

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

Институт химии и инженерной экологии
Кафедра «Химия, химические процессы и технологии»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему « Оптимизация технологического процесса дегазации
полимеризата каучука СКИ - 3»
по направлению подготовки 18.03.01 “Химическая технология ”
профиль «Химическая технология органических веществ»

Студент группы: Копейкина Я.Ю ХТбз -1231 .

Руководитель: Орлов Ю.Н.

Допустить к защите :

Заведующий кафедрой: Остапенко Г. И.

Тольятти 2017 г.

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

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующая кафедрой ХХПит

Г.И. Остапенко

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« » 20 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение Бакалаврской работы

Студенту Копейкиной Яне Юрьевны

1. Тема: Оптимизация процесса дегазации в производстве полиизопренового каучука марки СКИ-3.

2. Срок предоставления законченной готовой работы: 02.06.2017

3. Исходные данные к проекту (работе): расход шихты – 20 т/ч. Содержание изопрена в шихте -15% масс. Конверсия изопрена – 83,33 масс, дозировка катализатора – 0,4% масс на изопрен. Конверсия катализатора в толуоле – 10% масс. Дозировка антиагломератора С -789 в растворе изопентана – 25% масс. Дозировка антиагломератора стеарата кальция -1,0 % масс на полимер. Содержание стеарата кальция в суспензии – 4% масс. Расход циркуляционной воды -100 т/ч. Давление пара: в крошкообразователь – 20 ати, в барбатер – 5 ати. Расход пара в крошкообразователь -10 т/час, в барбатер - 500

4. Содержание текстового документа (перечень подлежащих разработке вопросов) 1. Теоретическая часть. 1.1 Общая характеристика производства изопренового каучука. 1.2 Теоретические основы принятого метода производства. 1.3 Физико–химические свойства, вспомогательные материалы и готовая продукция. 2. Технологическая часть 2.1 Материальный баланс. 2.2 Тепловой баланс. 2.3 Расчет на прочность узлов и деталей аппарата. 2.4 Расчет мощности на перемешивание

3. Промышленная экологическая безопасность в химическом производстве.

5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

5.1. Технологическая схема процесса дегазации

5.2. Вид аппарата дегазатора 1 ступени

5.3. Вид крошкообразователя

5.4. Таблица материального баланса

5.5. Таблица теплового баланса

5.6. технологические параметры процесса дегазации

6. Консультанты

7. Дата выдачи задания на выполнение Бакалаврской работы – 26.02.2017г.

Руководитель _____ Орлов Ю.Н.

Задание принял к исполнению _____ Копейкина Я.Ю.

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

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

Заведующая кафедрой

Г.И. Остапенко

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« » 20 г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
бакалаврской работы**

Студента:

по теме:

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполне- нии	Подпись руководи- теля
Введение	15.03.2017	10.03.2017		
Теоретическая часть	25.04.2017	20.04.2017		
Технологическая часть	10.05.2017	12.05.2017		
Расчетная часть	18.05.2017	15.05.2017		
Выполнение чертежей:	22.05.2017	23.05.2017		
Выполнение плакатов	25.05.2017	26.05.2017		
Заключение	31.05.2017	31.05.2017		
Предварительная защита				
Оформление работы				

Руководитель выпускной
квалификационной работы

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа с., рисунков, таблиц, использован источник, л. графического материала.

ПОЛИИЗОПРЕНОВЫЙ КАУЧУК, СКИ-3, ДЕГАЗАЦИЯ, ДЕГАЗАТОР, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА

Цель работы – оптимизация технологического процесса дегазации полимеризата каучука СКИ - 3, позволяющая снизить расход пара.

Графическая часть выполнена на листах и включает технологическую схему установки дегазации СКИ -3 , дегазатор 1 ступени, крошкообразователь, таблицы материального и теплового балансов процесса, основные технико-экономические показатели.

В теоретической части рассмотрены физико – химические свойства сырья, вспомогательных материалов и готовой продукции процесса дегазации СКИ -3. Предложена оптимизация процесса дегазации путем снижения температуры его проведения, что позволит снизить энергозатраты. Проведены технологические расчеты материальных и тепловых балансов, расчет на прочность узлов и деталей аппарата, расчет на мощности на перемешивание.

РЕФЕРАТ

Рассмотрены достоинства и недостатки существующих методов проведения выделения синтетических каучуков.

Проведены технологические расчеты материальных и тепловых балансов, расчет на прочность узлов и деталей аппарата, расчет на мощности на перемешивание.

Выявлены и проанализированы патентные данные, которые гласят о различных способах проведения выделения синтетических каучуков.

Предложено и обосновано уменьшение расхода пара в дегазатор первой ступени, путем снижения расхода пара $P=5\text{кгс/м}^3$, что уменьшит расход пара, не ухудшив показатели технологического процесса.

Работа представляет интерес преподавателям и студентам, работающим в области совершенствования технологии выделения синтетических каучуков.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	14
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	17
1.1 Общая характеристика производства изопренового каучука	17
1.2 Теоретические основы принятого метода производства	20
1.3 Способы выделения синтетических каучуков	25
1.4 Физико – химические свойства, вспомогательные материалы и готовая продукция.....	28
1.5 Аналитический контроль	32
1.6 Технологический режим процесса.....	33
1.7 Описание технологической схемы.....	34
1.8 Отклонения от параметров технологического режима.....	37
1.9 Характеристика основного оборудования процесса	45
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	48
2.1 Материальный баланс	48
2.2 Тепловой баланс	47
2.3 Расчет на прочность узлов и деталей аппарата	49
2.4 Расчет мощности на перемешивание.....	52
3 ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В.....	53
ХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	53
3.1 Промышленная безопасность на химическом производстве	53
3.2 Экологическая безопасность на химическом производстве	55
3.3 Охрана труда для химических и нефтехимических производств.....	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	61
СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ЛИТРАТУРЫ.....	62

ВВЕДЕНИЕ

Промышленностью синтетического каучука – это одна из первых отраслей химической и нефтехимической промышленности. На данный момент времени на предприятиях, которые производят синтетический каучук, каждый раз внедряются новые разработки технологических процессов, а так же усовершенствуются уже существующие. Благодаря этому на химических предприятиях выпускается более 200 марок синтетических каучуков и латексов. Это позволяет удовлетворить запросы других производств, которые тесно связаны с данными предприятиями, а именно шинными, резинотехническими, электротехническими и другими отраслями промышленности. Значительными масштабами производства, являются особенности промышленности синтетического каучука на современном этапе.

Успехи, которые были достигнуты в начале 60-х годов в области химии и технологии, были разработаны новые типы производств синтетических каучуков, которые обладают комплексом ценных новых свойств. К ним относят стереорегулярные изопреновые и бутадиеновые каучуки, которые полноценно заменяют натуральный каучук. В целях экономического и доступного нефтяного сырья используют мономеры в промышленности синтетического каучука. В многочисленных технологических процессах используют современные производства мономеров и каучуков, которые включают в себя такие процессы, как нефтепереработка, органический синтез, выделение индивидуальных углеводородов из их смесей, дегидрирование, полимеризация и др.

На производстве изопрена из изопентана внедряют метод окислительного дегидрирования изопентана в изоамилены. На данный момент времени особое внимание уделяют на необходимость использования существующих простояв производства. За последние годы в данной

промышленности синтетического каучука очень сильно увеличился удельный вес мощностей, за счет регенерации и увеличения действующих производств, что позволяет получить большую экономию капитальных вложений. [1]

Резины, создающиеся на основе каучука, имеют большой диапазон различных свойств. Они являются хорошими диэлектриками, имеют низкую газопроницаемость. Стойки к истиранию и деформации. Выносливы к различным температурам. Из резины производят огромное количество различных изделий. Около 70% производимого каучука расходуется на резины для транспорта: автомашин, самолетов, кораблей и др. Так же хорошим спросом пользуется у предприятий производящих резиновую обувь, кабели и другие резиновые изделия. [2]

Актуальность выбранной темы заключается в том, что каучук СКИ -3 имеет мировое распространение в различных сферах. Если сравнивать природный каучук с синтетическим, то производимый химически процесс каучук является более выгодным. Он более универсален. Современные способы производства позволяют получить материал, который обладает оптимальными свойствами какой-либо сферы применения. Производство синтетических каучуков более экономично. В последние годы и по настоящее время синтетические каучуки нашли свое широкое применение не только в автомобильной промышленности, но и в звуко-, тепло-, гидро- и воздух изоляции зданий, в производстве пневматической, гидравлической, медицинской и вакуумной технике. Материал этот широко используется в ракетостроении. В качестве полимерной основы для производства твердого ракетного топлива с порошком аммиачной селитры в качестве наполнителя.

Цель работы: оптимизация технологического процесса дегазации полимеризата каучука СКИ - 3, позволяющая снизить расход пара.

Задачи дипломного проекта:

- выполнить материальный и тепловой расчет установки дегазации полимеризата при заданном расходе теплоносителя - водяного пара:
- произвести расчет расхода теплоносителя при снижении температуры проведения процесса дегазации.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Общая характеристика производства изопренового каучука

Производство изопренового каучука из изопрена, получаемого дегидрированием изопентана, осуществлялось в цехах ИП-5 и ИП-6 завода №3 производственного объединения «Синтезкаучук».

Проектное задание первоначально было выполнено Гипрокаучуком г. Москва в марте 1961 г на основании Постановления ЦК КПСС и Совмина СССР № 795 от 23 июля 1958 г, № 530-240 от 13 мая 1959 г и № 1071 от 7 октября 1960 г.

В составе проектируемых производств предусматривалось производство полиизопренового каучука

(на привозном изопрене) мощностью 60000 т/год.

В 1962 году Гипрокаучуком г. Москва было выполнено проектное задание (объект-16464) производство изопрена, мощностью по изопреновому каучуку 60000 т/год на основании постановления Совмина РСФСР от 09 декабря 1961 г за № 1450.

Разработчик процесса - ВНИИСК.

Выпуск каучука начат в 1968 году.

Доработку проекта с учетом наращивания мощности изопренового каучука до 120000 т/год, Гипрокаучук г. Москва (объект ТГ- 20860) выполнил в 1970 году.

В 1977 году Новокуйбышевский филиал Гипрокаучука выполнил корректировку проекта с доведением мощности каучука СКИ-3 от 150000 до 200000-230000 т/год. (объект 4/238К)

В 1993 году из-за экономических трудностей завод № 3 был законсервирован.

Достигнутая мощность на момент останова 120000 т/год.

В 2001 году принято решение начать расконсервацию оборудования и осуществить пуск цехов «ИП» для производства каучука мощностью 60000 т/год, используя в качестве мономера изопрен (из изопентана) производства ЗАО «НХК» г. Новокуйбышевска. [3]

В связи с остановом в конце 2008 года ЗАО «НХК» в качестве мономера стали использовать изопрен (из изобутилена) производства ООО «Тольяттикаучук».

