

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 «Модернизация установки получения бутылкачука»
по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология»
профиль «Химическая технология органических веществ»

Студент группы Петухов А.А. ХТбз_1231

Руководитель: к.х.н., Глухов П.А.

Консультант:

Допустить к защите :

Заведующий кафедрой: _____

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

Заведующий кафедрой

(подпись) Г.И. Остапенко
(И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение Бакалаврской работы

Студенту Петухову Андрею Александровичу

1. Тема: Модернизация установки получения бутилкаучука

2. Срок предоставления законченной готовой работы _____

3. Исходные данные к проекту (работе): установка концентрации, отжима и сушки каучука производительностью 2700 тонны в час.

4. Содержание текстового документа (перечень подлежащих разработке вопросов) 1. Теоретическая часть. 1.1 Общие сведения о получении бутилкаучука. 1.2 Технология производства бутилкаучука ООО «СИБУР Тольятти». 1.3 Особенности осуществления процесса сушки и обзор технологий. 1.4 Сравнение действующих технологических линий. 2. Технологическая часть 2.1 Характеристика сырья и готового продукта, стандартизация. 2.2 Разработка и описание аппаратурно-технологической схемы производства. 3. Расчётная часть. 3.1 Технологические расчёты 3.2 Расчёт оборудования.

5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

5.1. Химизм процесса получения МТБЭ на основе изобутиленсодержащей фракции

5.2. Технологическая схема базовая узла сушки

5.3. Сравнительная характеристика катализаторов синтеза МТБЭ

5.4. Общий вид оборудования до и после модернизации

5.5. Таблица материального баланса

5.6. Основные технико-экономические показатели

6. Консультанты

7. Дата выдачи задания на выполнение Бакалаврской работы – 26.02.2016г.

Руководитель _____ Глухов П.А.

Задание принял к исполнению _____ Петухов А.А.

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

Заведующий кафедрой

_____ Г.И. Остапенко
(подпись) (И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 20 ____ г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
бакалаврской работы**

Студента: Петухова А.А.

по теме: Модернизация установки получения бутилкаучука

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполне- нии	Подпись руководи- теля
Введение	19.04.2017	19.04.2017		
Теоретическая часть	29.04.2017	29.04.2017		
Технологическая часть	15.05.2017	15.05.2017		
Расчетная часть	20.05.2017	20.05.2017		
Выполнение чертежей:	7.06.2017	7.06.2017		
Выполнение плакатов	7.06.2017	7.06.2017		
Заключение	25.05.2017	25.05.2017		
Предварительная защита				
Оформление работы				

Руководитель выпускной _____ Глухов П.А.
квалификационной работы\ (подпись) (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению _____ Петухов А.А.
(подпись) (И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа 62 с., рисунков, таблиц, использовано 26 источников, 6 л. графического материала.

СУШКА, КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ, ЭКСТРУЗИЯ, ОТЖИМ, БУТИЛКАУЧУК, ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА

Цель работы – модернизация установки концентрирования крошки каучука для увеличения производительности узла концентрирования, отжима и сушки бутилкаучука.

Графическая часть выполнена на 6 листах и включает две технологические схемы установки, два чертежа концентраторов, результаты проведенных расчетов, физико-химические особенности осуществления процесса концентрирования, отжима и сушки бутилкаучука.

В теоретической части рассмотрены физико-химические основы процесса получения бутилкаучука в целом и в частности узла концентрирования, отжима и сушки крошки каучука. Показано, что существующая линия «Велдинг» имеет недостаток в конструкции концентратора, из-за которого снижается общая производительность стадии. Модернизация данной линии позволит повысить эффективность ее работы и производительность. В частности, предложены возможности замены существующего концентратора, на концентратор другой конструкции. Проведены технологические расчеты и конструкционные расчёты основных размеров концентратора.

РЕФЕРАТ

Выявлены и проанализированы патентные данные по технологии сушки крошки бутилкаучука.

Рассмотрены достоинства и недостатки существующих технологических линий узла концентрирования, отжима и сушки бутилкаучука ООО «Сибур Тольятти». Выявлена проблема в линии «Велинг», не позволяющая достигать заданной производительности.

Предложена и обоснована модернизация узла концентрирования, отжима и сушки бутилкаучука ООО «СИБУР Тольятти», в частности одной из производственной линии «Велдинг» за счёт замены концентратора на концентратор другой конструкции, что позволило увеличить производительность и уменьшить простои оборудования.

Предложены изменения в технологическую схему оформления процесса.

Работа представляет практический интерес для действующего предприятия. Результаты работы могут быть внедрены в существующую технологическую цепочку производства.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Теоретическая часть	8
1.1 Общие сведения о получении бутилкаучука	8
1.2 Технология производства бутилкаучука	9
1.3 Особенности процесса сушки и обзор технологий.	10
1.3.1 Общие сведения о сушке.....	10
1.3.2 Механизм сушки	11
1.3.3 Способы сушки	12
1.3.4 Способы сушки крошки каучука.....	14
1.4 Сравнение действующих технологических линий.....	23
1.4.1 Характеристика линии отечественного производства.....	24
1.4.2 Характеристика линии «Велдинг»	25
2. Технологическая часть	29
2.1 Характеристика сырья и готового продукта, стандартизация	29
2.2 Разработка аппаратурно-технологической схемы производства.	35
2.2.1 Базовая технологическая схема.....	35
2.2.2 Технологическая схема – прототип	40
3. Расчетная часть	49
3.1 Производительность линии и материальный баланс узла.....	49
3.2 Теловой баланс	50
3.3. Поверочный расчет концентратора.....	55
Заключение	56
Список использованной литературы	57

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение высокой производительности оборудования в химической промышленности позволяет сокращать производственные издержки и уменьшать себестоимость продукции. Простои оборудования на чистку и ремонт играют существенную отрицательную роль в экономике химического предприятия.

Цель работы – модернизация установки концентрирования крошки каучука для увеличения производительности узла концентрирования, отжима и сушки бутилкаучука.

При эксплуатации линии «Велдинг» ООО «СИБУР Тольятти» выявлен существенный недостаток, а именно забивка и вследствие этого остановка насосов, подающих крошку каучука из приёмного аппарата в экструдер отжима. Это происходит из-за того, что ввиду физико-химических особенностей процесса при подаче крошки из аппарата в экструдер происходит концентрация (агрегация) крошки за счет разности плотностей воды и крошки каучука.

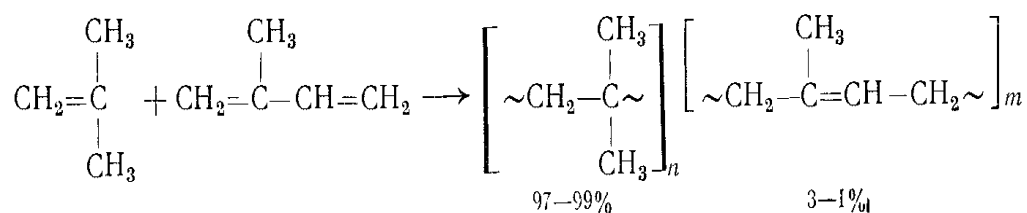
Устранение данного недостатка является объектом модернизации в данной работе.

Задачами работы являются анализ теоретического материала по данной проблеме, сравнение действующих технологических решений, проведение необходимых расчетов.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Общие сведения о получении бутилкаучука

Бутилкаучук - продукт сополимеризации изобутилена и небольшого количества изопрена в присутствии трихлорида алюминия в метилхлориде или комплексного катализатора на основе алюминийорганического соединения в изопентане при низкой температуре [1, 2]:



Известно два промышленных процесса получения бутилкаучука. Первый, принятый во многих странах мира, заключается в полимеризации мономеров в среде растворителя (метилхлорида или этилхлорида), не растворяющего каучук. Получаемая дисперсия полимера в растворителе имеет низкую вязкость, чем раствор каучука такой же концентрации, и поэтому удается применять повышенные концентрации мономеров в исходной шихте (22-35% масс.).

Второй способ получения бутилкаучука, разработанный в нашей стране, имеет много общих черт с типовыми процессами синтеза растворных каучуков. Он состоит в полимеризации под действием алюминийорганических катализаторов в среде углеводородного растворителя (изопентан), растворяющего каучук. В качестве сокатализатора в этом случае используют стехиометрические количества воды. Хотя при этом способе не достигается высокой концентрации полимера в полимеризате (не более 12% (масс.)) из-за его высокой вязкости, этот процесс имеет ряд ценных преимуществ перед суспензионным методом:

Появляется возможность проведения процесса при более высоких температурах от -70 до -90 °С, тогда как в суспензионном методе, температура должна быть не выше -90 ÷ -100 °С;

Промышленное производство бутилкаучука в растворе было начато в г. Тольятти в 1982 г. Полимеризацию проводят в углеводородном растворе при температуре от минус 60 до минус 90°С с использованием в качестве катализатора протонированных комплексов алюминийорганических соединений. В настоящее время на данном предприятии производство бутилкаучука осуществляется сополимеризацией изобутилена и изопрена в среде хлористого этила и изопентана с применением водной дегазации.

1.2 Технология производства бутилкаучука

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 БК-5 [3] и БК-6 [4] производства синтетического бутилкаучука ООО «СИБУР Тольятти».

Технологический процесс производства бутилкаучука состоит из следующих стадий [3, 4]:

- 1 Прием и использование изопентана, нефраса.
- 2 Азеотропная осушка и ректификация возвратной фракции от тяжелых углеводородов.
- 3 Приготовление и охлаждение углеводородной шихты.
- 4 Прием и дозировка катализаторного раствора.
- 5 Сополимеризация изобутилена с изопреном.
- 6 Промывка полимеризаторов.
- 7 Дегазация раствора бутилкаучука.
- 8 Выделение, сушка и упаковка каучука.
- 9 Приготовление суспензии антиоксиданта и антиагломератора.
- 10 Охлаждение, компримирование и конденсация возвратных углеводородов.

11 Отмывка возвратных углеводородов от метанола и выделение метанола из промывных вод.

12 Конденсация и абсорбция углеводородов из газов стравливания.

13 Получение холода с параметрами 0°C и минус 40°C (пропановый контур).

14 Получение холода с параметром минус 110°C (этиленовый контур).

