,0	0,65	541,8	0,68
Изоамилены	-	-	17432,1	22,1	17432,1	22,15	17973,3	22,5
Изопрен	-	-	3102,0	3,93	3102,0	3,94	3158,4	3,95
Вода	-	-	10,0	0,01	10,0	0,01	-	-
Толуол	-	-	332,7	0,41	332,7	0,42	332,7	0,42
Σтяжелых	-	-	96,0	0,11	96,0	0,11	96,0	0,12
Итого	200,0	100	78889,0	100	78689,8	100	79876,8	100

Продолжение таблицы 2.4.5

Компоненты	G-5		G-6		G-7		G-8	
	кг	% масс	кг	% масс	кг	% масс	кг	% масс
Изобутилен	61,82	0,08	0,6	0,01	0,6	0,01	-	-
Изопентан	57141,0	73,02	571,2	26,98	570,0	45,63	1,2	0,28
Н-пентан	513,0	0,65	28,8	2,54	28,8	2,51	-	-
Изоамилены	17432,1	22,27	541,2	32,91	541,2	47,35	-	-
Изопрен	3102,0	3,96	56,4	4,02	56,4	4,47	-	-
Вода	-	-	-	-	-	-	-	-
Толуол	-	-	332,7	27,99	-	-	332,7	77,16
Σтяжелых	-	-	96,0	5,55	-	-	96,0	22,56
Итого	78250,0	100	1626,9	100	1197,0	100	429,9	100

Продолжение таблицы 2.4.5

Компоненты	G-9		G-10		G-11		G-12	
	кг	% масс	кг	% масс	кг	% масс	кг	% масс
Изобутилен	-	-	-	-	1,18	0,01	63,0	0,07
Изопентан	0,6	0,65	0,6	0,061	-	-	57141,0	63,49
Н-пентан	-	-	-	-	-	-	513,0	0,57
Изоамилены	-	-	-	-	72,86	0,62	17505,0	19,45
Изопрен	-	-	-	-	11676,0	99,37	14778,0	16,42
Вода	-	-	-	-	-	-	-	-
Толуол	239,9	98,54	2,8	28,09	-	-	-	-
Σтяжелых	1,2	0,81	94,8	71,85	-	-	-	-
Итого	331,7	100	98,2	100	11751,0	100	90000	100

Таблица 2.4.6

Компонентный состав материальных потоков стадий разделения и очистки возвратных углеводородов и приготовления шихты

Компоненты	G-13		G-2		G-3		G-4	
	Кг	% масс	кг	% масс	кг	% масс	кг	% масс
Изобутилен	-	-	66,12	0,08	66,12	0,08	66,62	0,08
Изопентан	181,17	90,58	57508,63	72,25	57689,8	72,26	58236,4	71,86
Н-пентан	0,75	0,38	536,25	0,67	537,0	0,67	561,0	0,69
Изоамилены	0,5	0,25	17951,64	22,53	17952,1	22,48	18472,14	22,79
Изопрен	13,08	6,54	3143,22	3,95	3156,3	3,95	3264,9	4,03
C ₆ углеводороды	4,5	2,25	13,5	0,02	18,0	0,02	18,5	0,02
Вода	-	-	8,0	0,01	8,0	0,01	-	-
Толуол	-	-	330,0	0,41	330,0	0,41	330,0	0,41
Σтяжелых	0,001	0,0005	96,0	0,12	96,0	0,12	96,0	0,12
Итого	200	100	79655,36	100	79853,36	100	81045,56	100

Продолжение таблицы.2.4.6

Компоненты	G-5		G-6		G-7		G-8	
	Кг	% масс	кг	% масс	кг	% масс	кг	% масс
Изобутилен	66,22	0,08	0,5	0,01	0,5	0,04	-	-
Изопентан	57687,6	72,64	548,8	24,58	546,6	47,7	2,20	0,50
Н-пентан	541,4	0,68	24,0	2,37	24,0	2,09	-	-
Изоамилены	17952,14	22,6	520,0	32,94	520,0	45,38	-	-
Изопрен	3156,3	3,98	54,3	3,96	54,3	4,75	-	-
С ₆ углеводороды	13,7	0,02	4,8	2,4	0,5	0,04	4,3	0,99
Вода	-	-	-	-	-	-	-	-
Толуол	-	-	330,0	28,25	-	-	330,0	76,30
Σтяжелых	-	-	96,0	5,49	-	-	96,0	22,19
Итого	79417,36	100	1600	100	1145,9	100	432,5	100

Продолжение таблицы.2.4.6

Компоненты	G-9		G-10		G-11		G-12	
	Кг	% масс	кг	% масс	кг	% масс	кг	% масс
Изобутилен	-	-	-	-	1,18	0,01	66,8	0,07
Изопентан	2,12	0,68	0,04	0,03	-	-	57141,0	63,48
Н-пентан	-	-	-	-	-	-	513,0	0,57
Изоамилены	-	-	-	-	72,85	0,62	17505,0	19,45
Изопрен	-	-	-	-	11676,0	99,37	14778,0	16,42
С ₆ углеводороды	4,26	1,36	0,04	0,03	-	-	13,2	0,01
Вода	-	-	-	-	-	-	-	-
Толуол	304,4	97,13	25,6	21,51	-	-	-	-
Σтяжелых	2,6	0,81	93,4	78,43	-	-	-	-
Итого	313,0	100	119,08	100	11751,0	100	90000	100

Как следует из представленных результатов, применение кубового продукта К-3 производства СБК в качестве подпитки в ВИИФ перед стадией водно-щелочной отмывки с последующей ректификацией на установке ректификации изопентан-изопреновой фракции, приводит к появлению в составе потоков углеводородов C_6 , содержание которых стабилизируется на определённом уровне. Однако это не снижает полимеризационную чистоту ВИИФ и толуола-ректификата, выделенных из возвратной фракции.[8,с.286]

Использование в производстве СКИ кубового продукта колонны К-3 не оказывает влияния на технологические параметры процесса полимеризации изопрена, молекулярные характеристики синтезированного полиизопрена и показатели качества каучука марки СКИ-3.[9,с.115]

Для стабилизации подачи кубового продукта К-3 в возвратную шихту производства СКИ в технологическую схему производства требуется включить дополнительное оборудование: ёмкость Е-5 для сбора кубового продукта К-3 и насос для подачи его в возвратную шихту.