В 2012 году экспертной организацией ООО «Промэкспертиза» было выдано заключение экспертизы промышленной безопасности по определению, фактически достигнутой мощности производства изопренового каучука до 82000 т/год за № 53-4Д-05487-2012. [4]

Производство синтетического изопренового каучука включает в себя следующие стадии:

1. Приготовление изопентан-изопреновой шихты и азеотропная осушка ее.
2. Охлаждение шихты перед подачей на полимеризацию и очистка ее от влаги, микропримесей.
3. Полимеризация изопрена в изопентане.
4. Дезактивация каталитического комплекса и заправка полимеризата антиоксидантами.
5. Отмывка полимеризата от продуктов, которые разрушают каталитический комплекс, с помощью умягченной водой.

6. Усреднение полимеризата.

7. Дегазация полимеризата.

8. Выделение, сушка и упаковка каучука:

- концентрирование и отжим крошки каучука от воды;
- получения гранул каучука;
- сушка;
- охлаждение;
- прессование;
- упаковка;
- транспортировки на склад готовой продукции.

9. Приготовление суспензии антиагломератора.

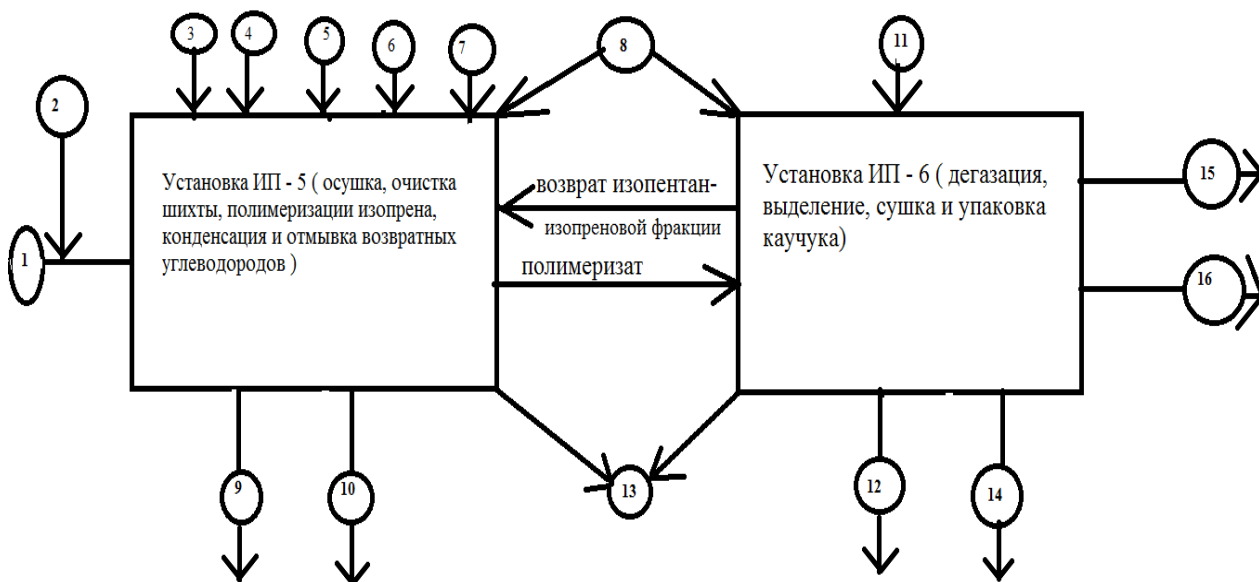


Рисунок 1.1 - Производство синтетического изопренового каучука

1. Изопрен

2. Изопентан- растворитель

3. Метанол (СКИ-3С)
4. Толуол
5. Каталитический комплекс
6. Щелочь на водно-щелочную отмывку возвратной изопентан-изопреновой фракции
7. Стабилизатор
8. Умягченная вода
9. Фузельная вода в ХЗК после отпарки углеводородов
10. Отдувки в ИП – 4
11. Антиагломерат (стеарат кальция)
12. Выбросы после выделения и сушки каучука
13. Механические потери (чистка полимеризаторов, линий выделения и сушки каучука, сальниковые уплотнения мешалок, торцевые уплотнения насосов и другие не плотности)
14. Вода после отжима каучука и избыток циркуляционной воды из концентратора
15. Отходы каучука
16. Товарный каучук [5]

1.2 Теоретические основы принятого метода производства

Процесс получения каучука происходит в несколько основных стадий: 1) производство катализатора 2) полимеризация; 3) дезактивация катализатора и отмывка раствора полимера от продуктов дезактивации катализатора; 4) отгонка мономера и растворителей и выделение каучука; 5) регенерация возвратных продуктов и очистка сточных вод.

Процесс дегазации, рассматриваемый в данной дипломной работе это процесс отгонки незаполимеризовавшихся мономеров и растворителей из полимеризата. В соответствии с методиками полимеризации

выявляют процессы дегазации блочного полимера, латексов, каучуков, которые получают с помощью полимеризации в растворе. Отличия десорбции и дегазации практически не выявлены, и их природа физическая одинакова. Тем не менее дегазация имеет несколько особенностей. Такие как, в случае дегазации латексов отличие ее от десорбции состоит в том, что мономеры не образуют раствора в одной фазе, а адсорбированы полимером. Некоторая часть мономера может растворяться в эмульгаторе, который в свою очередь способен коллоидно растворять мономеры.

В таком случае в назначение дегазации входят:

- 1) удаление мономеров;
- 2) не допускать наличие мономеров в изделиях, которые могут привести к наличию пузырьков, то есть обеспечить надлежащего вид качества,
- 3) не дать образовываться низкокачественному полимеру предотвращения дальнейшую полимеризацию,
- 4) при процессе выделения каучуков из латексов и растворов, так же и при переработке блочного полимера, улучшать условия труда. [6]

Необходимо подвести теплоту для того, что бы осуществился процесс дегазации к полимеру. Тепло подводят через стенку при дегазации латексов и каучуков из раствора, или же при непосредственном смешении с жидким или парообразным теплоносителем. Дегазация осуществляется, если подводят, два подводя тепла — через стенку и при непосредственном смешении. Чтобы ускорить процесс дегазации применяют вакуум.

Дегазация каучуков, которые получают в массе. Так как полимер получают в виде твердого блока. То для дегазации применяют аппараты, которые, как известно, называются вакуумами-смесителями. Чтобы нагреть полимеризат паром, корпус аппарата имеет рубашку, которая как раз и

нагревается, за счет тепла. Полимеризат перемешивается непрерывно в аппарате, который снабжен двумя Z-образными лопастями, они же вращаются навстречу друг другу. В аппарат загружают 2 т противокислитель, закрывают крышку и подключают его к вакуум-системе. Процесс проходит под давлением 20 ати, а продолжительность процесса дегазации идет 20—40 мин. Для быстрого нагрева полимеризата способствуют мешалки, которые непрерывно перемешиваются. Для полного удаления пузырьков, которые выделяются из мономера. Благодаря мешалки-лопасти происходит непрерывное обновление поверхности полимеризата, так же и перемешивание массы каучука. Когда процесс дегазации закончился, то корпус аппарата наклоняют и выгружают полимеризат. Вакуум-смеситель - это аппарат, который является аппаратом периодического действия. Выгрузка полимеризата — одна из сложных и трудных операций, так как его выгружают из аппарата, у которого лопасти сложной формы.

Для дегазации блочного полимеризата применяют аппарат непрерывного действия. Аппарат, который состоит из нескольких последовательно соединенных шнеков, и позволяет совмещать процессы полимеризации и дегазации в одном непрерывно действующем аппарате. [7]

Дегазация латексов. Особенностью дегазации латексов является склонность их к отложению коагулята, что можно особенно заметить при нагревании. Из-за этой особенности аппараты для дегазации вынуждены останавливать на чистку через 20—30 дней. У Латексов есть стремление к пенообразованию, это определяется присутствием эмульгатора. Когда вспенивается латекс, то присутствие коагулята увеличивается, за счет, того что тонкий слой пленки быстро прогревается. Процесс дегазации в условиях противотока фаз, затрудняет это процесс особенность латекса, а именно вспениваемость. Если

применять этот прямоток фаз при дегазации латексов, то эффективность процесса резко снижается. [8]

Процесс проводят под вакуумом, для того чтобы уменьшить температуру кипения у отгоняемых мономеров, в то же время это же обуславливает и понижение образования коагулята. Острым паром происходит подвод тепла к латексу. Здесь пар используется в двойной цели. Первая - он хороший теплоноситель; вторая - , частичное давление мономера в смеси понижается и, соответственно, уменьшается температура отгонки мономера. [9]

Температура кипения (при 98 кПа) и теплота парообразования некоторых основных мономеров, отгоняемых из латексов:

$t_{кип}$ °С q кДж/кг

Акрилонитрил + 78 615

Дивинил – 4,5 335

Стирол +145 418

Из конкретных данных получаются, что отгонка происходит удалением не основной частью мономера — дивинила, а вспомогательных мономеров, которые называются сомономерами, и которые имеют более большую температуру кипения и высокую теплоту парообразования.

Основные типы каучуков, которые получают в ходе процесса полимеризации в эмульсии, они являются стирольными, метилстирольными, нитрильными. Каучуки, получаемые в процессе дегазации, полимеризацией в растворе, для них характерны процессы такие как: 1) разложение и отмывка катализатора, 2) отгонка мономера и растворителя. Процессы эти могут проводиться одним аппарате — дегазаторе, и в различных аппаратах. [10]

Когда совмещают процессы в одном аппарате, то в каучуке остаются частицы разложенного катализатора, эти частицы ухудшают качество продукта. Для того чтобы этого избежать, для некоторых видов катализатора, у которых остаются частицы применяют операции для отмывки

растворителем. Так каучук СКИ, получают на основе комплексного катализатора, то отмывка каучука от остатков катализатора проводится перед дегазацией с помощью воды в специальном отмывном аппарате, который оборудован мешалкой. [11]

Процесс дегазации проходит двумя различными способами:

- 1) водная дегазация, когда нагревают раствор каучука для того, чтобы отогнать мономер и растворитель проводят путем смешения полимер с горячей водой;
- 2) безводная дегазация, когда нагревают полимер через поверхности теплообмена без прямого контакта полимера с горячим теплоносителем.

Теплоноситель - это вода. Она низкостоящая и безвредная. Очень легко проходит отделение растворителя и мономера от воды, потому что органические мономеры и растворители в воде в основном нерастворимы. При прямом смешении полимеризат и теплоноситель — горячая вода — способствует отсутствию термического сопротивления стенки. Из этого следует, что коэффициент теплопередачи большой. [12]

Водная дегазация происходит путем эмульгирования полимера в горячей воде. Крошка - это рыхлые частицы каучука, которые образуются в ходе отгонки растворителя и мономера из капель полимеризата. Крошка отделяется от воды и далее поступает на дальнейшую переработку. Пар, который барботирует снизу аппарата крошку каучука, через него подводится тепло к воде. Для всех стереорегулярных каучуков применяется водная дегазация. Количество оставшегося мономера намного меньше, чем растворителя в полимеризате. Во многих случаях температура кипения мономера ниже, чем температура кипения растворителя. Из-за этого процесс дегазации стереорегулярных каучуков сводится к отгонке растворителя.