15 Прием пара, сбор и перекачка парового конденсата и система обогрева.

16 Снабжение оборотной водой, умягченной и пожарно-хозяйственной водой.

17 Снабжение воздухом КИП, технологическим воздухом, азотом низкого давления (НД), азотом высокого давления (ВД) и сброс на факел и в канализацию.

В данной работе рассматривается подробно стадия выделения, сушки и упаковки каучука. Модернизация этой стадии направлена на аппарат концентрирования крошки каучука.

1.3 Особенности процесса сушки и обзор технологий.

Узел концентрации, отжима и сушки каучука предназначен для приема из отделения дегазации пульпы каучука (крошка каучука в воде), ее концентрации, отжима и сушки [3].

1.3.1 Общие сведения о сушке

Сушка представляет собой процесс массопереноса, состоящий в удалении воды или другого растворителя [5, 6] путем выпаривания из твердого, полутвердого или жидкого вещества. Этот процесс часто используется в качестве конечного этапа производства перед продажей или упаковкой. Чтобы считаться «высушенным», конечный продукт должен быть твердым, в виде сплошного листа (например, бумаги), длинных кусков (например, древесины), частиц (например, зерновых культур или кукурузных

хлопьев) или порошка (например, песок, соль, стиральный порошок, сухое молоко). Часто используется источник тепла и средство для удаления пара, образующегося в процессе. Высушивание может быть синонимом сушки или считается крайней формой сушки.

В наиболее распространенном случае поток газа, например воздух, получает тепло конвекцией и уносится в виде пара. Другой способ - вакуумная сушка, где тепло подается посредством проводимости или излучения (или микроволн), в то время как полученный таким образом пар удаляется вакуумной системой. Другой косвенный метод - барабанная сушка, где нагретая поверхность используется для обеспечения энергии, а аспираторы вытягивают пар за пределы помещения. Напротив, механическое извлечение растворителя, например воды, путем центрифугирования, не считается «сушкой», а скорее «дренированием».

1.3.2 Механизм сушки

В некоторых продуктах, имеющих относительно высокое начальное содержание влаги, начальное линейное снижение среднего содержания влаги продукта в зависимости от времени может наблюдаться в течение ограниченного времени, часто называемого «периодом постоянной сушки». Обычно в этот период происходит удаление поверхностной влаги за пределы отдельных частиц. Скорость сушки в течение этого периода в основном зависит от скорости передачи тепла к сушащемуся материалу. Поэтому максимальная достижимая скорость сушки ограничивается теплопередачей. Если сушка продолжается, наклон кривой скорости сушки, становится менее крутой (период падения) и в конечном итоге стремится к почти горизонтальной в течение очень длительного времени. Затем содержание влаги в продукте остается постоянным при «равновесном содержании влаги», где оно на практике находится в равновесии с дегидратирующей средой. В период падения скорости миграция воды из внутренней поверхности продукта на поверхность происходит в основном за счет молекулярной

диффузии, т.е. Поток воды пропорционален градиенту содержания влаги. Это означает, что вода перемещается из зон с более высоким содержанием влаги в зоны с более низкими значениями, что объясняется вторым законом термодинамики. Если удаление воды является значительным, продукты обычно подвергаются усадке и деформации, за исключением хорошо разработанного процесса сублимационной сушки. Скорость сушки в периоде падающей скорости регулируется скоростью удаления влаги или растворителя из внутренней части высушенного твердого вещества и называется «ограниченным массопереносом». Это широко отмечается в гигроскопических продуктах, таких как фрукты и овощи, где сушка происходит в период падения с постоянным периодом сушки, который считается незначительным. [7]

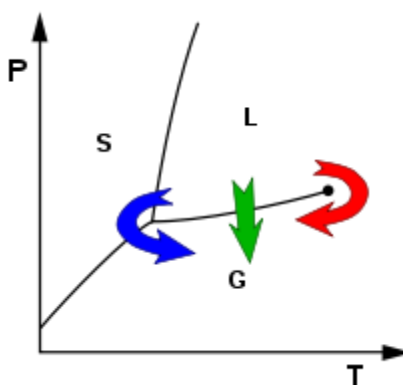


Рис. 1.1 Фазовая диаграмма.

На типичной фазовой диаграмме (рис. 1.1) граница между газом и жидкостью проходит от тройной точки до критической точки. Регулярная сушка - это зеленая стрелка, а надкритическая сушка - красная стрелка, а сушка вымораживанием - синяя.

1.3.3 Способы сушки

Ниже приведены некоторые общие методы сушки [8]:

1). Применение горячего воздуха (конвективная или прямая сушка). Обогрев воздухом увеличивает движущую силу для передачи тепла и ускоряет сушку. Это также снижает относительную влажность воздуха, что

еще больше увеличивает движущую силу для сушки. В период сушки данным методом, когда падает содержание влаги, твердые вещества нагреваются, и более высокие температуры ускоряют диффузию воды изнутри твердого тела на поверхность. Однако из соображений качества продукта возможное повышение температуры воздуха ограничивают. Чрезмерно горячий воздух может почти полностью обезвоживать твердую поверхность, так что ее поры сжимаются и почти закрываются, что приводит к образованию коры или «упрочнению», что обычно нежелательно.

2). Косвенная или контактная сушка (нагревание через горячую стенку), например барабанная сушка, вакуумная сушка. Опять же, более высокие температуры стенки ускоряют сушку, которая ограничивается температурой деградации (разложения) продукта или упрочнением поверхности.

3). Диэлектрическая сушка (радиочастота или микроволны, поглощаемые внутри материала) в настоящее время применяется в современных научных исследованиях. Она может также использоваться для сушки воздуха или вакуумной сушки. Исследователи обнаружили, что скорость сушки с помощью микроволнового излучения намного быстрее классических методов сушки.

4). Сушка вымораживанием или лиофилизация представляет собой способ сушки, когда растворитель замораживают перед сушкой и затем сублимируют, то есть пропускают в газовую фазу непосредственно из твердой фазы, ниже температуры плавления растворителя [9]. Он все чаще применяется для сухих пищевых продуктов, помимо уже классических фармацевтических или медицинских областей применения. При этом сохраняются биологические свойства белков, сохраняются витамины и биологически активные соединения. Давление может быть уменьшено с помощью высоковакуумного насоса (хотя сухая сушка при атмосферном давлении возможна в сухом воздухе). При использовании вакуумного насоса пар, образующийся при сублимации, удаляется из системы, превращаясь в

лед в конденсаторе, работающем при очень низких температурах, вне камеры лиофилизации.

5). Сверхкритическая сушка (сушка перегретым паром) включает сушку паром продуктов, содержащих воду. Этот процесс возможен, поскольку вода в продукте вскипает и соединяется с сушильной средой (перегретый пар), увеличивая ее поток. Обычно он используется в замкнутом контуре и позволяет восстановить часть скрытой теплоты путем рекомпрессии, что невозможно, например, при обычной сушке на воздухе. Способ имеет потенциал для использования в пищевых продуктах, если их проводят при пониженном давлении, чтобы снизить температуру кипения.

6). Естественная сушка на воздухе происходит, когда материалы высушиваются с помощью атмосферного воздуха. Процесс медленный и зависящий от погоды, поэтому необходимо учитывать следующие условия: температура воздуха, относительная влажность и влажность и температура материала, который высушивается.

1.3.4 Способы сушки крошки каучука

На большинстве химических предприятий общепринятый процесс сушки синтетического каучука осуществляется путем концентрирования водной пульпы, отделения каучука от воды, отжима ее из каучука в червячной отжимной машине.

В зависимости от конкретного предприятия или от принятой технологии, процесс сушки может отличаться от общепринятого. Отличия чаще заключаются в аппаратном оформлении и реже в стадиях процесса.

Наличие трёх стадий (концентрирование, отжим и сушка) обосновано тем, что при интенсивном высушивании, например, за одну или две стадии, каучук может потерять товарные свойства. Главным отрицательным эффектом является повышение температуры сушки [10-12], а также нагрузка на отжимную машину (в случае отсутствия концентратора).

Так, авторами [10] предложен такой способ сушки синтетических каучуков, который осуществляется в червячных сушильных агрегатах методом сброса давления. Метод включает концентрирование дисперсии каучука в воде (пульпа), отделение каучука от воды в концентраторе, отжим из каучука воды в отжимной машине, а затем сжатие и разогрев каучука в сушильной машине, далее шприцевание нагретого каучука в зону атмосферного давления, обработку каучука горячим воздухом на стадии окончательной сушки и охлаждения. При этом отличительной особенностью предлагаемого процесса продолжительность шприцевания каучука в зону атмосферного давления выдерживают равной эффективному времени релаксации каучука.

Предлагаемый способ сушки синтетических каучуков в червячных сушильных агрегатах методом сброса давления осуществляют по приведенной схеме следующим образом.