2.5. Технологический расчёт основного аппарата

Горизонтальная накопительная емкость Е-5 предназначена для сбора кубового продукта К-3 с целью подпитки изопентан-изопреновой шихты. Расход кубового продукта составляет 200 кг/час. Для стабилизации работы оборудования принимаем 8-часовой резерв кубового продукта. [17, с.415]

$$200 \text{ кг/час} * 8 \text{ часов} = 1600 \text{ кг}$$

Рассчитаем объем емкости, необходимый для такого количества углеводородов. [27, с.135]

$$V = \frac{m}{\rho}, \text{ м}^3 \quad (2.5.1)$$

Где,

V-объем емкости, м³

m-масса углеводородов, кг

ρ-плотность углеводородов, кг/м³, (плотность изопентана 0,62г/см³=620 кг/м³)

0,8-коэффициент заполнения емкости

$$V = \frac{1600}{0,8 * 620} = 3,22 \text{ м}^3$$

Принимаем объем емкости 4,0 м³, как у стандартного аппарата.

2.6. Механический расчёт аппарата

Толщина стенки обечайки:

$$S \geq pD / ((2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - p)) + c = (0,7 \cdot 1200) / (2 \cdot [133] \cdot 1 - 0,7) + 2 = 5,17 \text{ мм} \quad (2.6.1)$$

где:

D – диаметр аппарата; мм

p – рабочее давление; (6 кгс/см²+1 атмосфера=7кгс/см²=0,7 МПа)

[σ] — допускаемое напряжение материала обечайки, 133 МПа;

φ — коэффициент прочности сварных швов, 1,0;

c — сумма прибавок к расчётной толщине стенки, 2,0 мм.

Принимаем толщину стенки обечайки 12 мм, как у действующего аппарата.

Рассчитаем толщину стенки днища;

$$S \geq pR / ((2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0,5p)) + c = (0,7 \cdot 1200) / (2 \cdot [133] \cdot 1 - 0,5 \cdot 0,7) + 2 = 5 \text{ мм} \quad (2.6.2)$$

где :

P – рабочее давление,

R=D – радиус кривизны в вершине днища, 1200 мм

[σ] — допускаемое напряжение материала обечайки, 133 МПа;

φ — коэффициент прочности сварных швов, 1,0;

c — сумма прибавок к расчётной толщине стенки, 2,0 мм.

Принимаем толщину стенки днища 12 мм, как у стандартного аппарата.

2.7. Подбор вспомогательного оборудования

Вспомогательное оборудование – центробежный насос для осуществления подачи углеводородов подбираем, исходя из требуемой производительности ($0,018 \text{ м}^3/\text{с}$) и напора (17.1 м).

Принимаем к исполнению:

Насос центробежный

Марки X8/30

Подача (расход) – $Q \text{ м}^3/\text{с} - 2,4 \cdot 10^{-3}$

Высота – H , м. ст. жидкости – 17,7

Частота вращения – n , с^{-1} – 48,3

КПД – $\eta_n = 0,50$

Электродвигатель

Тип – А02 – 32 – 2

Мощность – N_n , кВт – 4

КПД – $\eta_{дв} = 0,82$

3.СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

3.1. Контроль производства.

3.1.1. Аналитический контроль

Аналитический контроль данного процесса приготовления изопентан-изоамилен-изопреновой шихты представлен в приложении 1.

Сырье.

В зависимости от способа полимеризации изопрена, к нему предъявляются определенные требования по его чистоте. При каталитической полимеризации требования к качеству изопрена повышаются, так как указанный способ полимеризации обладает высокой чувствительностью к различным микропримесям.

Для определения концентрации изопрена в настоящее время на заводе синтетического каучука в основном применяют метод газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ).[11,с.260]

Применение хроматографического метода позволяет определять не только концентрацию изопрена, но и устанавливать количество примесей, как летучих углеводородов, так и тяжелого остатка.

Растворитель.

Определение примесей в исходном и возвратном растворителе осуществляется методами газожидкостной хроматографии (ГЖХ). Метод основан на хроматографическом определении отдельных компонентов растворителя. Пики сопутствующих примесей записывают на максимальной чувствительности шкалы самописца.[30,с.135]

Катализатор.

Контроль процесса приготовления катализатора включает в себя, прежде всего определение концентрации растворов компонентов

катализатора: галогенидов и алкилгалогенидов металлов. Получение комплексного катализатора хорошего качества, является одной из важнейших стадий производства каучука, определяющей в значительной степени скорость процесса полимеризации и свойства полимера. Поэтому от точности сведений о концентрации исходных для приготовления катализатора продуктов зависит его активность.[11,с.140]

Определение твердых примесей в компонентах катализатора производится либо методом центрифугирования, либо методом нефелометрического определения, который основан на изменении величины ослабления светового потока за счет его поглощения и рассеяния при прохождении через взвесь твердых примесей в разбавленном растворе.

В приложении 1 описаны данные по аналитическому контролю всех узлов приготовления изопентан-изопрен-изоамиленовой шихты.

3.1.2. Контроль процесса полимеризации.

Скорость процесса полимеризации зависит не только от катализатора, но и от содержания в мономерах и растворителях микропримесей, дезактивирующих катализатор.[14,с.25] Помимо методов, определения конкретных примесей в мономерах и растворителях, существуют также методы определения общей полимеризационной чистоты.

Для испытания качества изопрена и шихты в производстве каучука СКИ – 3 используют ампульный метод. Он основан на определении скорости полимеризации по степени превращения изопрена за определенный промежуток времени.[1,с.315] Вся работа проводится в специально подготовленной ампуле, при определенной температуре. Степень полимеризации определяется взвешиванием осажденного и высушенного до постоянной массы полимера.