Ранее говорилось, о том, что дегазация может проводиться в одном или в нескольких последовательно соединенных аппаратах, поэтому есть одноступенчатая и многоступенчатая дегазация.

Осуществить дегазацию в одноступенчатом аппарате удастся до необходимого остаточного содержания растворителя. Так как растворитель и мономер, имеют не высокие температуры кипения и, соответственно, высокое давление паров при температуре дегазации. [13]

С большим трудом отгоняются растворители, которые имеют большую температуру кипения, для этого используют дегазацию многоступенчатую. Пульпа из дегазатора первой ступени поступает в дегазатор второй ступени, в это время водяной пар по пряжку проходит дегазатор первой ступени, затем дегазатор второй ступени. Происходит противоток пара и водной дисперсии каучука, что гораздо улучшает экономический показатель процесса. [14]

1.3 Способы выделения синтетических каучуков

1.3.1 Патент №2249013 - Способ выделения синтетических каучуков

Способ выделения синтетических каучуков из их растворов в легкокипящих углеводородных растворителях или из дисперсий водной дегазацией, проводимой в двух последовательно соединенных дегазаторах, из которых первый по ходу работает под абсолютным давлением 0,14-0,60 МПа, а второй 0,04-0,10 МПа, с подачей острого водяного пара в оба дегазатора и введением паров, отгоняемых из второго дегазатора в первый при помощи парового эжектора, сначала полученную в первом дегазаторе дисперсию каучука в воде подвергают сепарации и выделенную при сепарации газообразную фазу выводят на конденсацию совместно с парами дегазации первого дегазатора, затем дисперсию каучука в воде подают во второй по ходу дегазатор и осуществляют ее окончательную дегазацию в одну или в две ступени, отогнанные из второго дегазатора пары дегазации

направляют на конденсацию и в паровой эжектор подают несконденсировавшуюся часть, состоящую в основном из углеводородных паров, дегазированную дисперсию каучука в воде выводят на отжим каучука от воды и сушку. Технический результат способа состоит в уменьшении удельного расхода водяного пара на 0,3-0,5 Гкал/т каучука, в уменьшении потерь углеводородов, в увеличении производительности технологического процесса, в улучшении экологии производства. [15]

1.3.2 Патент №2255091 - Способ выделения синтетических каучуков

Синтетические каучуки выделяют из растворов в углеводородных растворителях, выводимых со стадии (со)полимеризации мономеров обработкой раствора полимера горячей циркуляционной водой, острым водяным паром и дросселированием парожидкостной смеси в зону с пониженным давлением. Отделяют пары растворителя и незаполимеризовавшегося мономера от образующейся дисперсии каучука в процессе водной дегазации при непрерывной циркуляции воды, содержащей антиагломератор крошки каучука или без него с последующим выделением каучука из дисперсии концентрированием, предварительным отжимом воды из каучука и его сушкой. Подогревают циркуляционную воду для подачи на дегазацию до 120-180°C глухим водяным паром. Образующийся водный конденсат направляют в котлы-утилизаторы для производства вторичного водяного пара, причем подогрев циркуляционной воды осуществляют как в одну, так и в две ступени. При использовании антиагломератора крошки каучука в процессе водной дегазации антиагломератор вводят в виде суспензии в подогретую циркуляционную воду. Технический результат состоит в снижении энергозатрат, увеличении степени возврата водного

конденсата, получении вторичного водяного пара и уменьшении потерь мелкой крошки каучука. [16]

1.3.3 Патент №2180452 - Способ управления процессом водной дегазации изопренового каучука

Изобретение относится к способам и системам управления процессами дегазации полимеризата в производстве синтетического каучука типа СКИ, СКД, СКЭП(т) и может быть использовано на аналогичных производствах в нефтехимической промышленности. Технический результат - повышение точности регулирования технологических параметров процесса дегазации каучуков. Для этого, в частности, при агломерировании крошки каучука измеряют массовые потоки полимеризата, антиагломератора и корректируют расход последнего с учетом возмущений, поступающих в дегазатор, что в итоге улучшает физико-механические свойства каучука и снижает расход антиагломератора. [17]

1.3.4 Патент №2448121 - Способ выделения синтетических каучуков

Способ выделения синтетических каучуков из углеводородных растворов происходит путем водной дегазации в присутствии антиагломератора, в качестве которого используют смесь калий-кальциевых солей продукта реакции алкилянтарного ангидрида и сополимера -олефина и малеинового ангидрида в массовом соотношении от 1:99 до 10:90 соответственно. Изобретение позволяет при низком расходе антиагломератора получить каучуки, обладающие улучшенными показателями содержания золы и цветности. [19]

1.4 Физико – химические свойства, вспомогательные материалы и готовая продукция

Таблица 1.1 - Физико – химические свойства, вспомогательные материалы и готовая продукция

Наименование сырья	Государственный стандарт, технические условия, регламент на подготовку сырья	Показатели по стандарту, обязательные для проверки	Регламентируемые показатели
1	2	3	4
1.Полимеризат	Технологический регламент	Массовая доля: - антиоксиданта; титана, золы. Вязкость по Муни	1. Массовая доля антиоксиданта в полимеризате: для каучука СКИ-3: - основного вещества N-2этилгексил-N-фенил-p-фенилендиамин (АлСиб-8, Новатекс-8ПФДА), % -0,2-0,4 или -N-алкил-N-фенил-p-фенилендиамин (продукт С-789, % - 0,2-0,4 или -Дусантокса L, % - 0,2 для каучука СКИ-3С: -Агидола-1, % - 0,5-1,3 или - Агидола-2, % - 0,2-0,6 2. Массовая доля титана, % не более - 0,7 3. Массовая доля золы, % не выше – 0,35 4. Вязкость по Муни – согласно ГОСТ 14925-79

Вторая страница

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4
7. Вода умягченная	Проект	Жесткость общая, прозрачность, взвешенные вещества, давление, температура	1. Жесткость общая, мг.экв/л, не выше – 0,07 2. Содержание взвешенных частиц, мг/л, не выше – 15 3. Прозрачность, см, не ниже – 20 4. Давление на гребенке отделения Е-3 цеха Д-7Е-8, кг/см, не ниже – 4,0 5. Температура, С, не выше – 10
8. Вода оборотная	Проект	Давление прямой, давление обратной, температура прямой, окисляемость, рН	1. Давление прямой, кгс/см, не ниже – 4,2 2. Давление обратной, кгс/см, не выше – 1,8 3. Температура прямой, С, не выше: - летом – 25 - зимой – 21 4. Окисляемость, мг О /л, не выше – 80 5. Продукты производства – отсутствуют 6. рН – 6,5-8,5
9. Пар 5 ати	Проект	Давление, температура	1. Давление, ати, не менее – 3,0 2. Температура, С, не менее – 255
10. Пар 20 ати	Проект	Давление, температура	1. Давление, ати, не менее – 17,0 2. Температура, С, не менее – 255
11. Электроэнергия	ГОСТ 13109-97	Согласно ГОСТ 13109-97	Согласно ГОСТ 13109-97

Третья страница

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4
15. Азот газообразный.	ГОСТ 9293-74 с изменением № 1, 2, 3 Сорт 2	Содержание азота, температура точки росы	1. Объемная доля азота, % не ниже – 99,95 2. Объемная доля кислорода, % не ниже – 0,05 3. Объемная доля водяного пара, % не выше – 0,004 4. Содержание масла в газообразном азоте – выдерживает испытание 5. Объемная доля водорода, %– не нормируется

Каучук СКИ-3 синтетический цис-изопреновый согласно ГОСТ 14925-79

Таблица 1.2 - Физико-химические свойства готовой продукции

Наименование показателей	Норма для марки					
	СКИ-3 высшего сорта			СКИ-3 первого сорта		
	1 гр.	2 гр.	3 гр.	1 гр.	2 гр.	3 гр.
1	2	3	4	5	6	7
Вязкость по Муни МБ 1+4 (100 °С)	75-85	65-74	55-64	75-85	65-74	55-64
Разброс по вязкости внутри партии	8	8	8	8	8	8
Пластичность	0,30-0,35	0,36-0,41	0,42-0,48	0,30-0,35	0,36-0,41	0,42- 0,48
Разброс по пластичности внутри партии, не более	0,05	0,05	0,06	0,06	0,08	0,08
Массовая доля золы, %, не более	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
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
Потери массы при сушке, %, не более	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Массовая доля стеариновой кислоты, %	0,6-1,4	0,6-1,4	0,6-1,4	0,6-1,4	0,6-1,4	0,6-1,4
Массовая доля антиоксидантов, %						0,20-
С-789	0,20-0,40	0,20-0,40	0,20-0,40	0,20-0,40	0,20-0,40	0,40

1.5 Аналитический контроль

Таблица 1.3 - Аналитический контроль

Анализируемый продукт	Место отбора пробы	Контролируемые показатели	Методы контроля	Норма	Частота контроля	Кто контролирует
1	2	3	4	5	6	7
Циркуляционная вода	Из линии всаса насосов № 5а	рН воды	рН - метром, № 207	7,5-9,5	По требованию	Аппаратчик перегонки установки выделения синтетического каучука
Паровой конденсат, промывная вода после пропарки промывки аппаратов при подготовке их к ремонту	Из аппарата	ХПК, мгО ₂ /л	согласно ПНДФ 14.1: 2.100-97 (изд.2004)	не более 1000	По требованию	Санитарно-промышленная лаборатория
Продувочный газ при приеме аппаратов из ремонта	Из аппаратов	Содержание, % об - кислорода	хроматографический, № 552	не более 3,0	По требованию	Лаборатория по контролю производства изопрена, СКИ

1.6 Технологический режим процесса

Таблица 1.4 - Технологический режим

1	2	3	4
10. Давление в дегазаторах № 2	кгс/см ²	Не выше 0,4	Регистрация. Сигнализация.
11. Уровень в кубе дегазаторов № 2 Точка отсчета от днища аппарата	мм	2330-3530 что способствует 40-70% шкалы прибора	Регулирование. Сигнализация. Блокировка.
12. Уровень в емкости № 5 Точка отсчета от днища аппарата	мм	2500-4000 что способствует 50-80% шкалы прибора	Регулирование. Сигнализация. Блокировка
13. Уровень в емкости № 5в Точка отсчета от днища аппарата	мм	2125-3400 что способствует 50-80% шкалы прибора	Регулирование. Сигнализация.
14. Концентрация крошки каучука в пульпе, подаваемой в концентраторы	% масс	2,5-4,0	Расчет
15. Уровень в емкости № 9	мм	420-840 что способствует 30-60% шкалы прибора	Регистрация Регулирование Сигнализация

1.7 Описание технологической схемы

Дегазация полимеризата осуществляется в две стадии в аппаратах №117 и №117а. Дегазатор №117 снабжен крошкообразователем: №117Г.