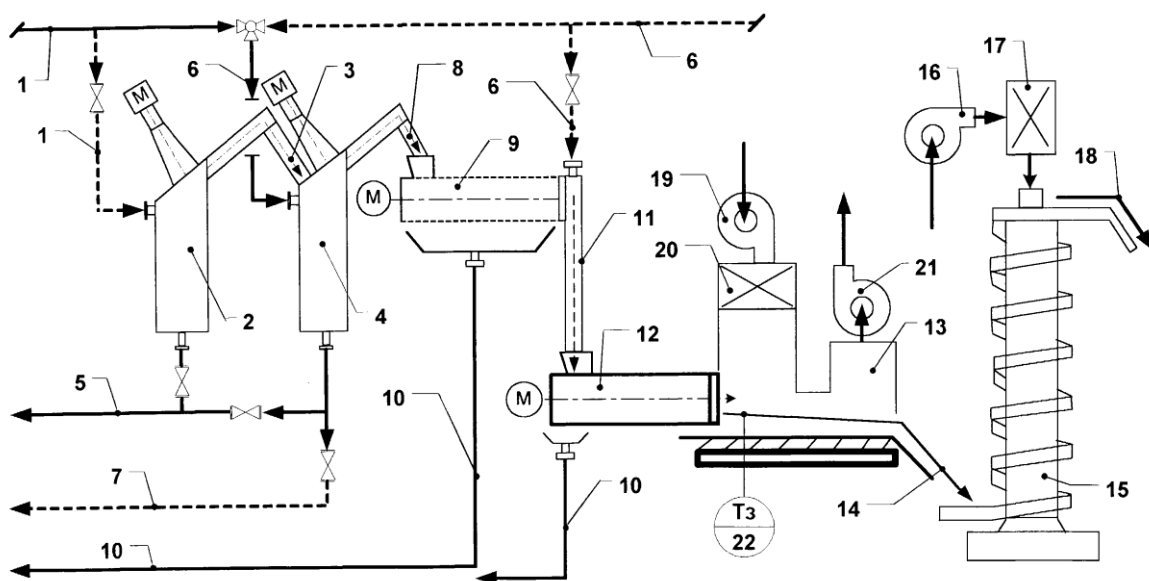


Рис. 1.2. Технологическая схема процесса сушки каучука

Пульпу крошки каучука в воде по линиям 1 подают в концентратор 2, где ее отделяют от воды и направляют по линии 3 в концентратор 4. Свободную от каучука воду по линии 5 направляют на технологические нужды или после очистки сливают в химически загрязненную канализацию (ХЗК). В концентраторе 4 крошку каучука обрабатывают частично

умягченной водой или водным конденсатом паров дегазации, подаваемыми по линиям 6, после чего отделяют от каучука и по линии 7 направляют на технологические нужды, например для отмывки полимеризата от каталитического комплекса. Прием пульпы каучука в концентратор 2 осуществляют при необходимости с целью извлечения из каучука водорастворимых примесей, образующих концентрированные водные растворы, имеющие температуру кипения выше, чем у воды. В случае сушки низкотемпературных каучуков прием водной пульпы каучука осуществляют в концентраторе 4, а концентратор 2 используют как резервный. Из концентратора 4 каучук по линии 8 направляют в червячную отжимную машину 9 на отжим воды, которую выводят по линии 10. Из червячной машины 9 каучук по линии 11 направляют в червячную сушильную машину 12, где его сжимают, разогревают и шприцуют в вибросушилку 13. Из вибросушилки 13 каучук по линии 14 подают на виброподъемник 15, где каучук обдувают воздухом, подаваемым вентилятором 16 и нагреваемым в калорифере 17, и по линии 18 подают на упаковку. В вибросушилку 13 вентилятором 19 через калорифер 20 подают воздух, массовый расход которого выдерживают в отношении от 3 до 8 от массы паров воды, образующихся при сбросе давления. Отработанный воздух вентилятором 21 направляют на обезвреживание от содержащихся в нем углеводородов. Кроме того, в начале вибросушилки 13 измеряют температуру каучука измерительным устройством 22 и в случае ее отклонения от заданного значения, каучук дополнительно обрабатывают частично умягченной водой или водным конденсатом паров дегазации, подаваемыми по линии 6 в линию 11.

Иностранцами исследователями [13] предлагается способ сушки синтетических каучуковых материалов, который включает контактирование влагосодержащего синтетического каучукового материала с перегретым паром при температуре, которая выше, чем температура конденсации пара, такая температура конденсации выше 100 °С и до 500 °С. Этот способ

позволяет снизить содержание воды в синтетическом каучуковом материале до низкого уровня при повышенных температурах в течение короткого промежутка времени и, следовательно, особенно подходит для сушки резины, которая склонна к ухудшению при нагревании на воздухе и становится очень липкой.

Согласно данному изобретению резиновый материал контактирует с перегретым паром при температуре, превышающей температуру конденсации пара, которая составляет более 100 °С, но менее 500 °С, предпочтительно до 200 °С, чтобы, таким образом, высушить материал до содержания воды 0,5% масс. или менее в короткие промежутки времени.

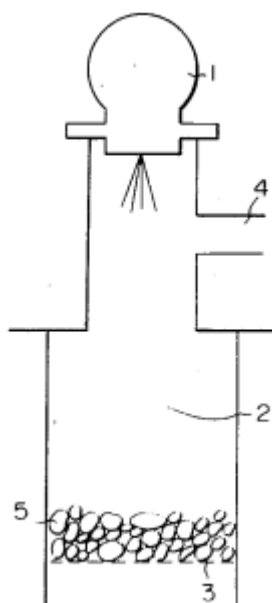


Рис. 1.3 Устройство для сушки перегретым паром

Гранулы влажного полиизопренового каучука с содержанием влаги около 38% загружают в экструзионную сушилку, снабженную матрицей диаметром 1,6 мм, и экструдировали, поддерживая температуру материала при 130 °С. Для образования гранул каучука с содержанием воды 6,0%.

Затем гранулы помещали на сетку 3 устройства, показанного на рис. 1.3, и сушили путем введения перегретого пара или нагретого воздуха из впускного отверстия 4.

Авторы следующего изобретения применяют для сушки синтетического каучука экструдер [14]. В соответствии с изобретением такая дополнительная обработка включает стадии экспрессии жидкости из крошек в зоне сжатия в условиях, вызывающих увеличение материала в зависимости от температуры крошки. Затем подача крошки в зону подогрева и экструдирование нагретых крошек в зону дегазации, характеризующуюся определенной температурой и вакуумом, достаточно высоким, чтобы обеспечить испарение практически всей удерживаемой жидкости. Если необходимо, экструдированный продукт может быть восстановлен до формы хлопьев, стружки или гранул. Как правило, хлопья, стружки или гранулы могут быть подвергнуты дальнейшей стадии сжатия (прессовки) в брикеты.

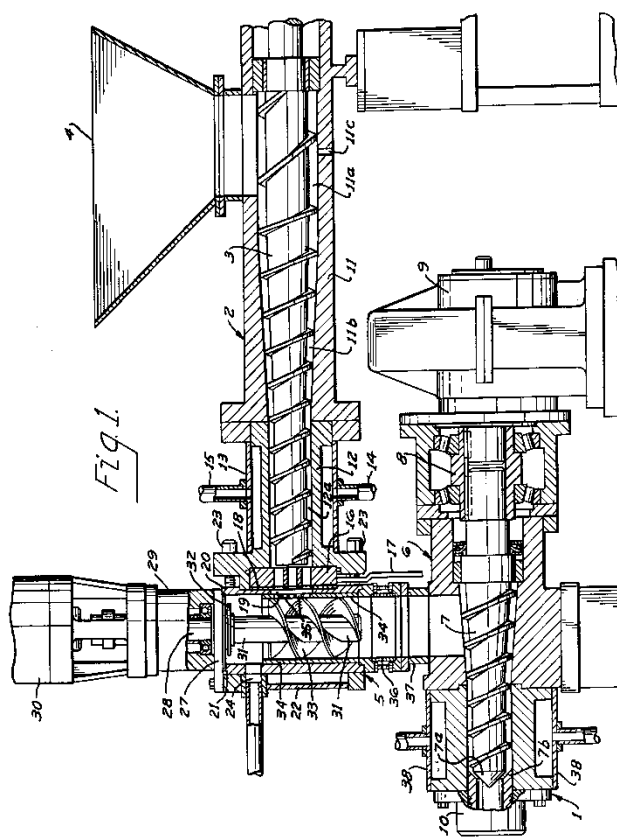


Рис. 1.4 Устройство экструдера

На рис. 1.4 показано устройство в целом, которое обозначено 1. Формируемая часть устройства представляет собой экструдер с первой ступенью, приводимый в действие двигателем 2. Экструдер оборудован, как показано на рисунке, конусным экструзионным винтом 3. Эмульсионные

полимерные крошки, такие как, например, крошки бутилкаучука, подают через бункер 4. Из экструдера первой стадии объединенный продукт поступает в закрытую камеру, обычно обозначенную 5, которая имеет форму горла. При такой обработке продукт экструзии первой ступени превращается в хлопья, стружки или гранулы. После выхода из зоны, в которой выполняется стадия измельчения, измельченный продукт переходит к экструдеру второй ступени 6. Осевая линия последней может необязательно параллельна осевой линии экструдера 2 первого этапа, как показано на рис. 1.4. Как и экструдер 2, экструдер 6 снабжен коническим экструзионным винтом 7, приводимым в движение через подходящие соединительные средства 8 от электродвигателя 9. На выпускном конце экструдера 6 объединенный продукт второй стадии экструзии вытесняется через обычную экструзионную головку 10, оборудованную соответствующим штампом (не показан на рисунке), который дает изделию желаемое поперечное сечение, круглое или некруглое.

Следующий патент [15], в отличие от предыдущих, где используются классические аппараты, относится к средствам и способам извлечения твердых полимеров в почти сухом состоянии с помощью водоотталкивающего покрытия.

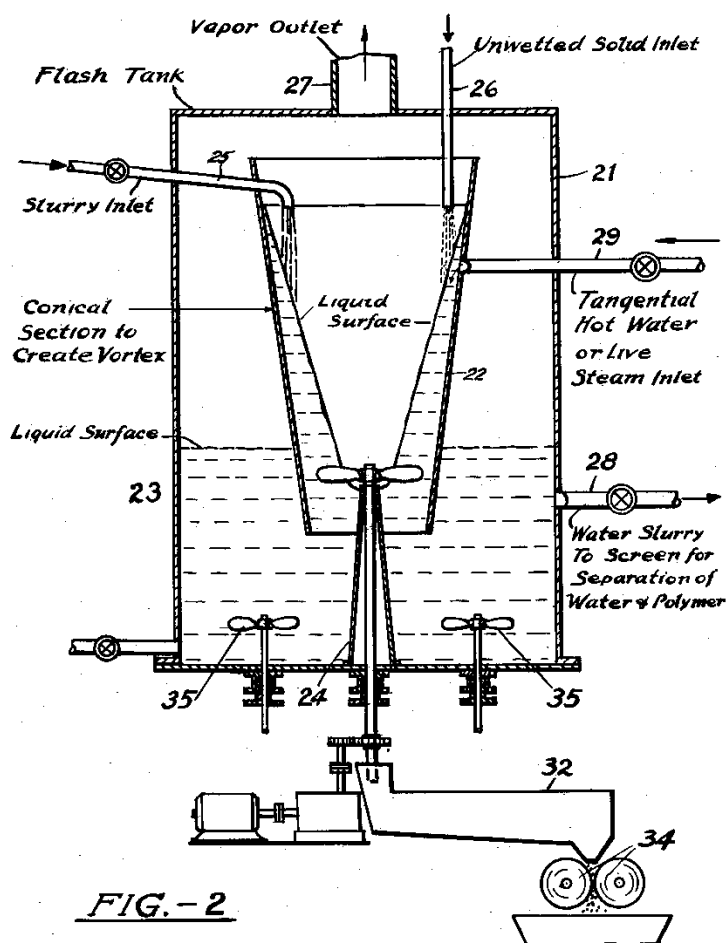


Рис. 1.5 Устройство сушильного аппарата

Сущность изобретения заключается в том, что извлечение каучука осуществляется за счёт формирования быстрого вихря или другого быстрого, плавно протекающего потока воды, и, одновременно падающего на поток или вихря небольшого количества вещества (такого, как стеарат цинка). Указанное вещество легко адсорбируется на поверхность полимерных частиц, одновременно смачивается водой и оказывает сильное водоотталкивающее действие, снижая стойкость суспензии и затем разделяя покрытие полимерных частиц с поверхности потока любым удобным способом.