4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Технологические процессы, осуществляемые в реакционных аппаратах, в пожароопасных и взрывоопасных производствах проводятся согласно утвержденным регламентам. При этом обязательно предусматривается автоматизация контроля и управления этими процессами.[21,с.145]

Реакционная аппаратура, работающая без избыточного давления должна рассчитываться с учетом пневматического испытания ее на герметичность давлением 110 кПа, а работающая под давлением <167 кПа и содержащая летучие и легковоспламеняющиеся продукты — давлением, превышающим рабочее не менее чем на 29,4 кПа.[29,с.38]

Изготовление и эксплуатация реакционных аппаратов, работающих под давлением, >167 кПа должны соответствовать требованиям «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».[29,с.56] Аппаратура, в которой происходит переработка сжиженных углеводородных газов, по возможности должна размещаться вне зданий и снабжаться предохранительными клапанами, сигнализаторами предельного верхнего уровня, регуляторами уровня, манометрами и т. д. Между реактором и предохранительным клапаном не должно быть запорного устройства. При установке на аппарате двух предохранительных клапанов с переключающим устройством каждый клапан рассчитывается на полную пропускную способность. На реакционных аппаратах должны быть предусмотрены штуцеры для присоединения линий воды, пара или инертного газа, предназначенные для подачи соответствующих веществ, при промывке и продувке.[16,с.256]

Для реакторов с механическим перемешиванием привод мешалки рекомендуется осуществлять непосредственно от электродвигателя. Для передачи необходимо использовать механические и гидравлические редукторы, исключив применение ременных передач и трансмиссий.

Реакционные аппараты, работающие под давлением, которое создается в результате реакции, кроме инспекторских испытаний подвергаются испытаниям на герметичность после каждого вскрытия аппарата. Эти испытания проводят давлением воздуха или инертного газа.

Очистка промышленных газообразных выбросов и сточных вод, а также обезвреживание прочих отходов с целью сохранения чистоты воздушного бассейна, водоемов и подземных вод – неперенное требование для всех производств.[26,с.250]

4.1.Идентификация опасных и вредных производственных факторов.

Основные опасные факторы в производственном процессе обусловлены свойствами применяемых веществ, особенностями технологического процесса или выполнения отдельных производственных операций, а также особенностями используемого оборудования и условиями его эксплуатации.

Особенностями технологического процесса с точки зрения техники безопасности являются [24,с.145]:

- наличие в цехе взрывоопасных, пожароопасных продуктов;
- наличие аппаратов, работающих при высоких давлениях;

Работа на узле ректификации характеризуется следующими опасными и вредными факторами [25,с.280]:

- взрывоопасность – определяется наличием газов и паров жидкостей, которые вместе с кислородом воздуха образуют взрывоопасные смеси.

Данное производство по категории взрывопожароопасности относится к категории “А”, так как перерабатываемые продукты имеют температуру вспышки паров ниже 28 °С и нижний предел взрывоопасности ниже 10 % (об.);[22,с.300]

- пожароопасность – определяется наличием горючих веществ (изопентан, изопрен, толуол) и материалов (промасленные материалы, неисправная электропроводка электрооборудования);
- электрический ток – при наличии повреждений на электрооборудовании и электропроводке и в результате несоблюдения правил электробезопасности;
- движущиеся и вращающиеся части оборудования, а также наличие грузоподъемных механизмов, которые являются источниками опасности при погрузочно-разгрузочных работах, транспортировке, обслуживании и ремонтных работах оборудования;[15, 260]
- использование оборудования, находящегося под давлением – при эксплуатации малых сосудов и аппаратов основная опасность их эксплуатации заключается в возможности их разрушения при внезапном адиабатическом расширении газов или паров жидкостей (физический взрыв);
- загазованность – определяется наличием или возможностью выделения в рабочую зону взрывоопасных, пожароопасных или вредных и токсичных паров или других веществ (паров углеводородов и пр.);
- вибрация – источником вибрации являются машины и механизмы с неуравновешенными вращающимися массами (в основном электроприводы);

- шум – его источником являются машины и механизмы, а также технологические установки и аппараты в которых движение жидкости или газов имеет пульсирующий характер и происходит с большими скоростями (компрессоры, насосы);
- недостаточное освещение – при недостаточном освещении рабочие плохо видят окружающие предметы и плохо ориентируются в производственной обстановке, что может привести к созданию опасных производственных ситуаций.[15,с.182]

Приведём определения некоторых основных понятий встречающихся в области техники безопасности и противопожарной профилактики химических производств.

Горение – это быстро протекающая химическая реакция соединения вещества с кислородом воздуха (окисление), сопровождающаяся большим выделением тепла и света.[21,с.230]

Разные вещества по-разному соединяются с кислородом: одни легко, другие трудно. Поэтому одни вещества воспламеняются при низких температурах, а другие – при высоких.

Пламя образуется при горении веществ, выделяющих при этом газообразные продукты. Вещества, не выделяющие при горении газообразные продукты, пламени не образуют.

Температура пламени зависит от свойств веществ.

Дым, образующийся при горении, состоит из газообразных и твердых частиц, представляющих собой продукты полного или неполного сгорания горючих веществ. Твердые частицы дыма очень малы – от одной тысячной до одной десятиллионной доли сантиметра. Чем меньше частица дыма, тем больше он держится в воздухе. Дым раздражает глаза и органы дыхания, а также затемняет помещение, что затрудняет работу.[21,с.235]

Одной из важных величин, по которой судят о пожаро- и взрывоопасности вещества, является температура вспышки. Температурой вспышки называют наименьшую температуру, при которой жидкость, находящаяся в сосуде, выделяет пары в количестве, достаточном для вспышки от поднесенного открытого огня. Температура вспышки зависит от давления насыщенных паров и химических свойств данного вещества.[26,с.115]

Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости по температуре вспышки разделяют на две группы и на четыре класса.