Полимеризат из усреднителей подается в крошкообразователь №117Г куда также подается:

- пар давлением 20 кгс/см^2 для получения крошки каучука и испарения основного количества растворителя – изопентана, а также изопрена, не вступившего в реакцию полимеризации;
- циркуляционная вода для транспортировки крошки каучука из крошкообразователя №117Г по схеме: дегазатор 117 → насос 142 → дегазатор 117а → насос 142а и далее в концентраторы. Из концентраторов циркуляционная вода возвращается самотеком.

Давление пара 20 кгс/см^2 выдерживается регулятором поз.8003 в пределах $15 - 20 \text{ кгс/см}^2$, клапан установлен на линии ввода пара 20 кгс/см^2 на установку. Снижение давления пара на вводе в отделение дегазации до 15 кгс/см^2 сигнализируется. Расход полимеризата выдерживается регулятором, клапан которого установлен на линии подачи полимеризата в крошкообразователь №117Г. Снижение расхода полимеризата до 20 т/час сигнализируется.

Расход циркуляционной воды выдерживается регулятором расхода в пределах: $100 - 300 \text{ м}^3/\text{час}$. Снижение расхода циркуляционной воды до $60 \text{ м}^3/\text{час}$ сигнализируется.

Для предотвращения слипания образующейся при дегазации крошки каучука в циркуляционную воду вводится антиагломератор – стеарат кальция, водная суспензия которого непрерывно, в расчетном количестве, подается из отделения приготовления антиагломератора. Расход суспензии выдерживается регулятором. Регулирующий клапан установлен на линии

подачи антиагломератора. Снижение расхода антиагломератора до 0,5 т/час сигнализируется.

Образующаяся газожидкостная смесь из крошкообразователя №117г поступает в дегазатор №117- I ступени. Ввод пульпы в дегазаторы №117 из крошкообразователя №117г предусматривается под слой жидкости.

Температура в кубе дегазатора №117 выдерживается в пределах 96-110⁰С регулятором поз.8016а, клапан которого установлен на линии подачи пара 20 кгс/см² в крошкообразователь №117г. При снижении температуры до 95⁰С срабатывает предварительная сигнализация. При снижении температуры до 90⁰С срабатывает блокировка.

Для дополнительного поддержания температуры в дегазаторе №117 предусмотрена подача пара в куб дегазатора через встроенный внутри аппарата барботер. Расход пара выдерживается регулятором поз.8016.

Давление пара, подаваемого в барботеры дегазаторов №117, 117а, выдерживается регулятором не более 5,0 кгс/см². Регулирующий клапан установлен на вводе пара 8кгс/см² в отделение дегазации. Завышение давления пара более 5,0 кгс/см² сигнализируется.

Дегазатор №117 оборудован 4-х лопастными мешалками, лопасти расположены в 3 яруса.

Уровень жидкости в кубе дегазатора №117 выдерживается в пределах 40-70% по шкале прибора регулятором, клапан которого установлен на нагнетательной линии насосов №142. Увеличение (снижение) уровня в дегазаторе №117 до 75%(35%) по шкале прибора сигнализируется. При снижении уровня в дегазаторе №117 до 25% по шкале прибора срабатывает блокировка.

Частично дегазированная крошка каучука в потоке циркуляционной воды из нижней части дегазатора №117 насосами №142 подается в

дегазаторы №117а - II ступени для окончательного выделения углеводородов из крошки каучука.

Девазатор №117а оборудован 2-х лопастными мешалками, лопасти расположены в 3 яруса.

Температура в дегазаторе II ступени выдерживается в пределах 96-105⁰С за счет подачи пара давлением не более 5,0 кгс/см² в куб дегазатора через встроенный барботер. Расход пара в барботер выдерживается регулятором расхода. Предусмотрено регулирование расхода пара в барботер дегазатора №117а с коррекцией по температуре (поз.8017а).

При снижении температуры в дегазаторе №117а до 95⁰С предусмотрена предварительная сигнализация. При снижении температуры до 90⁰С срабатывает блокировка.

Уровень жидкости в дегазаторе №117а выдерживается в пределах 40-70% по шкале прибора регулятором, клапан которого установлен на нагнетательной линии насоса №142а.

Увеличение (снижение) уровня до 75% (35%) по шкале прибора сигнализируется. При снижении уровня до 25% по шкале прибора срабатывает блокировка.

Для дополнительного контроля за уровнем и температурой в дегазаторах №117, 117а установлены дублирующие приборы.

Окончательно дегазированная крошка каучука из нижней части дегазаторов №117а насосом №142а подается в концентраторы.

Пары углеводородов и воды из дегазатора №117 – I ступени проходят через фильтры №118 (по 2 фильтра), где отделяется унесенная газовым потоком крошка каучука, по двум параллельным трубопроводам поступают на систему конденсации установки полимеризации изопрена ИП-5.

Завышение давления в дегазаторах №117 до 2 кгс/см^2 сигнализируется, при повышении давления до $2,2 \text{ кгс/см}^2$ предусмотрена блокировка. Пары углеводородов и воды из дегазаторов №117а - II ступени проходят через фильтр №118а, где отделяется унесенная газовым потоком крошка каучука, поступают на конденсацию в конденсатор №144, охлаждаемый обратной водой, поступающей из коллектора обратной воды.

Завышение давления в дегазаторе №117а до $0,5 \text{ кгс/см}^2$ - сигнализируется.

Углеводородный конденсат из конденсатора №144 стекает в емкость №145, а несконденсированные пары углеводородов поступают в теплообменник №119/1, который охлаждается захлажденной водой, поступающей из отделения ИП-3 установки ИП-3-4.

Конденсат из конденсатора №119/1 стекает в емкость №145, откуда насосом №146 подается на установку полимеризации изопрена ИП-5. Уровень в емкости №145 выдерживается регулятором поз.8019, клапан которого установлен на линии углеводородов от насоса №146 на установку полимеризации изопрена ИП-5.

Увеличение (снижение) уровня в емкости №145 до 80% (30%) по шкале прибора сигнализируется.

Несконденсированные пары углеводородов из конденсатора №145 стравливаются в атмосферу. Давление в системе конденсации выдерживается регулятором давления. Воздушка оборудована огнепреградителем. [15]

1.8 Отклонения от параметров технологического режима. Описание систем противоаварийной защиты и сигнализации

Противоаварийная защита- комплекс устройств, обеспечивающих защиту, предупреждение и (или) уменьшение опасных последствий аварийных ситуаций при эксплуатации систем и инженерно- технического обеспечения и увеличение ресурса работы указанных систем. Системы и средства, обеспечивающие для взрывоопасных технологических процессов контроль параметров, определяющих взрывоопасность процесса, с регистрацией показаний и предаварийной (при необходимости - предупредительной) сигнализацией их значений, а также средствами автоматического регулирования и предаварийной защиты, включая безопасную остановку или перевод процесса в безопасное состояние.

Отделение дегазации имеет класс опасности В-1г — это пространства возле наружных установок (расположенных вне помещений), содержащие взрывоопасные газы, пары, ГЖ и ЛВЖ образование взрывоопасных смесей возможно только в результате аварий или неисправности.

Технические средства, которые обеспечивают взрывобезопасность технологического процесса:

- сигнализаторы довзрывных концентраций, которые обеспечивают контроль за состоянием воздушной среды в насосном отделении и в отделении №3 на верхних площадках концентраторов;
- приточные вентиляционные системы, обеспечивающие подпор воздуха в РП-9;
- световая и звуковая сигнализация работы вентсистем в операторной;
- сигнализация отклонения от норм технологических параметров с блокировками;

- дистанционное отключение насосов из операторной и сигнализация работы насосов;
- предохранительные клапаны (ППК), установленные на аппаратах и мембранные предохранительные устройства (МПУ), установленные перед ППК;
- огнепреградители на воздушках аппаратов;
- система подачи азота в аппараты для исключения образования взрывоопасной среды и гашения вакуума при освобождении аппаратов;
- электрозадвижки с дистанционным управлением, прекращение подачи продуктов при срабатывании блокировки;
- запорная арматура для аварийного останова блока (аппарата);
- средства экстренной остановки оборудования. [16]

Таблица 1.5 - Перечень сигнализаций и блокировок

Наименование параметра	Величина уставки в единицах измеряемого параметра	Перечень противоаварийных воздействий
1	2	3
Расход полимеризата в дегазатор № 1	Ниже 20 т/ч	Световая и звуковая сигнализация
Расход суспензии стеарата кальция на вводе в отделение дегазации	Ниже 0,5 т/ч	Световая и звуковая сигнализация
Давление в дегазаторе №1	2,0 кгс/см ² 2,2 кгс/см ²	Световая и звуковая сигнализация Световая и звуковая сигнализация. Закрывается электрозадвижка на линии подачи полимеризата в

		крошкообразователь 117г
Давление в дегазаторе № 2	0,5 кгс/см ²	Световая и звуковая сигнализация.
Уровень в дегазаторе № 1	35% шкалы прибора 25% шкалы прибора	Световая и звуковая сигнализация. Световая и звуковая сигнализация. Закрывается электрозадвижка на линии подачи полимеризата в крошкообразователь. Останавливаются насосы №6. Срабатывают 3-х ходовые ЭПК, стравливается в атмосферу воздух из пневмоприводов регулирующих клапанов, установленных на линии нагнетания насосов 6 и на линии подачи пара в крошкообразователь, регулирующие клапаны-закрываются
Уровень в дегазаторе № 2	35% шкалы прибора 25% шкалы прибора	Световая и звуковая сигнализация. Световая и звуковая сигнализация. Закрывается электрозадвижка на линии нагнетания насосов 6а. Останавливаются насосы 6а. Закрывается электрозадвижка на линии подачи полимеризата в крошкообразователь

Вторая страница

Продолжение таблицы 1.5

1	2	3
Температура в дегазаторе № 1	95°C, 110 °C 90°C	Световая и звуковая сигнализация. Световая и звуковая сигнализация. Закрывается электрозадвижка на линии подачи полимеризата в крошкообразователь. Закрывается электрозадвижка – на линии нагнетания насосов 6а. Останавливаются электродвигатели насосов 6.
Температура в дегазаторе № 2	95°C, 105 °C	Световая и звуковая сигнализация. Световая и звуковая сигнализация. Закрывается

	90°C	электрозадвижка на линии нагнетания насосов ба. Останавливаются электродвигатели насосов ба. Закрывается электрозадвижка на линии подачи полимеризата в крошкообразователь
Расход циркуляционной воды в крошкообразователи	60 м ³ /час	Световая и звуковая сигнализация