Данный способ особенно эффективно применим к низкотемпературному сополимеру с большей долей изобутилена, такого как изопрен, полученный поликонденсацией в низкипящем разбавителе или разбавителе-хладагенте, таком как этил или метилхлорид или этан или

этилен или тому подобное, путем нанесения на смесь изобутилена с изопреном или т.п. в разбавителе раствора хлорида алюминия, предпочтительно примерно при 100 ° С. Полученный полимер затем доставляется в поток или вихрь тёплой воды вместе с источником водоотталкивающего покрытия. Этот процесс аналогичным образом применим к аналогичным полимерным суспензиям, как в неводной жидкости, так и в водной жидкости.

Ещё одной альтернативой экструдеру в процессах сушки является червячная машина. Сущность изобретения [16] заключается в следующем: червячная машина содержит корпус с расположенным в нем червячным валом. Корпус состоит из секций, таких как сжатия, отжима и нагрева полимерного материала с фильтрующей поверхностью.

На выходном торце корпуса установлена фильерная плита. Для подачи синтетического материала в червячной машине имеется загрузочная воронка, выполненная в виде штуцера. В зоне соприкосновения загрузочной воронки с корпусом установлен аксиально червячному валу фильтровальный цилиндр. Для устранения зазора между витком червяка и внутренней поверхностью фильтровального цилиндра в указанной зоне на червячном валу смонтирована эластичная вставка.

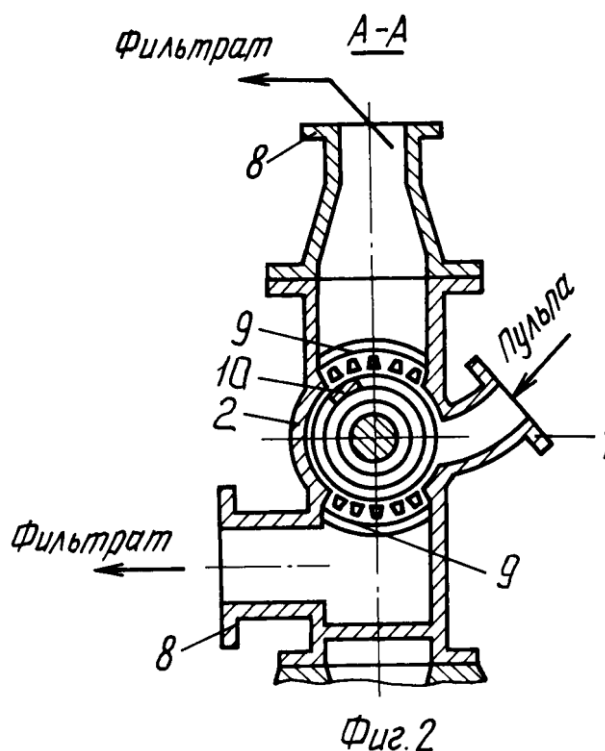


Рис. 1.6 Червячная машина

В червячной машине для подачи материала содержится загрузочная воронка 1. В корпус 2 смонтирован червячный вал 3, который состоит из секций сжатия 4, отжима 5 и нагрева 6 материала. Каждая из секций 4-6 имеет фильтрующую поверхность. Червячная машина имеет фильерную плиту 7, установленную на выходном торце корпуса 2, и средство 8 для отвода фильтрата. Загрузочная воронка 1 для подачи синтетического материала выполнена в виде штуцера, который соединен герметично с технологическим трубопроводом. Средство для отвода фильтрата также выполнено в виде штуцера, соединенного герметично с технологическим трубопроводом. В червячной машине содержится средство для фильтрации полимерного материала, выполненное в виде фильтровального цилиндра 9, смонтированного аксиально червячному валу 3 в зоне сопряжения загрузочной воронки 1 с корпусом 2. Для устранения зазора между витком червяка и внутренней поверхностью фильтровального цилиндра 9 на червячном валу 3 смонтирована эластичная вставка 10. Торец червячного вала 3 уплотнен сальником 11. В корпусе 2 смонтированы рыхлители 12,

установленные между витками червячного вала 3 в секциях 4-6. Фильтрующая поверхность секций 4-6 выполнена в виде фильтрующего цилиндра 13.

Таким образом, разнообразие аппаратного оформления процесса сушки обуславливается разнообразием способов сушки. Однако, наиболее распространенными аппаратами для сушки каучука являются экструдеры, отжимные (в том числе червячные) машины. Большинство процессов сушки проходят в несколько стадий, так как при быстром высушивании вследствие большого градиента температуры ухудшаются свойства полимерного материала. Вследствие этого на каждую стадию необходим отдельный аппарат, который производит высушивание до определенного содержания влаги.

1.4 Сравнение действующих технологических линий

В данном пункте работы рассмотрим в общих чертах действующие технологические линии процесса сушки бутылкаучука на предприятии ООО «СИБУР Тольятти» [3, 4].

Процесс сушки и упаковки бутылкаучука осуществляется на трех технологических линиях:

- две линии отечественного производства – ЛК-4/2 проектной производительностью по 3,0–4,0 т/ч каучука каждая;

- одна линия – производительностью также 3,0–4,0 т/ч фирмы «Велдинг», которая была установлена и введена в эксплуатацию в 2013 году в соответствии с проектом технического перевооружения производства бутылкаучука, разработанным ООО «БизнесХим» в 2010 году. Линия была установлена с целью стабилизации работы отделения сушки и упаковки каучука установки БК-6 при наращении мощности производства бутылкаучука.

1.4.1 Характеристика линии отечественного производства

Линии отечественного производства предназначены для концентрации, отжима, прессования и упаковки каучука. Являются 1-й и 2-й линиями выделения.

Кратко рассмотрим технологический процесс.

Сначала пульпа каучука (крошка каучука в воде) подается в концентратор. За счет разности плотностей воды и крошки каучука, каучук всплывает и концентрируется в верхней части концентратора. В верхней части концентратора установлена вращающаяся грабельная мешалка, с помощью которой крошка каучука подается на шнековый транспортер.

Шнековым транспортером крошка каучука с влажностью ~ 50-60% по выходному коробу подается в приемный питатель отжимной машины. Избыточная вода через отверстия в корпусе шнекового транспортера сливается в концентратор.

Отжим крошки каучука до влажности 10-15% осуществляется в отжимной машине давлением, создаваемым червячным валом отжимной машины. Одновременно шнековый вал перемещает каучук в сторону фильерной доски. При выходе из отжимной машины через чоковые отверстия фильерной доски, каучук разрезается на гранулы ножом, смонтированным на конце отжимного вала. Далее гранулы каучука попадают в приемный питатель следующей отжимной машины.

В отжимной машине каучук отжимается до влажности 7-11%.

В зависимости от марки (вязкости по Муни) каучука и требуемой степени отжатия влаги из каучука величина чоковых отверстий на фильерной доске отжимных машин №1 и №2 регулируется (перекрывается) вручную клиновыми задвижками. Отжатая из крошки каучука вода через щелевые отверстия между пластинами (колосниками) корпуса-фильтра отжимных машин сливается в поддоны отжимных машин и далее через серию аппаратов вода подается обратно в концентратор.

Из отжимной машины №2 гранулы каучука поступают в приемный питатель сушильной машины. Постепенно, по мере прохождения каучука через сушильную машину, температура его повышается, доходя на выходе до температуры $\sim 190^{\circ}\text{C}$ (не более 230°C) при давлении до 30 кгс/см^2 . Нагрев крошки каучука происходит за счет сжатия (давления), создаваемого шнековым валом и за счет тепла механического вращательного движения вала. Разрывные болты сушильной машины предотвращают проворачивание массы каучука в корпусе сушильной машины.

Из-за большого давления $\sim 30 \text{ кгс/см}^2$ (3МПа) в корпусе сушильной машины (следовательно и в каучуке) и прогреве каучука до температуры 190°C влага, находящаяся в нем, не испаряется, а находится в массе каучука в перегретом состоянии. При выходе из сушильной машины давление в каучуке резко падает до атмосферного, влага мгновенно испаряется. Во избежание повторной конденсации испарившейся влаги на каучуке, в сушильную камеру приточным вентилятором подается воздух, подогреваемый в калорифере до температуры 110°C - 130°C .

Сухая крошка виброконвейером сушильной камеры А-704 подается на виброподъемник. На виброподъемнике крошка каучука охлаждается воздухом до температуры 70 - 80°C .

Таким образом, в данной линии процесс сушки осуществляется в три стадии в следующих аппаратах:

- концентратор (стадия концентрирования)
- отжимная машина №1 (стадия отжима)
- отжимная машина №2 (стадия отжима)
- сушильная камера (стадия сушки)

1.4.2 Характеристика линии «Велдинг»

Линия Велдинг предназначена для концентрации, отжима, прессования и упаковки каучука. Является 3-й линией выделения.

Линия выделения и сушки синтетического бутилкаучука «Велдинг» с производительностью до 4000 кг/час по выходу готового продукта предназначена для:

- приема водной суспензии бутилкаучука (~ 96% воды) в аппарат концентрирования крошки (либо в отжимную машину);
- непрерывной сушки и точного взвешивания;
- прессования крошки каучука в брикеты;
- механического отбора проб;
- автоматической упаковки брикетов каучука в полиэтиленовую пленку;
- транспортировки брикетов каучука на склад готовой продукции.