Таблица 4.1.1

Температура вспышки легковоспламеняющихся и горючих жидкостей [22,с.110]

Группы	Классы	Температура вспышки, °С
1 группа легковоспламеняющиеся жидкости	1	ниже 28
	2	28-45
2 группа горючие жидкости	3	45-120
	4	выше 120

Температурой воспламенения называют температуру, при которой горючая жидкость загорается от поднесенного открытого огня, причем горят не, только пары, но и весь жидкий продукт. Температура воспламенения, как правило, выше, чем температура вспышки. При воспламенении выделяется количество тепла, достаточное для энергичного парообразования; поэтому горение жидкости продолжается и после удаления источника нагрева.[18,с.251]

Температура, до которой необходимо равномерно нагреть смесь горючего вещества с воздухом, чтобы она загорелась без поднесения к ней открытого пламени, называется температурой самовоспламенения.

Пожаровзрывоопасные свойства веществ рассмотрим в таблице 4.1.2.

Таблица 4.1.2

Пожароопасные, токсические свойства веществ.[1,с.150]

Наименование веществ, агрегатное состояние при н.у.	Класс опасности	Температура, °С			Концентрационный предел воспламенения, % об.		Характеристика токсичности (воздействие на организм человека)	ПДК, мг/м ³
		вспышки	кипения	самовоспламенения	нижний	верхний		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Изопрен iC ₅ H ₈	4	-45	34	400	1,66	11,5	Бесцветная или прозрачная желтоватая жидкость, относящаяся к разряду легковоспламеняющихся, при разливе пары образуют взрывоопасные смеси с воздухом. На организм человека действует как наркотик, вызывает головные боли, боли в горле, общую слабость, потерю сознания.	40

Продолжение таблицы 4.1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Изопентан iC_5H_{12}	4	-50	28,9	427	1,3	7,6	Бесцветная прозрачная жидкость, относится к разряду легковоспламеняющихся, пары образуют взрывоопасные смеси с воздухом. На организм человека действует как наркотик, вызывает головную боль, сонливость головокружение.	300
Толуол (ж) C_7H_8	3	7	110,6	535	1,3	6,7	Прозрачная жидкость, не содержащая посторонних примесей и воды, относится к разряду легковоспламеняющихся, пары образуют взрывоопасные смеси с воздухом.	50

Таблица 4.1.3

Взрывопожарная и пожарная опасность, санитарная характеристика [1,с.161]

№ п/п	Наименование производствен- ных зданий, помещений, наружных установок	Категория взрывопожарной опасности помещений, зданий и наружной установки (НПБ 105 – 95, НПБ 107 – 97)	Классификация взрывоопасных зон внутри и вне помещения для выбора и установки электрооборудования по ПУЭ			Группа производственных процессов по санитарной характеристике (СН и П 2.09.04 – 87)
			Класс взрывоопасности	Категория и группа взрывоопасных смесей	Наименова ние веществ, определяю щих категорию и группу взрывоопас ных смесей	
I.	Отделение полимеризации	A	B – 1a	ПА – T ₂	Изопентан Толуол Изопрен	3б
	Дезактивации	A	B – 1a	ПА – T ₂	Изопентан Толуол Изопрен	3б
	Отмывка полимеризата	A	B – 1a	ПА – T ₂	Изопентан Толуол Изопрен	3б

4.2. Технические мероприятия по созданию безопасных условий труда.

Основными мерами по обеспечению безопасности труда являются:

- ведение технологического процесса в строгом соответствии с нормами технологического регламента, производственными и должностными инструкциями и правилами по охране труда; [21, с.126]
- качественное выполнение ремонта оборудования, средств автоматического управления, сигнализации и блокировки, ведение технологического процесса только на исправном оборудовании;
- исправность средств газозащиты, пожаротушения и связи;
- систематически контроль за содержанием вредных веществ в производственных помещениях;
- принятие предупредительных мер против искрообразования при механических ударах и от разрядов статического электричества;
- регулярный контроль за эксплуатацией предохранительных устройств, огнепреградителей; [21, с.131]
- недопущение выбросов углеводородов в атмосферу (своевременная профилактика оборудования, испытание оборудования на герметичность перед пуском);
- постоянная работа вентиляционных установок и обеспечение требуемой кратности воздухообмена в помещениях, обеспечение подпора воздуха в помещениях РП;
- контроль за содержанием вредных веществ в атмосфере рабочей зоны производственных помещений согласно плану аналитического контроля и с помощью сигнализаторов дозрывных концентраций;
- не допускать захламление рабочих мест, содержать их в чистоте и порядке. [21, с.132]

Используемые в цехе углеводородные продукты имеют, как правило, низкие температуры кипения, поэтому при их разливе создается

загазованность территории и может образоваться взрывоопасная концентрация смеси с воздухом.

Для обезвреживания разлитых продуктов место разлива ограждается красными флажками, и выставляются посты дежурных, которые следят, чтобы в загазованную зону не проникли люди, а также автомобили и другие средства, которые могут вызвать воспламенение горючих продуктов. Мелкие разливы углеводородных жидкостей засыпаются песком, который затем лопаткой, изготовленной из не искрящего материала, удаляется в безопасное место или на сжигание.[21,с.135]

Разлитый раствор щелочи засыпается песком и убирается в специально отведенное место.

Сброс химически загрязненной воды в канализацию производится после отпарки ее от углеводородов.

Обслуживающий персонал производства обеспечивается спецодеждой, спецобувью в соответствии с нормами. Кроме этого, в цех выдаются комплекты спецодежды для периодического пользования в особых аварийных случаях – гидрокостюмы, резиновые и валеные сапоги, теплая одежда, резиновые перчатки и фартуки, рукавицы.