Таблица 1.6- Отклонения от норм технологического режима

Неполадки	Некоторые причины возникновения неполадок	Способы устранения неполадок
1	2	3
Завышение давления в дегазаторе №1 1-ой ступени	1. Завышение температуры в кубе дегазатора.	1. Снизить температуру в кубе дегазатора.
	2. Большая подача полимеризата.	1. Снизить подачу полимеризата в дегазатор.
	3. Забиты сетки на фильтрах(большой перепад давления до и после фильтров)	1. проверить перепад давления, остановить систему и подготовить к чистке или замене сеток
	4. Накопление воды в фильтрах.	1. Слить воду из фильтров.
	5. Высокое давление в	1.снизить давление в системе

	системе конденсации углеводородов, забивка сеток на линии подачи углеводородных паров (установки полимеризации изопрена ИП-5)	конденсации, проверить перепад давления до и после корзины, вывести из работы коллектор подачи углеводородных паров из отделения дегазации на установку ИП-5, произвести замену сетки, сообщить начальнику смены установки полимеризации изопрена ИП-5.
Завышение давления в аппаратах №2 II –ой ступени	1. Высокая температура воды, подаваемой в трубное пространство конденсаторов.	1. Поставить в известность диспетчера предприятия, мастеров смен отделения ИП-3 и ТТЦ потребовать понижения температуры воды.
	2. Забилось трубное или межтрубное пространство конденсаторов.	1. Остановить системы дегазации на чистку конденсаторов.
	3. вышел из строя регулятор давления после аппарата №10.	1.выяснить неисправность, устранить ее, временно регулирование давления вести по шунту.
	4. Завышен уровень в емкости №9.	1. Проверить исправность регулятора уровня в емкости №9, устранить неполадки, проверить исправность насоса №9а, при необходимости перейти на резервный насос №9а.
	5. Забита сетка фильтра.	1. проверить перепад давления, остановить систему и подготовить к чистке или замене сеток
	6. Накопление воды в фильтре.	1. Слить воду.

Вторая страница

Продолжение таблицы 1.6

1	2	3
Недостаточная дегазация крошки каучука.	1. Занижена температура в дегазаторе №1 (№2).	1. Увеличить подачу пара в барботер дегазатора №1(№2). 2. Проверить работу схемы регулирования температуры.
	2. Высокое давление в дегазаторе.	1. Выяснить причину завышения давления, устранить её.
	3. Не работает мешалка в дегазаторе.	1. Остановить систему на ремонт.
Завышение уровня в дегазаторе №1.	1. Завышена подача циркуляционной воды.	1. Снизить подачу циркуляционной воды.

	2. Неисправность системы регулирования уровня в дегазаторе №1	1. Остановить систему, устранить причину неисправности, контроль за уровнем вести по показаниям дублирующего прибора
	3. Забиты всасывающая или нагнетательная линия насоса №6. Забит регулирующий клапан на линии пульпы	1. Кратковременно остановить систему дегазации, промыть линии, клапан, насос, при необходимости перейти на резервный насос.
	4. Накопление и комкование крошки каучука в дегазаторе №1.	1. Прекратить подачу полимеризата, промыть дегазатор.
	5. Неисправен насос №6.	1. Перейти на резервный насос.
	6. Не работает мешалка в дегазаторе.	1. Остановить систему на ремонт.
Завышение уровня в дегазаторе №2.	1. неисправность схемы регулирования уровня в дегазаторе	1. Остановить систему, устранить неисправность.
	2. Забиты всасывающая и нагнетательная линия насоса №6а. Забит регулирующий клапан на линии пульпы из дегазатора №2 в концентраторы.	1. Кратковременно остановить систему дегазации, промыть линии, регулирующий клапан, насос. При необходимости перейти на резервный насос

Третья страница

Продолжение таблицы 1.6

1	2	3
---	---	---

	3. Накопление и комкование крошки каучука в дегазаторе №2.	1. Прекратить подачу полимеризата, промыть дегазаторы водой до нормализации работы мешалки по нагрузке и уровня в дегазаторе. Проверить дозировку и качество антиагломератора. При необходимости остановить систему на чистку или ремонт.
	4. Неисправен насос №ба.	1. Перейти на резервный насос.
	5. Не работает мешалка дегазатора.	1. Остановить систему на ремонт.
Занижение уровня в дегазаторе №1.	1. неисправность схемы регулирования уровня в дегазаторе.	1. Остановить систему, неисправность устранить, контроль за уровнем вести по показаниям дублирующего прибора
	2. Недостаточная подача циркуляционной воды.	1. Увеличить подачу циркуляционной воды.
	3. Неполадки в работе регулирования расхода циркуляционной воды в дегазатор.	1. Временно регулирование расхода вести по шунту. Проверить работу схемы регулирования.
Занижение уровня в дегазаторе №2.	1. Забит клапан на нагнетании насоса №б	1. Остановить насос. Принять меры по промывке клапана.
	2. неисправность схемы регулирования уровня в дегазаторе .	1. Остановить систему, устранить неисправность,.
	3. Неисправен насос №б.	1. Перейти на резервный насос.

Четвертая страница

Продолжение таблицы 1.6

1	2	3
Скопление крошки каучука в дегазаторах №1 (№2)	1. Неисправна мешалка в дегазаторе №1 (№2).	1. Прекратить подачу полимеризатора, промыть дегазаторы. Подготовить систему к ремонту.
	2. Неудовлетворительная работа насоса №6(6а).	1. Перейти на резервный насос.
	3. Забивка насоса №6(6а), линий всасывания или нагнетания клапана	1. Прекратить подачу полимеризата. Промыть линии, насос, клапан.
	4. Недостаточное количество суспензии антиагломератора, подаваемого в циркуляционную воду.	1. Произвести перерасчет дозирования суспензии антиагломератора, увеличить дозировку антиагломератора до расчетной.
	5. Высокая концентрация крошки каучука в воде.	1. Произвести расчет подачи циркуляционной воды. Увеличить расход циркуляционной воды до расчетной.

Невозможно предвидеть все неполадки, источником которых является нарушение технологического режима и правил эксплуатации оборудования.

1.9 Характеристика основного оборудования процесса

Таблица 1.7- Характеристика основного оборудования процесса

Номер позиции по схеме	Оборудование	Материал	Технические характеристики
1	2	3	4
117	Дегазатор для дегазации полимеризата (I ступень)	Сталь 12Х18Н10Т, сталь 08Х22Н6Т	Вертикальный Объем 138,7 м ³ Диаметр 4000 мм Высота общая 18200 мм Расчетное давление 6 кгс/см ² Расчетная температура 150°C Аппарат снабжен 4-х лопастной мешалкой с числом оборотов 50 в мин Электродвигатель типа ВАОФ-82-4У2 Мощность 55 кВт Число оборотов 1470 в мин Исполнение ВГЗ

Продолжение таблицы 1.7

1	2	3	4
117а	Дегазатор для полной дегазации суспензии крошки каучука (II ступень)	Сталь X18H10T Ст.3	Вертикальный Объем 52 м ³ Диаметр 2800 мм Высота цилиндрической части 7200 мм Аппарат снабжен лопастной мешалкой с числом оборотов 40 в мин Электродвигатель типа ВАО-82-8-У2 Мощность 30 кВт Число оборотов 735 в мин. Исполнение ВЗГ Расчетное давление аппарата 4 кгс/см ² Расчетная температура 150 °С
117г	Крошкообразователь для образования крошки каучука	Сталь 12Х18Н10Т	Диаметр 250 мм Общая длина 1260 мм Расчетное давление 22 кгс/см ² Расчетная температура 300 °С
118, 118а	Фильтр для улавливания крошки каучука	Вст3.сп5, Ст.20	Вертикальный Объем 1,67 м ³ Диаметр 1000 мм Высота цилиндрической части 1550 мм Расчетное давление 6 кгс/см ² Расчетная температура 150 °С Внутри аппарата установлена сетка для улавливания крошки каучука (стакан)
142, 142а	Насос центробежный для подачи пульпы из дегазатора	СЧ20	Марка СД-250/22,5 Производительность 250 м ³ /час Напор 22,5 м.вод.ст. Электродвигатель типа ВАО 81-4У2 Мощность 40 кВт Число оборотов 1470 в мин. Исполнение ВЗТ4

Третья страница

Продолжение таблицы 1.7

1	2	3	4
144, 119/1	Конденсатор для конденсации паров углеводородов II ступени дегазации	Корпус ВстЗсп4 Трубки сталь X18Н10Т	Горизонтальный, кожухотрубный Поверхность теплообмена 476 м ² Диаметр 1200 мм Размер трубок 25x2,5x5300 мм Расчетное давление в трубном и межтрубном пространствах 6 кгс/см ² Расчетная температура в трубном пространстве 100 °С в межтрубном пространстве 100 °С
145	Емкость для приема конденсата из аппаратов 8, 10	Сталь 20к+сталь 12Х18Н10Т	Горизонтальная Объем 10 м ³ Диаметр 2000 мм Длина цилиндрической части 2500 мм Расчетное давление 10 кгс/см ² Расчетная температура 100 °С Оборудована наружным змеевиком
146/1	Насос центробежный для подачи углеводородного конденсата	Сталь 12Х18Н9ТЛ	Марка ХЕ-80-50-200К55-У2 Производительность 50 м ³ /час Напор 50 м.ст.ж. Электродвигатель типа ВА-160М2-У2,5 Мощность 18,5 кВт Число оборотов 2940 в мин. Исполнение ВЗТ4