Кратко рассмотрим технологический процесс.

Пульпа каучука (крошка каучука в воде) с узла дегазации насосом подается в приёмный аппарат (либо в приемное сито отжимной машины). Температура циркуляционной воды 80-95°C (без кипения в питающей емкости). Приёмный аппарат (далее по тексту просто аппарат) герметично закрыт, в котором установлено 3-х лопастное перемешивающее устройство для активного перемешивания и предотвращения слипания крошки каучука. Избыток воды через уровнемерный карман (расположенный внутри аппарата) сливается самотеком в емкость и далее в циркуляционный контур систем дегазации. Схемой предусмотрена подача технологического воздуха для барботирования пульпы в аппарате для предотвращения слипания крошки и образования комков.

Подача пульпы из аппарата в экструдер отжима (SDU) производится насосом. Пульпа подается на приёмный стол экструдера отжима, где распределяется равномерно на поверхности сита, наклоненного под углом в 45 градусов. Сито состоит из двух вертикальных секций (панели), которые легко снимаются в случае необходимости быстрой замены. Сито разделено на две части и к нему имеется свободный доступ со стороны оператора.

Наклонное сито экструдера отжима (SDU) выполняет роль концентратора крошки. Крошка отделяется от свободной воды и попадает в питающую секцию шнека обезвоживания, который находится в питающем цилиндре.

Шнек, наклоненный под углом в 5 градусов, имеет специальную конструкцию, позволяющую принимать крошку с ситчатой панели и подавать ее в секцию сжатия экструдера. Ниже питающего шнека предусмотрен узел фильтрации. Это дает возможность оставшейся свободной воде, а также, воде, вытекающей из конической части цилиндра, выходить без потери твердых частиц (крошки каучука). Вода из обеих секций сита сливается в общий поддон и далее поступает в емкость, откуда насосом откачивается в аппарат– общую систему циркуляционной технологической воды. Секция сжатия экструдера отжима состоит из конического шнека, который находится в коническом цилиндре, заканчивающемся прямым шнеком в прямой секции цилиндра. Внутренняя часть цилиндрической секции цилиндра экструдера имеет канавки, а внутренняя часть конической секции по ходу потока оснащена решетками. Лопастей шнека в его конической части имеют отверстия, через которые вода, отжатая из крошки, течет навстречу потоку поступающей крошки каучука и стекает в питающую емкость.

Небольшое клиновидное сито расположено в начале конической секции. Оно регулируется таким образом, чтобы шнек постоянно очищал его поверхность. Назначением этого сита является дренаж воды, текущей в обратном направлении навстречу потоку поступающей крошки каучука. Выходной конец цилиндра оснащен изменяемой фильерной головкой. Фильерная головка - это устройство контроля температуры. Влажный каучук под давлением проходит через отверстия матрицы. Та часть матрицы, которая находится ниже по потоку, может вращаться. Дистанционно управляемый механизм - регулятор положения фильеры - обеспечивает очень медленное вращение этой части матрицы. Это ведет к несовпадению

отверстий матрицы, что изменяет общую свободную поверхность матрицы и тем самым регулирует давление и температуру в экструдере. Экструдер отжима отжимает каучук до влажности 5-10% за счет эффекта сита, частично за счет механического отжима и подает обезвоженный каучук в форме частиц приемлемого размера в качестве исходного материала для экструдера сушки (или просто экструдера). Экструдер–двухшнековый (экструдер сушки) (DWD) принимает обезвоженную крошку с экструдера отжима (SDU) по приемному желобу и выгружает ее через регулируемые отверстия фильтры в турбулятор, где происходит измельчение каучука резакон и транспортировка гранул в приемный питатель сушильной камеры (TCU) с помощью компрессора.

Таким образом, в данной линии (линии «Велдинг») процесс сушки осуществляется в три стадии в следующих аппаратах:

- приёмный аппарат (выполняет функции концентратора)
- экструдер отжима (стадия отжима)
- экструдер сушки (стадия отжима)
- сушильная камера (стадия отжима)

При эксплуатации данной линии выявлен существенный недостаток, а именно забивка и вследствие этого остановка насосов, подающих крошку каучука из приёмного аппарата в экструдер отжима. Это происходит из-за того, что ввиду физико-химических особенностей процесса при подаче крошки из аппарата в экструдер происходит концентрация (агрегация) крошки за счет разности плотностей воды и крошки каучука.

Устранение данного недостатка является объектом модернизации в данной работе.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Характеристика сырья и готового продукта, стандартизация

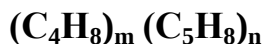
Бутилкаучук представляет собой продукт сополимеризации изобутилена с изопреном в среде изопентана и хлористого этила с применением водной дегазации для удаления растворителя и незаполимеризовавшихся мономеров.

Бутилкаучук выпускается трех марок: БК-1675М, БК-1675Н, БК-1675R.

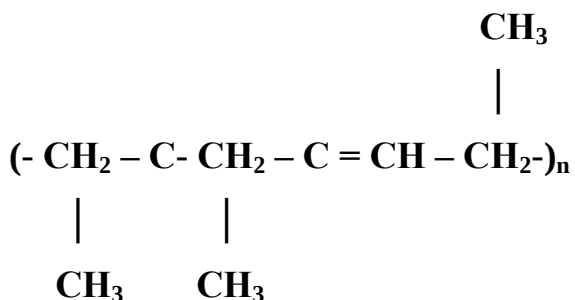
Бутилкаучук марок БК-1675Н, БК-1675М предназначен для изготовления автомобильных камер и диафрагм форматоров-вулканизаторов, а также для использования в резинотехнической промышленности, в качестве первичных форм при производстве различных изделий.

Бутилкаучук марки БК-1675R предназначен для изготовления изделий строительного назначения.

Эмпирическая формула бутилкаучука



Структурная формула



Бутилкаучук по степени воздействия на организм человека относится к 4-ому классу опасности – малоопасным (малотоксичным) продуктам, не обладает раздражающим действием на кожные покровы и слизистые оболочки глаз.

Невзрывоопасен. Горит только при внесении в источник огня.

Температура воспламенения 310°C

Температура самовоспламенения 425°C

Паспорт безопасности на бутылкаучук внесен в регистр за № 48158319 22 28543 от 24.07.2012 г.

Бутылкаучук должен соответствовать нормам и требованиям ТУ 2294-021-48158319-2012 с изменениями №1,2, указанным в таблицах 2.1, 2.2

Таблица 2.1

Наименование показателя	Норма по маркам		
	БК-1675M	БК-1675H	БК-1675R
1	2	3	4
1 Вязкость по Муни UML 1+8 (125°C)	35-47	46-56	35-65
2 Разброс вязкости по Муни внутри партии, не более	8	8	15
3 Массовая доля летучих веществ, %, не более	0,4	0,3	1,5
4 Непредельность, % мол.	1,4-1,8	1,4-1,8	0,7-2,3
5 Массовая доля антиоксиданта, %: Ирганокс-1010 или его аналоги CAS № 6683-19-8	0,02-0,08	0,02-0,08	-

Таблица 2.2

Наименование показателя	Норма по маркам		
	БК-1675M	БК-1675H	БК-1675R
1 Условная прочность при растяжении, МПа, не менее	13	13	-
2 Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	450	450	-
3 Условное напряжение при 300% удлинении, МПа, не менее	6	6	-

Продолжение таблицы 2.2

4 Вулканизационные характеристики:			
Минимальный крутящий момент (ML), дН·м	2,7-3,7	2,7-3,7	
Максимальный крутящий момент (MH), дН·м	13,0-18,5	13,0-18,5	
Время до начала вулканизации (tsl), мин	1,7-3,4	1,7-3,4	
Время до достижения 50% степени вулканизации (t'50), мин.	5,0-8,0	5,0-8,0	
Время до достижения 90% степени вулканизации (t'90), мин.	16,5-22,5	16,5-22,5	
5 Массовая доля золы, %, не более	0,35	0,40	-
6 Массовая доля железа, %, не более	0,020	0,020	-
7 Массовая доля стеарата кальция, %, не более	1,2	1,2	-
8 pH водной вытяжки	6,5-7,5	-	-
9 Наличие посторонних включений	О т с у т с т в и е		

Таблица 2.3 Характеристика сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов

№ п/п	Наименование сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов	Национальный стандарт, технические условия, регламент или методика на подготовку сырья, стандарт организации	Показатели обязательные для проверки	Регламентируемые показатели	
1.	Вода умягченная	Инструкция И-23-ХХ «Обеспечение подразделений предприятия водой и отвод стоков»	Жесткость общая. Прозрачность Температура Давление Взвешенные вещества	1. Жесткость общая, мг.экв/л, не более 2 Содержание взвешенных частиц, мг/л, не более 3 Прозрачность, см, не менее 4 Давление, кгс/см ² , не менее 5 Температура, оС, не ниже	0,07 15 20 4,0 10

№ п/п	Наименование сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов	Национальный стандарт, технические условия, регламент или методика на подготовку сырья, стандарт организации	Показатели обязательные для проверки	Регламентируемые показатели	
2.	Вода оборотная	Инструкция И-23-XX «Обеспечение подразделений предприятия водой и отвод стоков»	Давление прямой. Давление обратной Температура прямой	1. Давление прямой, кгс/см ² , не менее 2. Давление обратной, кгс/см ² , не более 3. Температура прямой воды, оС, не более: - летом, не более - зимой, не более	4,2 1,8 25 18-21

№ п/п	Наименование сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов	Национальный стандарт, технические условия, регламент или методика на подготовку сырья, стандарт организации	Показатели обязательные для проверки	Регламентируемые показатели	
	Воздух КИПиА	ГОСТ 17433-80	Температура точки росы Давление	1. Точка росы, оС, не более 2. Давление (на распределительной гребенке отд. Д-7), атм, не менее	минус 40 5,0
	Воздух технологический	ГОСТ 17433-80	Температура точки росы	1 Точка росы, °С, не более 2 Давление, атм	минус 40 не регламентируется

2.2 Разработка аппаратурно-технологической схемы производства

2.2.1 Базовая технологическая схема

Базовой технологической схемой является схема выделения, сушки и упаковка каучука «Велдинг», подвергающаяся модернизации.