К средствам индивидуальной защиты органов дыхания персонала относятся:

- респиратор «Лепесток-200» или «У-2к» предназначен для защиты от пыли при уборке рабочего места, чистке оборудования и загрузке химикатов;
- фильтрующий противогаз с коробкой марки ДОТ-600 или А-применяется при работе в атмосфере помещений и наружных установок при содержании кислорода не менее 18 % объемных и вредных паров не более 0,5 % об.;
- шланговые противогазы типа ПШ-1 предназначен для работы внутри аппаратов, приемков, колодцев в условиях отсутствия вентиляции, при

недостатке кислорода или при наличии в нем больших концентраций ядовитых паров, газов;[1,с.150]

- самоспасатели изолирующие индивидуальные АДА-2 – при эвакуации из зданий и сооружений, производственных объектов, где применение фильтрующих противогазов недопустимо из-за высокой концентрации вредных веществ (более 0,5% об. или недостатка кислорода). Применение АДА-2 для выполнение работ в емкостях запрещается.

При выдерживании заданных норм технологического режима на всех стадиях производства и содержании в исправном состоянии технологического оборудования, загрязнение окружающей среды будет минимальным, за счет утечки углеводородов через неплотности в соответствии с допустимыми нормативами падения давления при пневматическом испытании на герметичность.[1,с.153]

Для предотвращения загрязнения почвы вредными веществами все технологическое оборудование размещено на бетонированной площадке с отбортовкой и лотками для сбора атмосферных вод в заглубленную емкость.

4.3. Обеспечение электробезопасности на производственном участке.

Статистическое электричество возникает при движении нетокопроводящих жидкостей или газов в результате трения слоев жидкостей или газов о поверхности трубопроводов, емкостей или между собой. Статистическое электричество может также образовываться в результате трения твердых диэлектриков о металлические поверхности.

Электрические заряды могут явиться причиной пожаров, взрывов, нарушения технологических процессов, точности показания приборов автоматики. Поэтому защита от статистического электричества имеет очень большое значение. [1, с.152]

К основным мерам защиты относятся:

- отвод зарядов статистического электричества путем устройства заземления оборудования и коммуникаций, выполненных из электропроводящих материалов;
- исключение распыления, разбрызгивания и бурного перемешивания жидкостей при подаче в резервуары и цистерны.

Резервуары и емкости объемом более 50 м, за исключением вертикальных резервуаров диаметром до 2,5 м, должны быть присоединены к заземлителям с помощью не менее двух заземляющих проводников в диаметрально противоположных точках. [1, с.160]

Металлические вентиляционные короба и кожухи термоизоляции трубопроводов и аппаратов в пределах установки должны быть заземлены через каждые 40-50м с помощью стальных проводников или путём присоединения непосредственно к заземлённым аппаратам и трубопроводам, на которых они смонтированы. [28, с.118]

Скорость движения жидкостей по трубопроводам и истечения их в аппараты необходимо ограничиваться таким образом, чтобы заряд, приносимый в приёмную ёмкость (аппарат) с потоком жидкости не мог сыпаться с её поверхности искрового заряда с энергией, достаточной для

воспламенения загружаемого продукта. Жидкости должны поступать в резервуары, как правило, ниже уровня находящегося от них остатка жидкости. Для предотвращения опасных искровых разрядов, которые возникают из-за накопления на теле человека зарядов статического электричества при контактном или индуктивном воздействии наэлектризованного материала или элемента одежды, электризующихся при трении друг о друга, во взрывоопасных производствах необходимо обеспечить стекание зарядов к земле. [29,с.110] Проведение работ внутри емкостей и аппаратов, где возможно создание взрывоопасных пара, газа и пылевоздушных смесей должно проводиться в куртках и другой верхней одежде из не электризующихся материй. При отводе зарядов, от каких либо частей оборудования ременных передач во взрывоопасных концентрациях всех классов запрещается смазка ремней канифолью, воском и другими веществами, увеличивающими поверхностное сопротивление. [31,с.115]

4.4. Обеспечение пожаробезопасности на производственном участке.

Отделение азеотропной осушки, охлаждение и очистка шихты является одним из опасных мест производства.

Все производственные и подсобные помещения, установки и сооружения должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения и необходимым пожарным инвентарем. Количество этих средств и их содержание должно соответствовать «Нормам первичных средств пожаротушения для производственных, складских, общественных и жилых помещений», определенных в «Правилах пожарной безопасности Российской Федерации». Места расположения первичных средств пожаротушения и пожарного инвентаря должно быть согласовано с ВПЧ-28.

Для тушения пожаров в цехе имеются следующие средства пожаротушения:

- пожарные краны в комплекте с пожарными рукавами;
- ящики с песком, кошмой, пожарными лопатами;
- пожарные извещатели;
- азототушение;
- установка автоматического пенотушения;
- стационарная установка порошкового тушения СИ-2;
- огнетушители: ОУ-80, 2БР-2МА, ОВП-100, ОВПУ-250

Для тушения мелких очагов загорания (кроме электрооборудования) применяются: сухой песок, асбестовые одеяла, огнетушители любого вида заправки, азот (ингаз), водяной пар. Для тушения загорания электрооборудования и электропроводки – все виды углекислотных огнетушителей.[2,с.162] Порошковые огнетушители применяются для тушения электрооборудования до 1000 В. Азот (ингаз), пар – для тушения загорания углеводородов на наружных установках. Пожарный водопровод и пожарные рукава – для тушения твердых горючих материалов.[1,с.131]

При возникновении или угрозе пожара вызов пожарной команды осуществляется через извещатели пожарной сигнализации и по телефону.

4.5. Экологический анализ процесса производства.

