

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»

(наименование)

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

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Рациональное природопользование, рециклинг и утилизация отходов

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Переработка полимерных отходов с очистных сооружений ООО «Тольяттикаучук»

Обучающийся

Т.Е. Калинкина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Ю.Н. Шевченко

(ученая степень, ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Аннотация

Бакалаврскую работу выполнила студентка: Калинкина Татьяна Евгеньевна, группа ЭРТб-1801а.

Тема работы: переработка полимерных отходов с очистных сооружений ООО «Тольяттикаучук».

Научный руководитель: Шевченко Юлия Николаевна.

Цель бакалаврской работы: снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду путем переработки (вторичного использования) образующегося на очистных сооружениях осадка полимерной крошки на примере установки нейтрализации и очистки промышленных сточных вод ООО «Тольяттикаучук».

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- провести анализ технологического процесса очистки промышленных сточных вод, на этапе образования осадка полимерной крошки и методов его обработки;
- изучить свойства осадка, пути переработки, осадка полимерной крошки с очистных сооружений;
- предложить оптимальное технологическое решение по вторичному использованию эластомерного продукта с очистных сооружений ООО «Тольяттикаучук»;
- обосновать выбор предложенной технологии.

Объект исследования: установка нейтрализации и очистки промышленных сточных вод ООО «Тольяттикаучук».

Предмет исследования: осадок полимерной крошки, образующийся на очистных сооружениях ООО «Тольяттикаучук».

Краткие выводы по бакалаврской работе:

Во введении обосновывается актуальность проводимого исследования, описывается цель, задачи исследования.

В первой главе изложены теоретические аспекты технологической схемы очистки сточных вод, процесс образования и методы обработки осадка полимерной крошки. Предложены варианты использования переработанного осадка.

Во второй главе представлены результаты лабораторного исследования процесса сушки эластомерного продукта ЭП-ПК, к которому относится рассматриваемый в работе осадок.

В третьей главе представлена предложенная технологическая схема, выполнены расчеты материального и теплового баланса процесса сушки.

В четвёртой главе выполнен расчёт платы за негативное воздействие на окружающую среду.

Работа состоит из введения, 4 – х глав, заключения, списка из 30 использованных источников, в том числе 5 иностранных. Общий объем работы, 46 страниц машинописного текста, в том числе таблиц – 7, рисунков – 10, приложений – 1.

Abstract

The title of the graduation work is Recycling of polymer waste at sewage treatment plants of Ltd. "Togliattikauchuk".

The graduation work consists of an explanatory note on 46 pages, an introduction, including 10 figures, 9 tables, the list of 30 references, including 5 foreign sources and 1 appendices.

The aim of the work is to give some information about reducing the anthropogenic load on the environment by recycling the polymer crumb sludge formed at the treatment plants on the example of the neutralization and treatment of industrial wastewater at Ltd."Tolyattikauchuk".

The object of the senior thesis is polymer crumbs formed during the treatment of chemically contaminated wastewater at the neutralization unit of Ltd."Tolyattikauchuk".

The importance of reusing thermally recycled sludge is highlighted in the general part of the project. There are given some examples of using polymer waste in industries.

The special part of the project gives details about the process of polymer sludge formation at sewage treatment plants. We also carry out a patent search for the use of recycled raw materials and calculate material and thermal balance.

In conclusion we'd like to stress the importance of the technological scheme of the polymer sludge drying unit proposed in the work.

The results of the study showed the relevance and feasibility of the unit.

Содержание

Введение.....	3
1 Исследование осадка полимерной крошки на очистных сооружениях ООО «Тольяттикаучук»	4
1.1 Система очистки сточных вод на ООО «Тольяттикаучук»	4
1.2 Процесс образования осадка полимерной крошки.....	10
1.3 Методы обработки осадков сточных вод	13
1.4 Вторичное использование полимерного осадка после переработки	18
2 Экспериментальные исследования полимерного осадка.....	20
3 Предлагаемое технологическое решение по переработке осадка.....	24
3.1 Обезвоживание осадка на фильтр – прессах	24
3.2 Конвективные сушилки с взвешенным слоем материала.....	27
3.3 Материальный баланс сушильной установки	29
3.4 Тепловой баланс сушильной установки	33
4 Экономическая и экологическая целесообразность	39
Заключение	41
Список используемой литературы и используемых источников.....	42
Приложение А Результаты патентного поиска.....	45

Введение

Утилизация отходов является одним из основных направлений в ресурсосберегающих технологиях. Под утилизацией отходов следует понимать их комплексную переработку с целью получения вторичной продукции.