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Материальный баланс

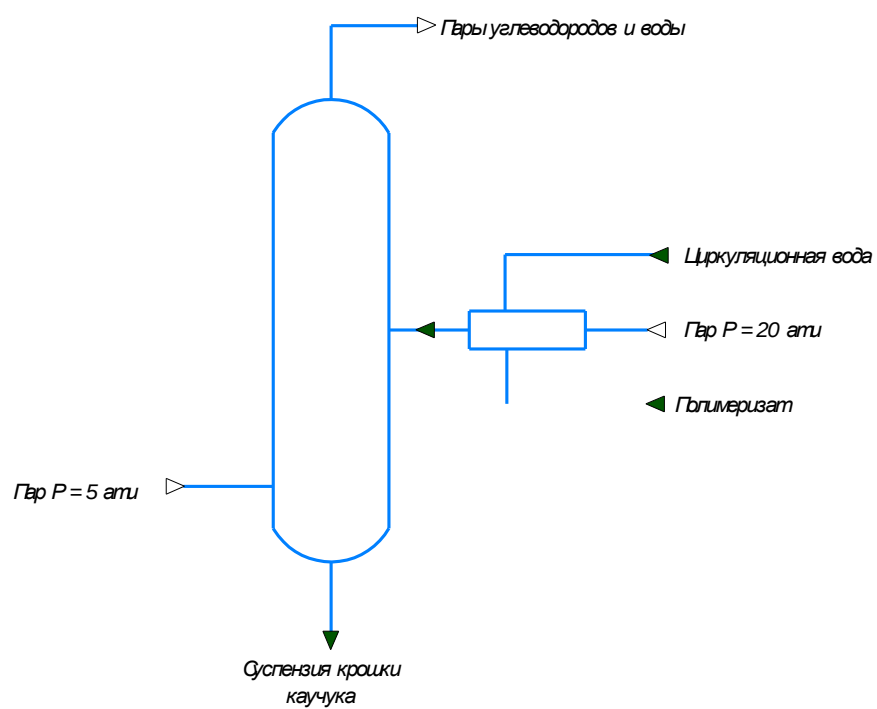


Рисунок 2.1 – Дегазация 1 степени

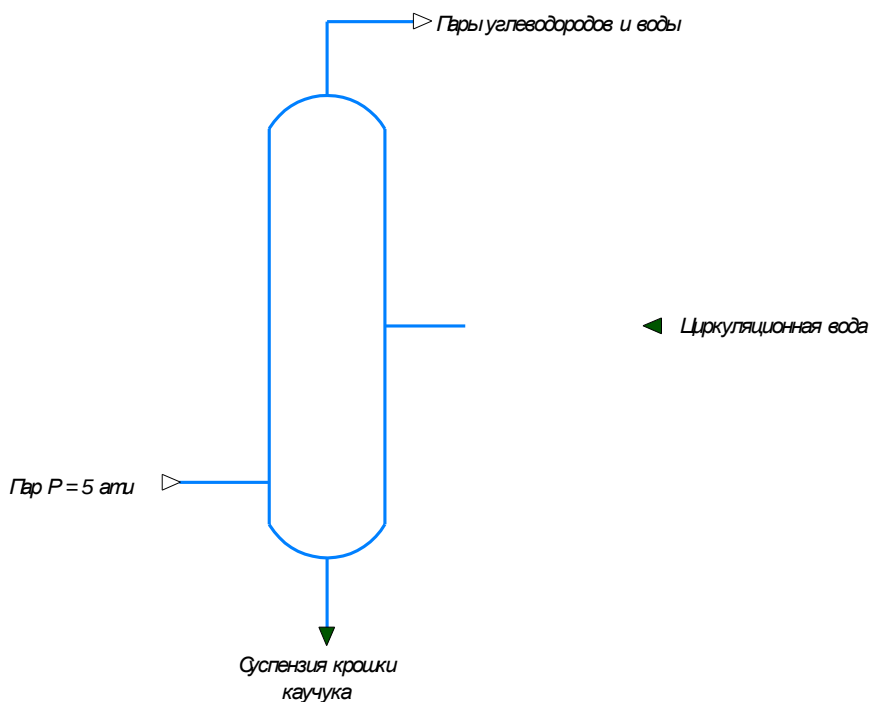


Рисунок 2.2 – дегазация 2 ступени

Расчет материального баланса:

$$G_1 + G_2 + G_3 + G_4 = G_5 + G_6 + G_7, \text{ где:}$$

G_1 - количество полимеризата, подаваемого в крошкообразователь,

G_2 - количество пара $P=20$ ати, подаваемого в крошкообразователь,

G_3 - количество циркуляционной воды, подаваемой в крошкообразователь,

G_4 – количество пара $P=5$ ати, подаваемого в барботер дегазатора,

G_5 – количество кубовой жидкости,

G_6 – количество паров углеводородов и воды,

G_7 - количество паров воды

В дегазатор поступает газожидкостная смесь, образующаяся в крошкообразователе, куда поступают полимеризат, пар $P = 20$ атм и циркуляционная вода.

Найдем количество газожидкостной смеси, поступающей в дегазатор из крошкообразователя:

Общее количество газожидкостной смеси из крошкообразователя:

$$\Sigma = G_1 + G_2 + G_3$$

$$G_1 = 20 \text{ т/ч} = 20\,000 \text{ кг/ч},$$

$$G_2 = 10 \text{ т/ч} = 10\,000 \text{ кг/ч},$$

$$G_3 = 100 \text{ м}^3/\text{ч} = 100\,000 \text{ кг/ч},$$

$$\Sigma = 20\,000 + 10\,000 + 100\,000 = 130\,000 \text{ кг/ч}$$

Рассчитаем состав полимеризата G_1 :

Исходя из содержания изопрена в шихте (15 % масс) и конверсии изопрена расход полиизопрена в полимеризате составит:

$$G = \frac{20000 \cdot 15 \cdot 83,33}{100 \cdot 100} = 2500, \text{ кг/ч},$$

Расход изопрен C_5H_8 :

$$G = \frac{20000 \cdot 15 \cdot (100 - 83,33)}{100} = 500, \text{ кг/ч},$$

Расход изопентан C_5H_{12} :

$$G = \frac{20000 * (100 - 15)}{100} = 17000, \text{ кг/ч,}$$

Расход С-789 (дозировка на изопрен – 0,3 % масс):

$$G = \frac{2500 * 0,3}{100} = 7,5, \text{ кг/ч,}$$

Расход изопентан (с С-789):

$$G = \frac{7,5}{25} * 100 = 30, \text{ кг/ч,}$$

Расход толуола $C_6H_5CH_3$ (исходя из дозировки катализатора 0,4 % масс на изопрен и конверсии антиагломератора в толуоле 10% масс):

$$G = \frac{20000 * 15 * 0,4 * 0,9}{100 * 100 * 0,1} = 108, \text{ кг/ч}$$

Расчитаем расход антиагломератора, подаваемого в воду 4 % - ной суспензии в циркуляционную воду. Дозировка стеарата кальция на полимер 1 %.

Расход стеарата кальция в суспензии с циркуляционной водой:

$$G = \frac{2500 * 1,0}{100} = 25, \text{ кг/ч}$$

Расход циркуляционной воды со стеаратом кальция :

$$G = \frac{25 * 96}{4} = 600, \text{ кг/ч}$$

Состав суспензии, вышедшей из дегазатора:

Известно, что в состав суспензии входят крошка СКИ – 3, включая:

Полимер – 2500 кг/ч,

C-789 - 7,5 кг/ч,

Стеарат Са – 25 кг/ч

Вода – 100600 кг/ч,

Тогда рассчитаем процентный состав суспензии:

$$G_5 = 2500 + 7,5 + 25 + 100600 = 103132,37 \text{ кг/ч},$$

Содержание крошка СКИ – 3:

$$\omega = \frac{2532,39 * 100}{103131,37} = 2,5 \%$$

Содержание воды:

$$\omega = \frac{100600 * 100}{103132,37} = 99,97 \%,$$

Рассчитаем состав дистиллята

Дистиллят состоит из паров углеводородов и водяного пара

G_6 - пары у/в

G_7 – водяной пар,

Пары углеводородов:

Изопрен - 500 кг/ч,

Изопентан – 17030 кг/ч;

Толуол – 108 кг/ч;

Водяной пар = 464 кг/ч (из теплового баланса)

Рассчитаем процентный состав дистиллята:

$$G_6 + G_7 = 500 + 17030 + 464 + 108 = 18102,01 \text{ кг/ч},$$

Содержание изопрена:

$$\omega = \frac{500 \cdot 100}{18102,01} = 2,76 \%,$$

Содержание изопентана:

$$\omega = \frac{17030 \cdot 100}{18102,01} = 94,07 \%,$$

Содержание толуола:

$$\omega = \frac{108 \cdot 100}{18102,1} = 0,6 \%,$$

Содержание водяного пара:

$$\omega = \frac{464 \cdot 100}{18102,1} = 2,56 \%,$$

Таблица 2.1- Материальный баланс

Компоненты	Полимеризат		Циркуляционная вода		Пар Р=20 ати		Пар Р=5 ати		Дистиллят		Пульпа	
	Кг/ч	% масс	Кг/ч	% масс	Кг/ч	% масс	Кг/ч	% масс	Кг/ч	% масс	Кг/ч	% масс
Полиизопрена	2500	12,41										
Изопрен	500	2,8							500	2,76		
Изопентан	17030	84,53							17030	94,08		
Толуол	108	0,54							108	0,56		
Стеарат кальция			25	0,02								
Антиоксидант	7,5	0,04										
Каучук											2532,5	2,32
Вода			100600	99,98	6000	100	500	100	464	2,56	106635,98	97,68
Итого	20145,5	100	100625	100	6000	100	500	100	18102,1	100	109168,48	100
	Итого								Итого			
	1227270,57								1227270,57			

2.2 Тепловой баланс

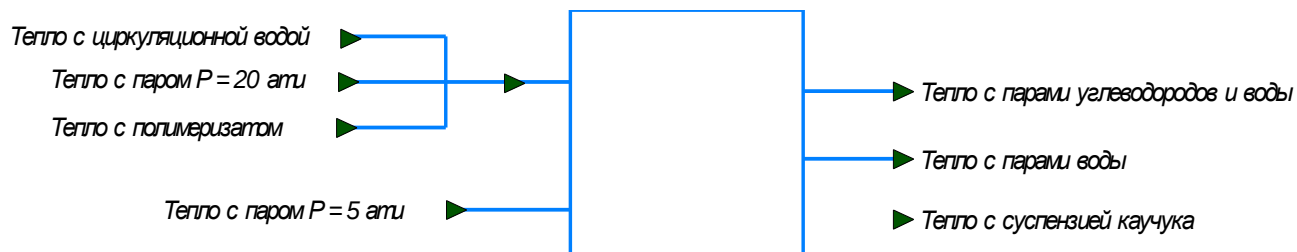


Рисунок 2.2 – Тепловые потоки дегазации 1 степени

$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 - Q_5 - Q_6 - Q_7 - Q_{\text{пот}} = 0$, где:

Q_1 - тепло, приходящее с полимеризатом,

Q_2 - тепло, приходящее с паром $P = 20$ ати,

Q_3 - тепло, приходящее с циркуляционной водой

Q_4 - тепло, приходящее с паром $P = 5$ ати

Q_5 – тепло на испарение мономеров

Q_6 – тепло, уходящее с дистиллятом,

Q_7 – тепло, уходящее с пульпой,

Q_8 – тепло на испарение воды,

$Q_{\text{пот}}$ - потери тепла

Составим уравнение теплового баланса:

1.9.1 Уравнение теплового баланса:

$$G_d * [r_d + C_v * (t_d - t)] = G_{y/v} * r_{y/v} + G_{y/v} * C_{y/v} * (t - t_0) + G_{ски} * C_{ски} *$$

$$*(t - t_0) + G_B * C_B * (t - t_B),$$

Где

G_d – расход пара $P = 20\,000$ кг/ч

r_d – пара $P=20$ кг/ч

t_d – температура пара

t – температура в дегазаторе

$G_{y/v}$ – расход углеводородов

$r_{y/v}$ – теплота испарения углеводородов

$C_{y/v}$ – теплоемкость углеводородов

t_0 – температура полимеризата

$G_{ски}$ – расход пульты

$C_{ски}$ – теплоемкость пульты

G_B – расход циркуляционной воды

C_B – теплоемкость циркуляционной воды

t_B – температура циркуляционной воды

$$7000*(1890 + 4,19*(213 - t)) = 17638 * 335 + 17638 * 2,36*(t - 30) + 2532,5 * 2,25 * (t - 30) + 100600 * 4,19 (213 - 90)$$

1.9.2 Находим температуру в дегазаторе

$$t = \frac{G_d * r_d + G_d * C_B * t_d - G_{y/v} * r_{y/v} + G_{y/v} * C_{y/v} * t_0 + G_{ски} * C_{ски} * t_0 + G_B * C_B * t_B}{G_d * C_B + G_{y/v} * C_{y/v} + G_{ски} * C_{ски} + G_B * C_B},$$

$$G_d * C_B + G_{y/v} * C_{y/v} + G_{ски} * C_{ски} + G_B * C_B$$

$$t = \frac{7000 * 1890 + 7000 * 4,19 * 213 - 17638 * 335 + 17638 * 2,36 * 30 + 2532,5 * 2,25 * 30 + 100600 * 4,19 * 90}{7000 * 4,19 + 17638 * 2,36 + 2532,5 * 2,25 + 100600 * 4,19} = 106$$

$$7000 * 4,19 + 17638 * 2,36 + 2532,5 * 2,25 + 100600 * 4,19 = 106$$

$$G_d = \frac{C_{y/v} * [r_{y/v} + C_{y/v} * (104 - 30)] + G_{ски.} * C_{ски.} * (104 - 30) + G_v * C_v * (104 - 90)}{r_d + C_v * (213 - 104)}$$

$$G_d = \frac{17638 * (335 + 2,36 * (104 - 30)) + 2532,5 * 2,25 * (104 - 30) + 100600 * 4,19 * (104 - 90)}{1890 + 4,19 * (213 - 104)} = 6523,93$$

1.9.3 Считаем потери тепла

$$Q_{пот} = \alpha * F * (t_{ст} - t_{возд})$$

Где

F – Площадь высоты и ширины дегазатора

$t_{ст}$ – температура стенки

$t_{возд}$ – температура воздуха

$$Q_{пот} = 9,81 * 53,36 * 40 * 3600 / 1000 = 71905,37 \text{ кДж/ч}$$

Таблица 2.2- Тепловой баланс

Приход		Расход	
продукт	ккал/ч	Продукт	ккал/ч
Пар 20 ати	19477290	Пульпа	47681477,98
Полимеризат	1418853,08	Пары углеводородов	10235911,34
Циркуляционная вода	37936260	$Q_{пот}$	71905,37
Пар 5 ати	1267475	Пары воды	1176216,8
	60099878,08		60099878,08

2.3 Расчет на прочность узлов и деталей аппарата

Расчет выполняется по ГОСТ Р 52857.1-2007, ГОСТ Р 52857.2-2007

Расчетная толщина стенки цилиндрической обечайки.

$$S_p = \frac{P_p * D}{2\varphi[\sigma] - P_p};$$

где, $\varphi=1,0$ коэффициент прочности продольного сварного шва

$[\sigma]$ - напряжение, допускаемое для материала обечайки при, той температуре, которую рассчитают для стали 12X18H10T

при $t=150^\circ\text{C}$ $[\sigma] = 168$ МПа

$$S_p = \frac{0,6 * 4000}{2 * 1 * 168 - 0,6} = \frac{2400}{335,4} = 7,15 \text{ мм}$$

$S_p = 7,15$ мм

Исполнительная толщина стенки

$$S \geq S_p + C;$$

где, $C = C_1 + C_2$ – суммарная прибавка к расчетной толщине;

C_1 – прибавка на компенсацию коррозии;

$C_1 = 1$ мм для высоколегированных сталей;

C_2 – прибавка на компенсацию минусового допуска для листового проката.

$$S = 7,15 + 1 + 0,8 = 8,95 \text{ мм.}$$

Принимаем исполнительную толщину стенки $S = 10$ мм.

Допускаемое внутреннее избыточное давление:

$$P = \frac{2 \sigma \varphi (S - C)}{D + S - C};$$

$$P = \frac{2 * 168 * 1 * (10 - 1,8)}{4000 + (10 - 1,8)} = 0,84 \text{ МПа;}$$

Проверка исполнительной толщины стенки в условиях гидроиспытания.

Условия прочности при гидроиспытании:

$$\sigma_{\text{ги}} \leq \sigma_{\text{ги}};$$

$$\sigma_{\text{ги}} = \frac{P_{\text{пр}} * D + S - C}{2 \varphi_p S - C};$$

$$P_{\text{пр}} = 1,25 - P_p \frac{\sigma^{20}}{\sigma^t};$$

$$P_{\text{пр}} = \frac{1,25 * 0,6 * 184}{168} = 0,82 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{ги}} = \frac{0,82 * (4000 + 8,2)}{2 * 1 * 8,2} = 200 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{ги}} = \frac{R_{p1,0}^{20}}{n_T} = \frac{276}{1,1} = 250,9 \text{ МПа};$$

Где, $R_{p1,0}^{20}$ - расчетное значение предела текучести;

$n_T = 1,1$ коэффициент запаса прочности по пределу текучести.

Расчет днищ выпуклой формы на прочность и устойчивость.

Толщина стенки:

$$S_1 = S_{1p} + C;$$

$$\text{Где, } S_{1p} = \frac{PR}{2 \varphi \sigma - 0,5P};$$

$R = D$ для эллиптических днищ с $H = 0,25D$.

$$S_{1p} = \frac{0,6 * 4000}{2 * 1 * 168 - 0,5 * 0,6} = 7,1 \text{ мм.}$$

Если высота отбортованной части днища

$$h_1 > 0,8 \sqrt{D(S_1 - C)} = 144,9 \text{ мм};$$

$h_1 = 180 \text{ мм}$ ГОСТ 6533.

Следовательно, исполнительная толщина стенки эллиптического днища принимаем равной толщине стенки обечайки $S_1=10$ мм.

$$P = \frac{2 S_{1-c} * \varphi \sigma}{R+0,5 S_{1-c}} = 0,69 \text{ МПа.}$$

2.4 Расчет мощности на перемешивание

Находим диаметр нормализованной мешалки:

$$d=D/3=1,33 \text{ мм.}$$

Определим режим перемешивания по формуле:

$$Re_q = \frac{\rho n d^2}{\mu} = \frac{1000 * 0,83 * 1,33^2}{0,285 * 10^{-3}} = 5151000;$$

Режим перемешивания турбулентный.

Рассчитываем мощность, потребляемую мешалкой при установившемся режиме по уравнению:

$$N_p = K_N \rho n^3 d^3$$

$$N_p = 0,009 * 1000 * 0,83^3 * 1,33^3 = 21,3 \text{ кВт.}$$

Мощность в пусковой момент обычно в 2-3 раза превышает рабочую:

$$N_{\text{пуск}} = 2 N_p = 42,6 \text{ кВт.}$$

Определим установочную мощность, принимая КПД электродвигателя с передачей 0,95 и запас мощности в 20%:

$$N_{\text{уст}} = 42,6 * 1,2 / 0,95 = 53,8 \text{ кВт.}$$

Следовательно, принимаем к установке электродвигатель во взрывозащищенном исполнении с мощностью из стандартного ряда N=55 КВт. [21-26]

3 ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

3.1 Промышленная безопасность на химическом производстве

Безопасность действия химически опасных объектов (ХОО) зависит от разных факторов: физико-химические свойства сырья, продуктов и полупродуктов, надежность оборудования, характер технологического процесса, условия хранения и транспортировки химических веществ, состояние средств автоматизации и контрольно-измерительных приборов, эффективность средств противоаварийной защиты. Кроме этого, безопасность производства, хранения, использования и перевозки опасных веществ зависит от организации профилактических работ, подготовленности рабочего персонала, их навыков, качества предупредительных ремонтных работ, наблюдения за исправностью технических средств защиты от

аварийных

ситуаций.

Наличие большого количества факторов, которые влияют на безопасность функционирования химических объектов, делает данную проблему обостренной. При анализе крупных аварий, когда был выброс ядовитых веществ, было определено, что на сегодняшний день не исключены аварии, приводящие к поражению и гибели рабочего персонала. Исходя из вышесказанного, для любого объекта, эксплуатирующего опасное производство, требуется обеспечение промышленной безопасности. Само понятие промышленная безопасность обозначает деятельность по защите предприятия от возникновения серьезных аварий, которые могут повлечь за собой опасные последствия.

При проведении технологических процессов может быть возникновение опасных зон, где на работающий персонал воздействуют опасные, вредные производственные факторы.

Примеры:

- 1) опасность механического травмирования
- 2) опасность поражения электрическим током
- 3) воздействие различных видов излучения
- 4) шум
- 5) вибрация

Экспертизу безопасности следует проводить на этапе проектирования любого вида оборудования и при его эксплуатации.

Средства коллективной и индивидуальной защиты используют для защиты от воздействия опасных и вредных производственных факторов.

Оградительные средства защиты – это устройства, которые препятствуют появлению человека в опасной зоне.

Предохранительные устройства автоматически отключают машины (агрегаты) в том случае, если какой-либо параметр выйдет за пределы допустимых значений.

Блокировочные устройства не дают возможности человеку попасть в опасную зону или устраняют на время пребывания человека в опасной зоне опасный фактор.

Работающий персонал, предупреждают сигнализирующие устройства о работе машин и оборудования, об отклонениях технологического режима от нормы или о непосредственной угрозе.

Производится соответствующая проверка оборудования, для исключения эксплуатации оборудования, которое соответствует требованиям безопасности, в его первичным использованием, и в процессе эксплуатации.

Испытания и специальные освидетельствования проводятся применительно к оборудованию повышенной опасности.

Функциональная диагностика - это важное место в увеличении безопасности и экологичности машин, установок. Основана она на текущем контроле функционирования технической системы.

Цель - фиксировать показания контрольно-измерительных приборов, которые регистрируют изменение рабочих параметров. Виброакустический метод - это один из методов функциональной диагностики . [27]

3.2 Экологическая безопасность на химическом производстве

Обеспечение экологической безопасности на территории Российской Федерации, это формирование и укрепление экологического правопорядка, которые основаны на действии федерального закона «Об охране

окружающей природной среды» с марта 1992 года в комплексе с мерами организационного, экономического и воспитательного воздействия на граждан, правового.

Этот закон содержит сводки правил охраны окружающей среды в новых условиях хозяйственного развития и регулирует природоохранные отношения в сфере всей природной среды, не выделяя при этом ее отдельные объекты, охране которых посвящено специальное законодательство.