Таблица 4.5.1

Нормы образования отходов производства. [1, с.210]

Наименование отходов, характеристика, состав, аппарат или стадия образования	Направление использования, метод очистки или уничтожения	Норма образования отходов, кг/т
твердые отходы: Отработанная окись алюминия и железа Al_2O_3 и Fe_2O_3	Автотранспортом отправляется в производство кирпича	-
газообразные отходы		нет
жидкие отходы:		нет

Для предотвращения залповых выбросов углеводородов в окружающую среду в случае аварийных ситуаций, а также при остановке производства на ремонт предусмотрены следующие мероприятия:

Освобождение аппаратов перед ремонтом производится по закрытой схеме, по технологической цепочке в шламовые емкости, с последующим сжиганием в печи П-1 цеха. [1, с.215]

С целью уменьшения вероятности срабатывания предохранительных клапанов, расчетное давление аппаратов значительно больше рабочего давления, расчет предохранительных клапанов ведется от расчетного давления. [1, с.252]

Заводы синтетического каучука отличаются многообразием и сложностью технологических процессов, которые сопровождаются образованием сточных вод сложного химического состава, требующих глубокой очистки. [3, с.255]

К комплексу мероприятий такого характера относится внутри технологический водооборот, локальная очистка сточных вод, изменение рецептуры реакционной смеси с целью снижения количества стоков и исключения применения токсичных и биологически не окисляемых веществ. Из сточных вод перед сбросом в канализацию удаляют токсичные соли тяжелых металлов, полимеры, пожара- взрывоопасные углеводороды, подлежащие утилизации, биологически не окислимые соединения и другие вредные примеси.

Применение регенеративных методов очистки позволяет сделать малоотходными даже многоводные процессы СК.

Охрана воздушного бассейна

Количество вредных веществ, поступающих в атмосферу с производственными выбросами от предприятий СК, исчисляется десятками тысяч тонн.

Основными источниками загрязнения атмосферы являются мономеры, выделяющиеся при коагуляции и сушке каучуков, аб. газы регенерации после воздушных холодильников производства изопрена и после осушителей в производствах бутилкаучука.[3,с.23]

Серьезным мероприятием по охране воздушного бассейна является замена устаревшего оборудования на более новое;

Строительство дополнительных печей каталитического дожига органики содержащейся в воздухе от вентиляционных агрегатов и сушилок в производстве каучуков;[1,с110]

Предусматривается дальнейшее усовершенствование действующих производств путем замены катализаторов на более эффективные, квалифицированное использование жидких отходов и снижение содержания вредных веществ, что позволит исключить образование олигомеров и резко снизить выбросы углеводов.[31,с.96]

4.6. Мероприятия по устранению выявленных опасных и вредных факторов.

- Для предотвращения образования взрывоопасных сред внутри герметичного производственного оборудования, для горючих жидкостей и их паров необходимо поддерживать состав рабочей среды вне области воспламенения и использовать автоматические системы контроля и регулирования параметров процесса и герметичности оборудования. При контроле воздушной среды использовать автоматические сигнализаторы.[1,с.151]
- При ведении процесса с пожароопасной пылью соблюдать также условия, чтобы концентрация пыли была ниже нижнего предела распространения пламени. Также необходимо контролировать температуру поверхности технологического оборудования: максимально допустимая рабочая температура стенок до 150 С. Работа на трубопроводах и аппаратах, в которых находились взрыва- и пожароопасные смеси паров, жидкостей производится неискрящим инструментом, изготовленным из меди. В случае аварии или стихийного бедствия эвакуация рабочих производится в убежище, расположенное на расстоянии не менее 150 метров от цеха[3,с.210].

Действие электрического тока на человека носит многообразный характер. Термическое действие тока, которое проявляется в ожогах различных участков тела, нагреве сосудов, нервов, крови.

Электролитическое действие – в разложении крови и других жидкостей организма.

Биологическое действие тока – раздражение и возбуждение живых тканей организма. Одной из разновидностей электрического тока является статическое электричество, которое часто является источником пожаров и взрывов. С целью защиты обслуживающего персонала каждая система аппаратов, трубо- и воздухопроводов заземляется не менее чем в двух местах.

Все параллельно идущие или перекрещивающиеся трубопроводы, расположенные между собой на расстоянии до 10 см, соединяются перемычками через каждые 20 см.

Трубопроводы, расположенные на эстакадах на расстоянии друг от друга не менее 10 см не соединяются между собой перемычками, так как в целях защиты от молнии их присоединяют к стойкам через каждые 20-30 см.

- Конструкция сосудов, работающих под давлением, должна быть надежной, обеспечивать безопасность при эксплуатации и предусматривать возможность осмотра, промывки, продувки и ремонта. Обязательно проводить гидравлические испытания.
- Все движущиеся части электроприводов и машин ограждены прочными металлическими ограждениями, а вращающиеся части заключены в кожухи и корпуса, проходы между ними ограждены металлическими перегородками. Места выполнения погрузочно-разгрузочных работ оборудованы знаками безопасности. Содержание вредных паров, пыли и газов в воздухе рабочей зоны не должны превышать ПДК.[2,с.140]
- Для снижения загазованности и поддержания нормальных условий труда на рабочих местах предусмотрена общеобменная приточно-вытяжная вентиляция.
- Снижение шума и вибраций можно достичь следующими методами: изолирование шума и вибраций в источнике их образования, осуществить облицовку внутренних поверхностей, для трущихся и вращающихся частей применять смазку, установить глушители аэродинамического шума от вентиляторов и компрессоров.

Защита органов слуха от шума производится с помощью противοшумных наушников и ушных вкладышей

- Для защиты рабочих от удушья и другого вредного действия паров и газов в аварийных ситуациях применяют шланговые противогазы ПШ-1 и ПШ-2.

Защита кожи рук, шеи, лица при работе с едкими веществами осуществляется с помощью защитных мазей и паст, а также специальных защитных рукавиц, плащей, костюмов.[2,с.142]

- Рациональное освещение рабочих мест – один из важнейших факторов благоприятных условий труда. Искусственное освещение в цехе является комбинированным, то есть наряду с общим, используется местное освещение рабочих мест, аппаратов, входов и выходов, лампочек технологической схемы в ЦПУ. Используют переносные лампы мощностью 12В.

4.7. Пожарная профилактика и средства пожаротушения.