Схемой предусмотрена работа линии выделения «Велдинг» с систем дегазации №1 и №2.

Крошка каучука в воде с узла дегазации подается в аппарат 1. Аппарат 1 герметично закрыт. В аппарате 1 установлено 3-х лопастное перемешивающее устройство для активного перемешивания и предотвращения слипания крошки каучука.

Уровень пульпы в аппарате 1 контролируется КИПиА 1. Избыток воды через уровнемерный карман (расположенный внутри аппарата) сливается самотеком в лоток хим. загрязненной канализации (ХЗК) через гидрозатвор .

Схема предусматривает подачу технологического воздуха для барботирования пульпы в аппарате 1 во избежание слипания крошки и образования комков.

Подача крошки каучука в воде из аппарата 1 в экструдер отжима 2 (SDU) производится насосом 6. Расход потока пульпы регулируется КИПиА.

Пульпа подается в емкость экструдера отжима А-802, где распределяется равномерно на поверхности сита, наклоненного под углом в 45 градусов. Сито состоит из двух вертикальных секций (панели), которые легко снимаются в случае необходимости быстрой замены. Сито разделено на две части и к нему имеется свободный доступ со стороны оператора. Емкость и наклонное сито экструдера отжима А-802 (SDU) исполняют роль концентратора крошки.

Крошка отделяется от свободной воды и попадает в питающую секцию шнека обезвоживания, который находится в питающем цилиндре.

Шнек, наклоненный под углом в 5 градусов, имеет специальную конструкцию, позволяющую принимать крошку с ситчатой панели и подавать ее в секцию сжатия экструдера. Ниже питающего шнека предусмотрен узел сита. Это дает возможность оставшейся свободной воде, а также, воде, вытекающей из конической части цилиндра, выходить без потери твердых частиц (крошки каучука). Вода из обеих секций сита сливается в общий поддон и далее поступает в – общую систему циркуляционной технологической воды.

Секция сжатия экструдера отжима 2 состоит из конического шнека, который находится в коническом цилиндре, заканчивающемся прямым шнеком в прямой секции цилиндра. Внутренняя часть цилиндрической секции цилиндра экструдера имеет канавки, а внутренняя часть конической секции по ходу потока оснащена решетками. Лопasti шнека в его конической части имеют отверстия, через которые вода, отжатая из крошки, течет навстречу потоку поступающей крошки каучука и стекает в питающую емкость.

Небольшое клиновидное сито расположено в начале конической секции. Оно регулируется таким образом, чтобы шнек постоянно очищал его поверхность. Назначением этого сита является дренаж воды, текущей в обратном направлении навстречу потоку поступающей крошки каучука. Отжатая вода в противном случае будет накапливаться, и тормозить общий поток движения крошки. Второе клиновидное сито расположено далее вниз по потоку в конической части и способствует повышению эффективности отжима.

Выходной конец цилиндра оснащен изменяемой фильерной головкой. Фильерная головка - это устройство контроля температуры и давления представляет собой матрицу, состоящую из двух частей. Та часть матрицы, которая выше по потоку, жестко фиксирована. Влажный каучук под давлением проходит через отверстия матрицы. Та часть матрицы, которая находится ниже по потоку, может вращаться. Дистанционно управляемый

механизм - регулятор положения фильеры обеспечивает очень медленное вращение этой части матрицы. Это ведет к несовпадению отверстий матрицы, что изменяет общую свободную поверхность матрицы и тем самым регулирует давление и температура в экструдере.

Дробящие зубья расположены по всей поверхности цилиндра, как в цилиндрической, так и в конической части до хвостовика шнека. Лопасты шнека имеют соответствующие продольные канавки для предотвращения проворачивания массы каучука вместе со шнеком.

Цилиндрическая часть цилиндра экструдера отжима 2 имеет рубашку для обогрева паром.

Экструдер отжима 2 удаляет воду частично за счет эффекта сита, частично за счет механического отжима и подает обезвоженный каучук в форме частиц приемлемого размера в качестве исходного материала для экструдера сушки 3 (DWD).

Экструдер–двухшнековый 3 (DWD) принимает обезвоженную крошку с экструдера отжима 2 (SDU) по приемному желобу и выгружает ее через регулируемые отверстия фильеры в турбулятор.

Фильеры объединены с турбулятором. Влажная крошка выдавливается через отверстия фильеры под давлением, на выходе попадает в область малого давления, что приводит к моментальному отделению пара и удалению влаги из каучука. Ножи, похожие на обычные фрезерные ножи, вращающиеся внутри камеры, режут каучуковую крошку на оптимальные для дальнейшей обработки гранулы. Камера соединена с источником сжатого воздуха компрессором, который выдувает каучуковую крошку из камеры и транспортирует ее по воздушному транспортеру с большой скоростью в циклон сушиллки.

Сушиллка (TCU) с кипящим слоем выполняет сушку и охлаждения крошки каучука во время движения конвейера сушиллки в «кипящем» слое управляемого воздушного потока. Этот процесс обеспечивает максимальную эффективность, снижая температуру частичек каучука во много раз, до

достижения оптимального значения температуры необходимой для прессования.

Высушенная крошка каучука из вибросушилки подается на выходной транспортировочный виброконвейер, по которому она транспортируется на вибораспределительный конвейер, который распределяет и подает продукт к двум питателям пресса узла брикетирования и взвешивания. При необходимости один питатель пресса можно обойти. Питатели прессов работают совместно с весами, чтобы обеспечить выход точных по весу брикетов каучука.

Установка сушки и упаковки содержит два пресса А-809/1,2 для брикетирования каучука.

Пресса получают каучуковую крошку от питателей и выдают ее в брикетах по ~30 кг размером 650 x 350 x 780 мм и плотностью 800-900 кг/м².

Начальная транспортировка брикетов каучука от двух прессов производится рольгангом для съема брикетов, который принимает брикеты и передает их на конвейер распределительный для подачи к весам автоматическим, т.е. соединяет пресс с линией упаковки.

Ниже по технологической линии за контрольными весами находится конвейер отбраковки, предназначенный для принятия выталкиваемых брикетов с недостаточным / избыточным весом.

После контрольно-весовой системы ниже по технологической линии находится детектор металла, контролирующий наличие металлических включений. За детектором металла находится конвейер отбраковки, предназначенный для принятия выталкиваемых брикетов, содержащих металлические загрязнения.

После детектора металла брикеты каучука по рольгангу поступают на пленкооберточную машину.

Транспортирование брикетов каучука после упаковки на машине производится конвейером ленточным с боковым цепным приводом, далее наклонным ленточным транспортером на конвейер с модульной лентой,

который передает брикеты каучука на склад готовой продукции по конвейеру транспортной галереи.

2.2.2 Технологическая схема – прототип

Схемой – прототипом, технологические решения которой будут использованы в проектной схеме, является узел выделения, сушки и упаковки каучука на линиях ЛК-4/1,2.

Крошка каучука в воде из дегазатора насосом подаётся непосредственно в концентратор 1.

За счёт разности плотностей воды и крошки каучука, последняя всплывает и концентрируется в верхней части аппарата. В верхней части концентратора установлена вращающаяся грабельная мешалка, с помощью которой крошка подаётся на шнековый транспортёр.

Из концентратора 1 сырая крошка каучука с влажностью 50-60% подаётся шнековым транспортёром в приёмный питатель отжимной машины 2.1. В отжимной машине 2.1 производится предварительное обезвоживание каучука (до 10-15%).

Гранулы каучука из отжимной машины 2.1 поступают в отжимную машину 2.2, где отжимаются до влажности 7-11%.

Отжим влаги в отжимных машинах осуществляется давлением винта, одновременно винт перемещает каучук в сторону разгрузочного отверстия.

Из поддонов отжимных машин 2.1 и 2.2 вода с крошкой каучука собирается в аппарате с мешалкой 5, откуда насосом 9.1 подаётся в концентратор 1. Степень отжима каучука в отжимных машинах регулируется с помощью восьми чоковых отверстий. Необходимые размеры регулируются вручную перед пуском машины в работу.

Каучук, выходящий из разгрузочных отверстий, непрерывно измельчается ножом, смонтированным на конце отжимного вала.

Гранулы каучука, выходящие из отжимной машины 2.2, поступают в сушильную машину 3.

Сушильная машина представляет собой шнековый пресс. Основная технологическая часть сушильной машины - горизонтальный шнековый вал с переменным шагом червяка, который вращается в цилиндрическом корпусе. На цилиндрической части корпуса имеются рубашки, в которые подаётся вода для охлаждения каучука с целью поддержания необходимой температуры в корпусе сушильной машины.

В корпусе сушильной машины ввёрнуты 44 разрывных болта для предотвращения проворачивания массы каучука.

Постепенно, по мере прохождения каучука через сушильную машину, температура его повышается, доходя на выходе до температуры 190-200°C (не более 230°C) при давлении до 30 кгс/см². Несмотря на высокую температуру, влага из-за высокого давления не испаряется, а находится в массе каучука в перегретом состоянии.

В момент выхода массы каучука через профилированную головку сушильной машины происходит эффект дросселирования: вследствие резкого перепада давления вода мгновенно испаряется, разрывая каучук, при этом происходит быстрая сушка каучука и охлаждение.

Кроме того, каучук, выходящий из отверстий фильер сушильной машины 3, измельчается ножом - гранулятором, приводимым в движение электродвигателем.

Число оборотов червячного вала сушильной машины 3 регулируется в зависимости от температуры каучука в сушильной машине и от требуемой производительности.

При выходе из сушильной машины 3 крошка каучука попадает на виброконвейер сушильной камеры 4.

По длине сушильной камеры 4 установлены один приточный и один вытяжной вентиляторы.

В начальную часть сушильной камеры вентилятором подаётся горячий воздух, который нагревается в калорифере паром 10 кгс/см².

Температура воздуха после верхнего калорифера сушильной камеры 4 выдерживается регулятором, клапан которого установлен на линии подачи пара в калорифер 6.

Отработанный воздух из сушильной камеры 4 вытяжным вентилятором подаётся на очистку от олигомеров и крошки каучука в скруббер, орошаемый водой. Очищенный таким образом воздух сбрасывается в атмосферу.

Вода из скруббера сливается в химзагрязнённую канализацию.