К нормативам качества окружающей природной среды относятся предельно допустимые нормы воздействия (химического, физического, биологического):

- предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ,
- предельно допустимые выбросы (ПДВ) вредных веществ,
- предельно допустимые сбросы (ПДС) вредных веществ,
- нормы радиационного воздействия,
- нормы остаточных химических веществ в продуктах питания и др.

Нормативы, которые утверждаются в специально уполномоченных органах государства, а в частности Госсанэпиднадзором Российской Федерации, и обязательны для всех объектов хозяйствующих.

В систему экологического контроля входят:

- 1) государственная служба наблюдения за состоянием окружающей природной среды (мониторинг);
- 2) государственного контроля;
- 3) производственного контроля;
- 4) общественного контроля.

Мониторинг, который организуется с помощью наблюдения:

- за происходящими в окружающей природной среде физическими, химическими, биологическими процессами;
- за уровнем загрязнения атмосферы, воздуха, почв, водных объектов, последствиями влияния загрязнения на растительный и животный мир;
- за обеспечением заинтересованных организаций и населения текущей и экстренной информацией об изменениях в окружающей природной среде;
- за предупреждениями и прогнозами состояния окружающей природной среды. [28]

3.3 Охрана труда для химических и нефтехимических производств

Охрана труда — система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности. Включающая:

- 1) правовые,
- 2) «социально-экономические,
- 3) санитарно-гигиенические,
- 4) психофизические,
- 5) лечебно-профилактические,
- 6) реабилитационные.

Опасный производственный фактор — это фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья (ГОСТ 12.0.002—2003).

Вредным производственным фактором называется такой фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности. [24]



Рисунок 3.1 – Классификация вредных и опасных производственных факторов

Вредное вещество — вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности может вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания, так же отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые как в процессе, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Предельно допустимые концентрации (пдк) вредных веществ в воздухе рабочей зоны — это концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 40 ч в неделю в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдельные сроки жизни настоящего и последующих поколений (ГОСТ 12.1.005—88).

[29]

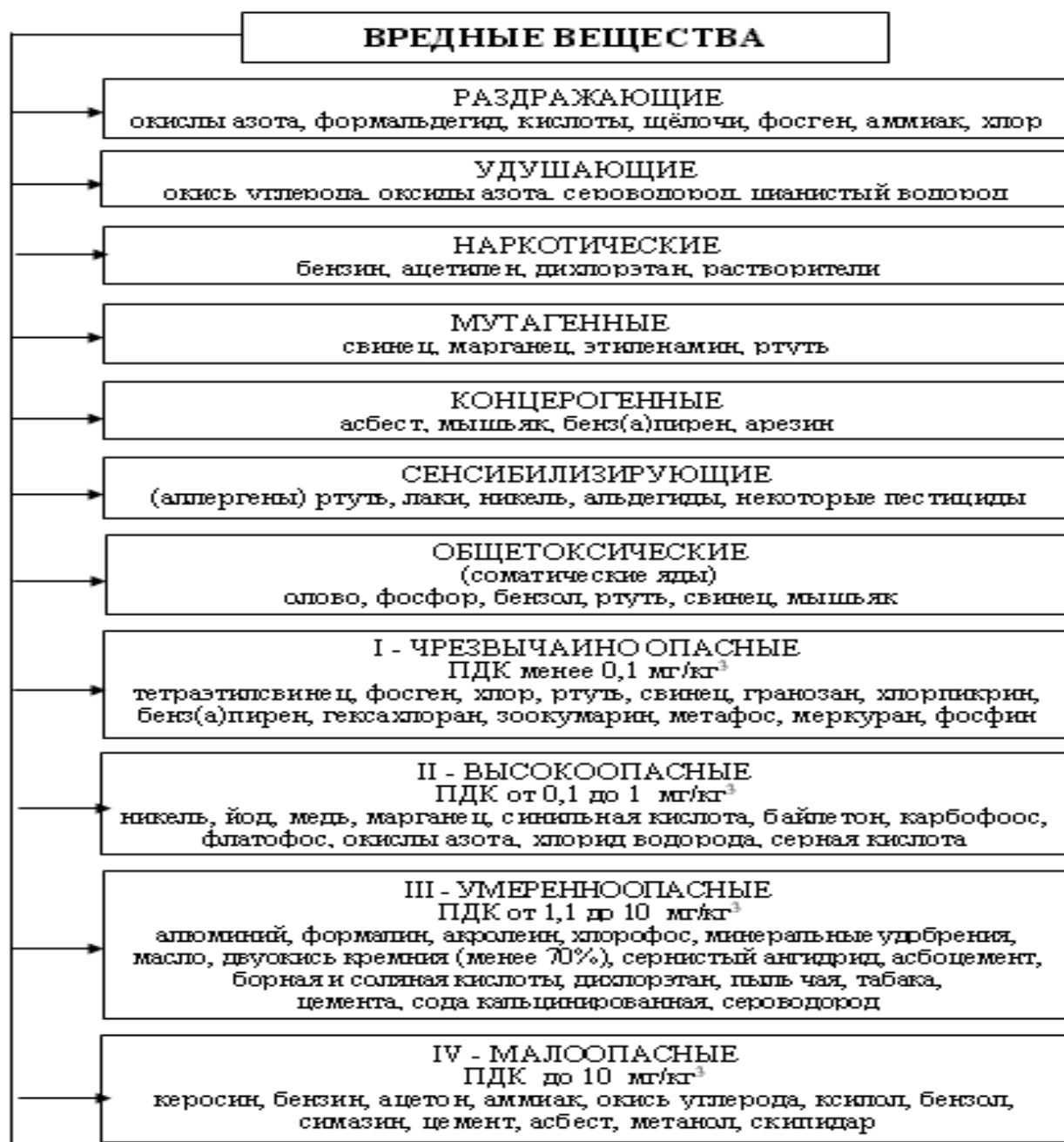


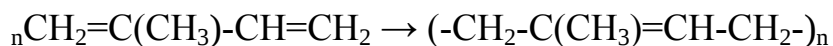
Рисунок 3.2 – Вредные вещества



Рисунок 3.3 – Льготы и компенсации за работу с вредными и опасными условиями труда, порядок их представления

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изопреновый каучук получают полимеризацией изопрена.



Натуральный каучук также является изопреновым каучуком. Поэтому синтетический изопреновый каучук, как и натуральный, обладает высокой эластичностью и прочностью. Применяют его в производстве шин, обуви, конвейерных лент, медицинских изделий.

При выполнении дипломного проекта были выполнены:

- разработана принципиальная схема установки дегазации полимеризата;
- выполнен материальный и тепловой расчет установки дегазации полимеризата;
- разработана система аналитического контроля и управления технологическим процессом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ЛИТРАТУРЫ

1. Аверко-Антонович, Л. А. Химия и технология синтетического каучука, учебник для вузов. М.: Колосс, 2008.- 357с.;
2. Богомолов, А.И., Гайле, А.А. Громова, В.В. Химия нефти и газа: Учеб. пособ. для вузов/Под ред. В.А. Проскурякова, А.Е. Драбкина. – 3-е изд. Доп. испр. – СПб: Химия, 1995.- 525 с.;
3. Приказ Ростехнадзора от 31.12.2014 N 631 "Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Требования к технологическим регламентам химико-технологических производств".
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств».
5. Инструкция ПИ-ИП-6-31-12 По обслуживанию установки дегазации полимеризата установка выделения СКИ ООО «Тольяттикаучук».
6. Кутепов, А.М., Бондарева, Т.И., Беренгартен, М.Г. Общая химическая технология: Учеб. пособие для техн.вузов . - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Высш.шк., 1990 -520 с.;
7. Рейхсфельд, В.О. Реакционная аппаратура и машины заводов основного органического синтеза и синтетического каучука / В.О. Рейхсфельд, В.С. Шеин, В.И. Ермаков. М: Химия, 1985. - 264 с.
8. Шеин, В.С. Выделение синтетических каучуков / В.С. Шеин, В.И. Ермаков. М.: Химия, 1977 - 152 с.

9. Шеин .С. и др. Процесс выделения и обезвоживания синтетических каучуков. / ВМ.: ЦНИИТЭ Нефтехим, 24. А.С. СССР №256732, 1969.1970. - 60 с.
10. Larson, R.G. The effect of fluid rheology on the elastic Taylor-Couette instability / R.G. Larson, S.J. Muller, E.S.G. Shaqfeh // J. Non-Newtonian Fluid Mech. 1994.-Vol. 51.-P. 195-225.
11. В.Г. Бочкарев, Г.С. Дьяконов, Системный анализ процесса водной дегазации СК / А.Ш. Зиятдинов, В.А. Кузнецов, А.В. Малыгин // Интенсификация химических процессов переработки нефтяных компонентов, 2001. 85-93 с.
12. Технологический регламент производства этиленпропиленового каучука в цехе выделения и сушки каучука завода СКИ-3 №1 (цех выделения №1509) ОАО «Нижнекамскнефтехим», 1997.
13. Brian, P.L.T. Transport of heat and mass between liquids and spherical particles in an agitator tank / P.L.T. Brian, H.B. Hales, T.K. Sherwood // Am. Inst. Chem. Engers. J. 1969. - V. 15. - P. 727-733.
14. Montante, G. Experiments and CFD predictions Of solid particle distribution in a vessel agitated with four pitched blade turbines / G. Montante, G. Micale, F. Magelli, A. Brucato, // Chemical Engineering Research and Design, 79, 8, 2001. p. 1005-1010
15. Способ выделения синтетических каучуков. Патент РФ №2249013 23.03.2005.
16. Способ выделения синтетических каучуков. Патент РФ №2255091. Оpubл. 27.11.2004.
17. Способ управления процессом водной дегазации изопренового каучука. Патент РФ №2180452 МПК C08C 2/06 опубл. 14.09.2012
18. Способ выделения синтетических каучуков. Патент РФ №2448121. Оpubл. 20.04.12.
19. Технологический регламент ТР ИП-6 ООО «Тольяттикаучук».

20. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности
Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением.
- 21.
22. ГОСТ Р 52857.1-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
23. ГОСТ Р 52857.2-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек.
24. Михалев, М.Ф., Третьяков, Н.П., Мильченко, А.И., Зобнин, В.В.Расчёт и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов втузов/;
25. Борисов, Г. С., Брыков, В.П., Дытнерский, Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/ и др. Под ред.Ю.И.Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн.- М.:Химия, 1991. - 496 с.;
26. Доманский, И.В, Исаков, В.П Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи: Учеб.пособие— Л.: Машиностроение, 1982.-384 с.;
27. Под общ.ред.М.Ф.Михалева. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. - 301 с., ил.;
28. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".
29. Федеральный закон от 17.07.1999 N 181-ФЗ (ред. от 09.05.2005, с изм. от 26.12.2005) "Об основах охраны труда в Российской Федерации"
30. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»