Все производственные помещения должны быть снабжены первичными средствами пожаротушения и пожарным инвентарем: пенные огнетушители ОП-10, углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8 и УП-2М, вода, пена, песок, тальк, огнегасящий порошок СИ-2, асбестовые покрывала, а также установлены стационарные лафетные стволы и дренчурная система подачи воды. Имеется система электрической пожарной сигнализации, как с ручным, так и с автоматическим включением.[1,с.256]

Пожароопасность и взрывоопасность цеха обусловлена применением в производстве продуктов, способных образовать взрывоопасные концентрации паров или загораться при аварийных разливах из-за разгерметизации технологического оборудования, коммуникаций.

При наличии источника зажигания возможен пожар или взрыв.

Образование взрывоопасных смесей возможно в оборудовании при попадании в него воздуха, в канализационных сетях – при попадании углеводородов.[1,с.261]

Опасность в пожарном отношении представляет применяемый в процессе полимеризации полиизопрена каталитический комплекс ввиду наличия в нем осадка, обладающего пирофорными свойствами.

Во избежание самовозгорания осадка при подготовке к чистке и ремонту оборудования трубопроводы, насосы, аппараты должны быть промыты осушенным толуолом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как следует из представленных результатов, применение кубового продукта К-3 производства СБК в качестве подпитки в ВИИФ перед стадией водно-щелочной отмывки с последующей ректификацией на установке ректификации изопентан-изопреновой фракции, приводит к появлению в составе потоков углеводородов C_6 , содержание которых стабилизируется на определённом уровне. Однако это не снижает полимеризационную чистоту ВИИФ и толуола-ректификата, выделенных из возвратной фракции. [8, с.286]

Использование в производстве СКИ кубового продукта колонны К-3 не оказывает влияния на технологические параметры процесса полимеризации изопрена, молекулярные характеристики синтезированного полиизопрена и показатели качества каучука марки СКИ-3. [9, с.115]

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Аналитический контроль

№ регл.	Наименование стадии процесса, анализируемы й продукт	Место отбора пробы	Контролируемы е показатели	Метод контроля (методика анализа)	Единицы измерени я	Норма	Частота контроля
1	2	3	4	5	6	7	8
Отделение СБК							
1	Изопентан- изопрен- изоамиленовая фракция (куб К-3)	Из линии нагнетания насоса	Изобутан Изобутилен Изопентан Изопрен Амилены Хлорэтил	Хроматографич.	% масс	н/норм	1р в сутки
Отделение ректификации изопентан-изопреновой фракции							
Ректификация изопентан-изопреновой фракции							
2	Изопентан- растворитель	Из линии нагнетания насоса	Массовая доля: - суммы углеводородов С2-С4 - изопентана - н-пентана - ЦПД - МТБЭ - карбонильных	Хроматографич. Хроматографич. Хроматографич. Хроматографич. Хроматографич. Фотоколориметрич.	% % % % %	Н/б 2,0 Н/м 96,5 Н/б 2,0 Н/б 0,0001 Не норм Н/б 0,0003	2 раза в сутки 2 раза в сутки 2 раза в сутки

1	2	3	4	5	6	7	8
			соединений		%		
3	Изопентан-изопреновая фракция (куб К-4)	Из трубопровода нагнетания насоса	Углеводородный состав, в том числе массовая доля С ₄ Массовая доля влаги	Хроматографич. Вымораживанием	% %	Н/б 0,2 Н/б 0,001	1 раз в сутки
4	Изопентан-изопреновая фракция (верх К-5)	Из трубопровода нагнетания насоса	Углеводородный состав, в том числе массовая доля: углеводородов С ₂ -С ₄ - тяжелого остатка (углеводороды С ₆ и выше) Массовая доля: - ЦПД - МТБЭ - ацетиленовых соединений - карбонильных соединений - влаги Показатель рН	Хроматографич. Хроматографич. Хроматографич. Хроматографич. Титриметрич. Фотоколориметрич. Вымораживанием, Потенциометрический,	% % % % % % ед. рН	Н/б 0,2 Отсутстви е Не норм. Не норм Не норм. Не норм. Н/б 0,001 Не норм.	1 раз в сутки

1	2	3	4	5	6	7	8
Выделение толуольной фракции из кубовой жидкости колонны К-4							
5	Толуольная фракция куба колонны К-6	Из трубопровод а нагнетания насоса	Массовая доля: - толуола + т.о. - С5 Показатель рН	Хроматографич. Хроматографич. Потенциометрический	% % ед. рН	Н/м 98,5 Н/б 0,5 Н/м 6,0	1 раз в сутки
6	Изопентан-изоамиленовая фракция (куба колонны К-6 в цех склад	Из трубопровод а нагнетания насоса	Массовая доля: - изоамиленов - изопентана - изопрена - толуола + т.о. Показатель рН	Хроматографич. Хроматографич. Хроматографич. Хроматографич. Потенциометрический	% % % % ед. рН	Не норм. Не норм. Не норм. Н/б 5,0 Не норм.	По требованию
7	Изопентан-изопреновая фракция (верх колонны К-6)	Из трубопровод а нагнетания насоса	Массовая доля: - углеводородов С2-С4 - изопентана - н-пентана - изоамиленов - изопрена - толуола + т.о. Показатель рН	Хроматографич., Хроматографич. Потенциометрический	% % % % % ед. рН	Не норм. Не норм. Не норм. Не норм. Н/б 0,1 Н/м 6,5	1 раз в сутки 1 раз в сутки 1 раз в сутки
Полимеризация изопрена							
Приготовление изопентан-изопреновой шихты, ее осушка и очистка 1% раствором ТИБА в толуоле							
8	Изопрен-ректификат из емк. Е-9	Из линии нагнетания насоса	Массовая доля карбонильных соединений	Фотоколориметрически	%	Н/б 0,0003	1 раз в сутки