Крошка каучука из сушильной камеры 4 подаётся на виброподъёмник. Здесь по мере подъёма крошки происходит охлаждение её за счёт обдува воздухом.

Вентилятор подаёт воздух в шахту, расположенную в центре виброподъёмника.

С виброподъёмника крошка поступает на распределительный конвейер и далее на один из вибропитателей автоматических дозировочных весов.

При наполнении бункера-дозатора данный вибропитатель останавливается, поток крошки направляется на второй вибропитатель. При этом крошка из наполненного бункера-дозатора ссыпается в камеру пресса, где происходит прессование крошки в брикеты.

После освобождения бункера-дозатора от каучука весы и вибропитатель готовы к приёму и взвешиванию очередной порции каучука.

Для предотвращения прилипания крошки каучука в камеру пресса подаётся смазывающая жидкость. В качестве смазывающей жидкости (антиадгезива) применяется касторовое масло.

На каждой линии выделения и сушки каучука ЛК-4 установлено по три пресса и трое дозировочных весов. На каждые дозировочные весы прессов установлена весовая ячейка SIWAREX R серии BB. Система управления дозированием крошки каучука подаваемого в весовой бункер пресса построена на базе контроллера Simatic S7-300 и модулей управления дозированием. Система обеспечивает обработку сигналов от датчиков весовой ячейки и выдачу сигнала при достижении необходимой массы крошки (30 кг) в существующую систему

управления прессами. После прессов (весовых ячеек) брикет по конвейеру попадает для контрольного взвешивания на автоматические конвейерные весы с целью учёта и отбраковки каучука по массе. Конвейерные весы типа GARVENS XE100 передают данные о массе каждого брикета в общую систему учёта и отбраковки каучука по массе.

После взвешивания, брикет проходит автоматический контроль температуры брикета каучука ($60-80^{\circ}\text{C}$), установленными дистанционными ИК-пирометрами Термоскоп-200.

Полученный в процессе выделения каучук с отклонениями от требований ГОСТа, ТУ, контракта, спецификации – по результатам аналитического контроля ОТК, по результатам визуального контроля на установке и на складе – является несоответствующей продукцией и перерабатывается на установке измельчения каучука.

2.2.3 Проектная технологическая схема производства.

Проектная схема производства отличается от базовой конструкцией концентратора, а именно, заменой приёмного аппарата 1 линии 3 «Велднг», выполняющего функцию концентратора, на концентратор линии 1 и 2 с подачей крошки каучука после концентратора 1 в экструдер отжима 2.

Крошка каучука в воде из дегазатора насосом подаётся непосредственно в концентратор 1.

За счёт разности плотностей воды и крошки каучука, последняя всплывает и концентрируется в верхней части аппарата. В верхней части концентратора установлена вращающаяся грабельная мешалка, с помощью которой крошка подаётся на шнековый транспортёр.

Из концентратора 1 сырая крошка каучука с влажностью 50-60% подаётся шнековым транспортёром в емкость экструдера отжима 2, где распределяется равномерно на поверхности сита, наклоненного под углом в 45° градусов. Сито состоит из двух вертикальных секций (панели), которые легко снимаются в случае необходимости быстрой замены. Сито разделено на две части и к нему

имеется свободный доступ со стороны оператора. Емкость и наклонное сито экструдера отжима А-802 (SDU) исполняют роль концентратора крошки.

Крошка отделяется от свободной воды и попадает в питающую секцию шнека обезвоживания, который находится в питающем цилиндре.

Шнек, наклоненный под углом в 5 градусов, имеет специальную конструкцию, позволяющую принимать крошку с ситчатой панели и подавать ее в секцию сжатия экструдера. Ниже питающего шнека предусмотрен узел сита. Это дает возможность оставшейся свободной воде, а также, воде, вытекающей из конической части цилиндра, выходить без потери твердых частиц (крошки каучука). Вода из обеих секций сита сливается в общий поддон и далее поступает в – общую систему циркуляционной технологической воды.

Секция сжатия экструдера отжима 2 состоит из конического шнека, который находится в коническом цилиндре, заканчивающемся прямым шнеком в прямой секции цилиндра. Внутренняя часть цилиндрической секции цилиндра экструдера имеет канавки, а внутренняя часть конической секции по ходу потока оснащена решетками. Лопастей шнека в его конической части имеют отверстия, через которые вода, отжатая из крошки, течет навстречу потоку поступающей крошки каучука и стекает в питающую емкость.

Небольшое клиновидное сито расположено в начале конической секции. Оно регулируется таким образом, чтобы шнек постоянно очищал его поверхность. Назначением этого сита является дренаж воды, текущей в обратном направлении навстречу потоку поступающей крошки каучука. Отжатая вода в противном случае будет накапливаться, и тормозить общий поток движения крошки. Второе клиновидное сито расположено далее вниз по потоку в конической части и способствует повышению эффективности отжима.

Выходной конец цилиндра оснащен изменяемой фильерной головкой. Фильерная головка - это устройство контроля температуры и давления представляет собой матрицу, состоящую из двух частей. Та часть матрицы, которая выше по потоку, жестко фиксирована. Влажный каучук под давлением проходит через отверстия матрицы. Та часть матрицы, которая находится ниже по

потоку, может вращаться. Дистанционно управляемый механизм - регулятор положения фильеры обеспечивает очень медленное вращение этой части матрицы. Это ведет к несовпадению отверстий матрицы, что изменяет общую свободную поверхность матрицы и тем самым регулирует давление и температура в экструдере.

Дробящие зубья расположены по всей поверхности цилиндра, как в цилиндрической, так и в конической части до хвостовика шнека. Лопасты шнека имеют соответствующие продольные канавки для предотвращения проворачивания массы каучука вместе со шнеком.

Цилиндрическая часть цилиндра экструдера отжима 2 имеет рубашку для обогрева паром.

Экструдер отжима 2 удаляет воду частично за счет эффекта сита, частично за счет механического отжима и подает обезвоженный каучук в форме частиц приемлемого размера в качестве исходного материала для экструдера сушки 3 (DWD).

Экструдер–двухшнековый 3 (DWD) принимает обезвоженную крошку с экструдера отжима 2 (SDU) по приемному желобу и выгружает ее через регулируемые отверстия фильеры в турбулятор.

Фильеры объединены с турбулятором. Влажная крошка выдавливается через отверстия фильеры под давлением, на выходе попадает в область малого давления, что приводит к моментальному отделению пара и удалению влаги из каучука. Ножи, похожие на обычные фрезерные ножи, вращающиеся внутри камеры, режут каучуковую крошку на оптимальные для дальнейшей обработки гранулы. Камера соединена с источником сжатого воздуха компрессором, который выдувает каучуковую крошку из камеры и транспортирует ее по воздушному транспортеру с большой скоростью в циклон сушиллки.

Сушиллка (TCU) с кипящим слоем выполняет сушку и охлаждения крошки каучука во время движения конвейера сушиллки в «кипящем» слое управляемого воздушного потока. Этот процесс обеспечивает максимальную эффективность,

снижая температуру частичек каучука во много раз, до достижения оптимального значения температуры необходимой для прессования.

Высушенная крошка каучука из вибросушилки подается на выходной транспортировочный виброконвейер, по которому она транспортируется на вибораспределительный конвейер, который распределяет и подает продукт к двум питателям пресса узла брикетирования и взвешивания. При необходимости один питатель пресса можно обойти. Питатели прессов работают совместно с весами, чтобы обеспечить выход точных по весу брикетов каучука.

Установка сушки и упаковки содержит два пресса А-809/1,2 для брикетирования каучука.

Пресса получают каучуковую крошку от питателей и выдают ее в брикетах по ~30 кг размером 650 x 350 x 780 мм и плотностью 800-900 кг/м².

Начальная транспортировка брикетов каучука от двух прессов производится рольгангом для съема брикетов, который принимает брикеты и передает их на конвейер распределительный для подачи к весам автоматическим, т.е. соединяет пресс с линией упаковки.

Ниже по технологической линии за контрольными весами находится конвейер отбраковки, предназначенный для принятия выталкиваемых брикетов с недостаточным / избыточным весом.

После контрольно-весовой системы ниже по технологической линии находится детектор металла, контролирующий наличие металлических включений. За детектором металла находится конвейер отбраковки, предназначенный для принятия выталкиваемых брикетов, содержащих металлические загрязнения.

После детектора металла брикеты каучука по рольгангу поступают на пленкооберточную машину.

Транспортирование брикетов каучука после упаковки на машине производится конвейером ленточным с боковым цепным приводом, далее наклонным ленточным транспортером на конвейер с модульной лентой, который

передает брикеты каучука на склад готовой продукции по конвейеру транспортной галереи.

3. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Производительность линии и материальный баланс узла

Для осуществления расчёта запишем исходные данные

1. Средняя выработка линии Велдинг 2700 кг в час.

2. Средняя выработка с первой линии 3300 кг/ч

2. Уменьшение производительности из-за простоев оборудования во время чистки составляет 16,8 тонны в сутки.

3. Крошка каучука после дегазации содержит 50-60% влаги.

4. Содержание влаги в крошке на стадии отжима уменьшается до 7-11%.

Проведем соответствующие расчёты.

1) Увеличение часовой производительности.