1	2	3	4	5	6	7	8
9	Возвратная изопентан-изопреновая фракция	Из линии питания колонны	Углеводородный состав	Хроматографич.	% масс	Не норм.	2 раза в сутки
10	Осушенная изопентан-изопреновая шихта К-8	Из линии нагнетания насоса	Массовая доля: - изопрена - изоамиленов - изопентана - карбонильных соединений - ацетиленовых соединений циклопентадиена	Хроматографич. Фотоколориметрический Титриметрический Хроматографический	% % % % % %	15-19 Не норм. Не норм. Н/б 0,0003 Н/б 0,0002 Н/б 0,0001	2 раза в сутки 1 раз в сутки 1 раз в сутки 1 раз в сутки
Отделение выделения толуола							
Выделение толуола-возврата в колонне К-6							
11	Толуольная фракция (куб колонны К-7)	Из трубопровода нагнетания насоса	Углеводородный состав Массовая доля толуола Показатель рН	Хроматографич. Хроматографич. Потенциометрич.	% масс. % ед. рН	Не норм. Н/б 60 Не норм.	1 раз в сутки
12	Очищенный толуол-ректификат (дистиллят Колонны К-7)	Из линии нагнетания насоса	Массовая доля: -толуола -органических веществ	Хроматографич. Хроматографич.	% %	Н/м 98,5 Н/б 1,0	2 раза в сутки 2 раза в сутки

1	2	3	4	5	6	7	8
			температуру кипения ниже толуола -органических веществ, имеющих температуру кипения выше толуола Показатель рН	Хроматографич. Потенциометрический	% ед. рН	Н/б 0,5 Не норм.	2 раза в сутки 1 раз в сутки

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТР-ИП-5-16-11 – Постоянный технологический регламент полимеризации изопрена;
2. ТР-ИП-3-4-41-09 – Постоянный технологический регламент ректификации изопентан-изопреновой фракции и выделения толуольной фракции;
3. ТР-БК-5,6,8-36-10 – Постоянный технологический регламент производства СБК;
4. ТУ 0272-043-48158319-2007 – Изопентан-растворитель;
5. ТУ 2411-005-48/158319-2010 – Изопрен;
6. ТУ 2294-037-48158319-2010 – Каучук синтетический цис-изопреновый
7. Сире Е.М., Пospelова Л.М., Дулькина С.А. Исследование путей использования возвратной фракции изопентана производства БК, Аннотационное сообщение, 2005, -120 с.
8. Лебедева С.А., Барышникова Н.А., Елабужева Ж.Г. О возможности переработки кубового продукта К-145 установки БК-5 в производстве полиизопрена, Сообщение №91, ООО «ТК», Тольятти, 2010, -100 с.;
9. Лебедева С.А., Орлов Ю.Н., Саяпина М.А. О возможности сработки кубового продукта колонны К-145 производства БК совместно с ВИИФ производства СКИ, Справка С-104-14-НТЦ, ООО «ТК», Тольятти, 2014, 56-60 с.
10. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1995. - 368 с.
11. Коган В.Б. Азеотропная и экстрактивная ректификация. – Л.: Химия, 1971. - 432 с.
12. Инструкция №27 узла азеотропной осушки и ректификации от тяжелых углеводородов возвратной фракции. – Тольятти: ООО «Тольяттикаучук», 2006. – 380 с.
13. Стабников В. Н. Расчет и конструирование контактных устройств ректификационных и абсорбированных аппаратов. - Киев: Техника, 1970. - 208 с.
14. Александров И. А. Массопередача при ректификации и абсорбции многокомпонентных систем. – М.: Химия, 1975. - 320 с.
15. Александров И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. – М.: Химия, 1978. - 280 с.
16. Расчет теплообменных аппаратов на ЭВМ / А. П. Клименко, Г. Е. Каневец. – М. – Л.: Энергия, 1966. - 272 с.
17. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А. А. Лацинский, А. Р. Толчинский. - Л.: Машиностроение, 1970. - 752 с.

18. Промышленные теплообменные процессы и установки / Под ред. А.М. Бакластова. – М.: Энергоатомиздат, 1986. - 327 с.
19. Справочник по теплообменникам. – М.: Энергоавтомиздат, 1987. - 561 с.
20. Теплообменная аппаратура химических производств / О. Н. Маньковский, А. Р. Толчинский, М. В. Александров. – Л.: Химия, 1976. -368 с.
21. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда / П. П. Кукин, В. Л. Лапин, Е. А. Подгорных и др. –М.: Высшая школа, 1999. - 432 с.
22. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе и воде / Г. П. Беспямятнов, Г. К. Богушевская и др. – Л.: Химия, 1975. – 428 с.
23. Горина Л. Н. Методические указания. – Тольятти: ТГУ, 2003. - 17 с.
24. Рейхсфельд В.О., Шейн В.С., Ермаков В.И. «Реакционная аппаратура и машины заводов основного органического синтеза и синтетического каучука», 2009, -142 с.
25. Кирпичников П.А., Аверко-Антонович Л.А., Аверко-Антонович Ю.О. «Химия и технология синтетического каучука», 1996,- 120с
26. Крамерс Х., Вестертерп К. «Химические реакторы», 1998, -56с.
27. Брайнес Я.М. «Введение в теорию и расчеты химических и нефтехимических реакторов», 1992,-89с.
28. Пат. 4446281 (США). Modified cis-1,4-polyisopren rubber, a process for manufacturing the same and a composition containing the same/ Takamatsu H., Minatono S –Опубл. в РЖХим, 1985, т. 4, № I 2П.
29. Заявка 2113692 (Великобритания). Gelling Jan Richard.- Опубл. в РЖХим 1984, т.9, №Т 2004П.
30. ГОСТ 14249 – 89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
31. Бажан П.И., Каневец Г.Е., Селиверстов В.М. «Справочник по теплообменным аппаратам», 2005, -45с.
32. Справочник химика, I том, 1978,-120с.
33. www.rupto.ru / Способ производства СК, 1961,-58с.
34. Лебедев И.И. «Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза», 1992,-25с.