Так как оборудование останавливается один-два раза в смену, потери производительности удобнее выражать в тн в сутки, однако расчёты материального баланса и производительности оборудования приводятся, как правило, в расчёте на 1 час или на 1 смену.

$$G(\text{потери}) = \frac{G(\text{сутки})}{24\text{ч}} = \frac{16,8\text{тн}}{24\text{ч}} = 16800\text{кг}/24\text{ч} = 700\text{кг}/\text{ч}$$

$$G(\text{модернизация}) = G(\text{базовая}) + G(\text{потери}) = 2700\text{кг}/\text{ч} + 700\text{кг}/\text{ч} = 3500\text{кг}/\text{ч}$$

2) Увеличение годовой производительности

Общая базовая производительность по линии «Велдинг» составляет

$$G(\text{Велдинг}) = 3300\text{кг}/\text{ч} \times 8000\text{ч}/\text{год} = 26400000\text{кг}/\text{год} = 26,4\text{тыс.тонн}/\text{год}$$

Прирост годовой производительности по линии «Велдинг» составит

$$\Delta G(\text{Велдинг}) = 700\text{кг}/\text{ч} \times 8000\text{ч}/\text{год} = 5600000\text{кг}/\text{год} = 5,6\text{тыс.тонн}/\text{год}$$

Общая проектная производительность по линии «Велдинг» составит

$$G(\text{Велдинг}) = 3500 \text{ кг} / \text{ч} \times 8000 \text{ ч} / \text{год} = 28000000 \text{ кг} / \text{год} = 28 \text{ тыс. тонн} / \text{год}$$

Общая проектная производительность по первой линии и линии «Велдинг» с учетом модернизации составит

$$G = G(\text{Велдинг}) + G(\text{первая}) = 3500 \text{ кг} / \text{ч} + 3300 \text{ кг} / \text{ч} = 6800 \text{ кг} / \text{ч}$$

$$G = 6800 \text{ кг} / \text{ч} \times 8000 \text{ ч} / \text{г} = 54,4 \text{ тыс. тонн} / \text{г}$$

3) Количество влаги на каждой из стадий сушки.

Примем, что влажность каучука после стадии сушки составляет 0,3%

Рассчитаем количество влаги на каждой из стадий сушки.

Влага в готовом каучуке

$$m_{\text{Вл}} = 3500 \text{ кг} / \text{ч} \times \frac{0,3\%}{100\%} = 10,5 \text{ кг} / \text{ч}$$

$$m_{\text{Сух}} = m - m_{\text{Вл}} = 3500 \text{ кг} / \text{ч} - 10,5 \text{ кг} / \text{ч} = 3489,5 \text{ кг} / \text{ч}$$

Влага на стадии сушки.

Примем, что влажность каучука до стадии сушки составляет 11%

$$m_{\text{Вл}} = m_{\text{Сух}} \times \frac{11\%}{89\%} = 3489,5 \times \frac{11\%}{89\%} = 431,3 \text{ кг} / \text{ч}$$

Влага на стадии отжима.

Примем, что влажность каучука до стадии сушки составляет 50%

$$m_{\text{Вл}} = m_{\text{Сух}} \times \frac{50\%}{50\%} = 3489,5 \times 1 = 3489,5 \text{ кг} / \text{ч}$$

4) Масса влажного каучука и масса отделившейся воды на стадиях

Масса каучука после сушки

$$m_{\text{К}} = 3500 \text{ кг} / \text{ч}$$

Масса влажного каучука на стадии сушки

$$m_K = m_{Bl} + m_{Cyx} = 431,3 \text{ кг} / \text{ч} + 3489,5 \text{ кг} / \text{ч} = 3920,8 \text{ кг} / \text{ч}$$

Масса влажного каучука на стадии отжима

$$m_K = m_{Bl} + m_{Cyx} = 3489,5 \text{ кг} / \text{ч} + 3489,5 \text{ кг} / \text{ч} = 6979 \text{ кг} / \text{ч}$$

5) Составим таблицу материального баланса (по стадиям)

Наименование	Кг/ч	%масс	Наименование	Кг/ч	%масс
Стадия отжима после концентратора					
Каучук (влажный)	6979	100	Вода	3058,2	43,8
Каучук	3489,5	50%	Каучук (влажный)	3920,8	56,2
Влага	3489,5	50%	Каучук	3489,5	89
			Влага	431,3	11
Итого	6979	100	Итого	6979	100
Стадия сушки после отжима					
Каучук (влажный)	3920,8	100	Вода	420,8	10,7
Каучук	3489,5	89	Каучук (влажный)	3500	89,3
Влага	431,3	11	Каучук	3489,5	99,7
			Влага	10,5	0,3
Итого	3920,8	100	Итого	3920,8	100

3.2 Выбор конструкции концентратора

Рассмотрим устройство концентратора линии 1 и приёмной емкости линии «Велдинг»

Концентратор (рис.3.1) сверху закрыт крышкой с окнами с целью предотвращения выплескивания горячей пульпы во время работы.

Стол, в виде сегмента, предназначен для сбора крошки грабелной мешалкой с поверхности уровня пульпы в концентраторе перед подачей ее на шнековый транспортер.

Карман концентратора предназначен для регулирования уровня в концентраторе по принципу сообщающихся сосудов. Регулирование уровня производится с помощью ручного регулятора, выполненного в виде цилиндра. Цилиндр закрыт сверху кругом с отверстиями, которые предназначены для выхода воды при повышении уровня в кармане концентратора.

Концентратор снабжен скребком (вращающаяся грабельная мешалка), шнековым подъемником (шнековый транспортер), боковым перемешивающим устройством (боковая винтовая мешалка), вытяжным вентилятором.

Грабельная мешалка (скребок) концентратора расположена в верхней части концентратора, предназначена для сбора и подачи крошки каучука из концентратора на шнековый подъемник.

Привод скребка - гидравлический, осуществляется через УРС-10 (универсальный регулятор скорости), применяемый в приводах механизмов, требующих плавного изменения скорости вращения, направления их вращения и остановки исполнительных механизмов без остановки электродвигателей.

Привод маслососа осуществляется путем клиноременной передачи электродвигателем через УРС-10.

Шнековый транспортер (подъемник) предназначен для транспортировки крошки каучука из концентратора в отжимную машину. Подъемник расположен под наклоном к концентратору. Корпус шнекового транспортера, с опуском в концентратор, имеет отверстия для слива воды, поступающей с крошкой каучука на подъемник.

Привод шнекового транспортера – гидравлический, осуществляется через УРС-10. Привод маслососа через УРС-10 осуществляется путем клиноременной передачи электродвигателем.

Боковая винтовая мешалка расположена в средней части концентратора, предназначена для активного перемешивания и предотвращения слипания крошки каучука в концентраторе во время остановок и во время работы при большом содержании крошки каучука в концентраторе.

3.3. Поверочный расчет концентратора

Рассчитаем, подходит ли имеющийся концентратор под требуемую производительность и режимы работы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что существующая линия «Велдинг» имеет недостаток в конструкции концентратора, из-за которого снижается общая производительность стадии. Модернизация данной линии позволит повысить эффективность ее работы и производительность. В частности, предложены возможности замены существующего концентратора, на концентратор другой конструкции. Проведены технологические расчеты и конструкционные расчёты основных размеров концентратора.

Выполнены чертежи базовой и проектной технологической схем, чертежи основных аппаратов, представлены результаты расчетов.

По результатам модернизации производительность рассматриваемой линии может быть увеличена с 26,4 до 28 тыс. тонн в год.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башкатов Т.В., Жигалин Я.Л. «Технология синтетических каучуков», 2-е изд., перераб. Л.: Химия, 1987.
2. Кирпичников П. А. Химия и технология синтетического каучука : учебное пособие для студентов химико-технологических специальностей высших учебных заведений / П. А. Кирпичников, Л. А. Аверко-Антонович, Ю. О. Аверко-Антонович. - Ленинград: Химия, 1970.
3. Технологический регламент цеха БК-5 ООО «Тольяттикаучук»
4. Технологический регламент цеха БК-6 ООО «Тольяттикаучук».
5. Greensmith, M. (1998). Practical Dehydration. Woodhead Publishing, Ltd.
6. TheFreeDictionary. URL: <http://www.thefreedictionary.com/drying>
7. Genskow, L.R.; Beimesch, W.E.; Hecht, J.P.; Kemp, I.C.; Langrish, T.; Schwartzbach, C.; Smith, (F).L. (2007). Chemical Engineers' Handbook. Mc Graw Hill Professional. pp. Chapter 12 (Evaporative Cooling and Solids Drying).
8. A.S., Mujumdar (1998). Handbook of Industrial Drying. Boca Ratón: CRC Press.
9. Daniel I. Onwude, Norhashila Hashim, Rimfiel B. Janius, Nazmi Mat Nawi, Khalina Abdan. Modeling the Thin-Layer Drying of Fruits and Vegetables: A Review // Comprehensive reviews in food science and food safety. Volume 15, Issue 3, May 2016, Pages 599–618.
10. Патент РФ 2197381. Способ сушки синтетических каучуков. Шияпов Р.Т., Поярков П.Н., Щербань Г.Т., Шамсутдинов В.Г., Назаров А.Ю., Федотенко М.А.
11. А.С. СССР 1407930. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/219/2197381.html>
12. Рейхсфельд В.О., Шеин В.С, Ермаков В.И. Реакционная аппаратура и машины заводов основного органического синтеза и синтетического каучука: Учебное пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. - Л.: Химия, 1985, стр. 158-160, 167-168, 193-195

13. Патент US 3716924 A. Method of drying synthetic rubber material. Nakane Y, Takase K, Yomura M. Первоначальный патентообладатель Futaba Netsukagaku Kenkyujo Lt, Japanese Geon Co Ltd.
14. Патент US 3067462 A. Extruder for drying synthetic rubber. Gilbert V Kullgren Первоначальный патентообладатель Blaw Knox Co
15. Патент US 2561256 A. Method of drying synthetic rubber polymers. Говард Л. Уилсон, Роберт Ф. Лири , Джозеф Ф. Нельсон. Первоначальный патентообладатель Standard Oil Dev Co.
16. Патент РФ 2086410. Молодыка А.В.; Колобанов В.В.; Козлов А.В. Акционерное общество открытого типа "Воронежсинтезкаучук"
17. Федеральный закон N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»
18. Постановление Правительства РФ № 992 «О лицензировании эксплуатации химически опасных производственных объектов»
19. ГОСТ Р 52857.1-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования».
20. Гутник С.П., Сосонко В.С, Гутман В.Д., «Расчёты по технологии органического синтеза» М: Химия, 1988.
21. Лебедев Н.Н «Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза» 4-е изд. ∴ Химия, 1988.
22. Огородников С.К. «Справочник нефтехимика» том 1 , Л: Химия, 1978.
23. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. «Процессы и аппараты химической технологии», изд. «Химия» М., 1968.
24. Павлов, Раманков «Сборник задач по курсу процессы и аппараты», М: Химия 1979.
25. Рейхсфельд В.О., Еркова Л.Н. «Оборудование производств основного органического синтеза и синтетического каучука» – Л. Химия, 1965г.
26. Справочник химика, том 1. Под ред. Б. П. Никольского, Л: Химия, 1966г.