Заводы синтетического каучука, занимающиеся производством полимерной крошки, сбрасывают промышленные сточные воды, в которых содержатся остатки полимера и других компонентов производства, которые важно удалять, перед дальнейшей очисткой.

В настоящее время, осадки сточных вод размещают на полигонах, что негативно отражается на состоянии окружающей среды. Эта проблема требует анализа существующих методов и технологий, а также разработку новых способных уменьшить количество отходов.

Цель бакалаврской работы – снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду путем переработки (вторичного использования) образующегося на очистных сооружениях осадка полимерной крошки на примере установки нейтрализации и очистки промышленных сточных вод ООО «Тольяттикаучук».

Задачи для решения поставленной цели:

- провести анализ технологического процесса очистки промышленных сточных вод, на этапе образования осадка полимерной крошки и методов его обработки;
- изучить свойства осадка, пути переработки, осадка полимерной крошки с очистных сооружений;
- предложить оптимальное технологическое решение по вторичному использованию эластомерного продукта с очистных сооружений ООО «Тольяттикаучук»;
- обосновать выбор предложенной технологии.

1 Исследование осадка полимерной крошки на очистных сооружениях ООО «Тольяттикаучук»

В Российской Федерации объёмы ежегодного производства синтетических каучуков стабильно увеличиваются, а темпы утилизации отходов остаются низкими, из этого следует, что количество отходов с каждым годом растёт, степень загрязнения окружающей среды усиливается. Отходы синтетических каучуков должны быть переработаны и утилизированы экологически безопасным и доступным путём с момента временного накопления или размещения.

На сооружениях водоподготовки и очистки сточных вод непрерывно образуются осадки сточных вод, которые в соответствии с Федеральным классификационным каталогом (ФККО) утверждённым приказом Министерства природных ресурсов РФ от 02.12.2002 г. № 786, относятся к группе отходов «отходы водоподготовки, обработки сточных вод и использовании воды» [22].

1.1 Система очистки сточных вод на ООО «Тольяттикаучук»

Установка нейтрализации и очистки промышленных сточных вод ООО «Тольяттикаучук» предназначена для очистки и обеззараживания химически загрязнённых, промышленных и хозяйственно – бытовых сточных вод.

На очистные сооружения попадают стоки различного состава, в которых содержатся: нефтепродукты, органические вещества бытового происхождения, химические соединения, взвешенные вещества. Очистные сооружения ООО «Тольяттикаучук» представлены на рисунке 1.

«На очистные сооружения предприятия ежесуточно поступает около 100 тыс. кубометров сточных вод от жилых кварталов Центрального района города и предприятий Северного промышленного узла (химически

загрязнённые), что сопоставимо с наполнением 65 среднестатистических городских плавательных бассейнов объёмом от 1500 до 1800 кубометров.

Все сточные воды ООО «Тольяттикаучук», как собственные, так и поступающие на очистные сооружения, подвергаются следующим стадиям очистки:

- первая стадия – механическая очистка;
 - вторая стадия – биологическая очистка;
 - третья стадия – доочистка механически и биологически очищенных сточных вод;
 - четвертая стадия – обеззараживание доочищенных сточных вод»
- [10].



Рисунок 1 – Очистные сооружения ООО «Тольяттикаучук»

«Очистные сооружения предприятия ежегодно модернизируются. В 2021 году была введена в эксплуатацию новая установка илоуплотнителей и заменён водовод речной воды. Это позволило повысить систему очистки.

В 2022 году «Тольяттикаучук» внедряет технологии очистки отработанного ила для его повторного использования, переработки и снижения расходов на утилизацию. В настоящее время на очистных сооружениях «Тольяттикаучука» установлен биореактор. Проведённые опыты показали высокую эффективность метода термофильного сбраживания. После переработки происходит расслоение на две фракции, которые можно вывести на рынок органических удобрений. У полученного вещества есть ГОСТ 33380-2015 и название «эффлюент».

Также на биологических очистных сооружениях «Тольяттикаучук» проводятся опытно-промышленные испытания реагентной технологии доочистки сточной воды. Лабораторные исследования доказали возможность снижения концентрации тяжелых металлов, взвешенных веществ, нефтепродуктов от 2 до 5 раз при использовании коагулянтов. После реализации проекта в систему оборотного водоснабжения планируется возвращать 3,2 млн. м³/год воды, прошедшей очистку» [21].

В настоящее время на предприятии функционируют три очереди очистных сооружений, первая и вторая объединены. Схема очистки сточных вод на установке нейтрализации и очистке промышленных сточных вод ООО «Тольяттикаучук» представлена на рисунке 2.

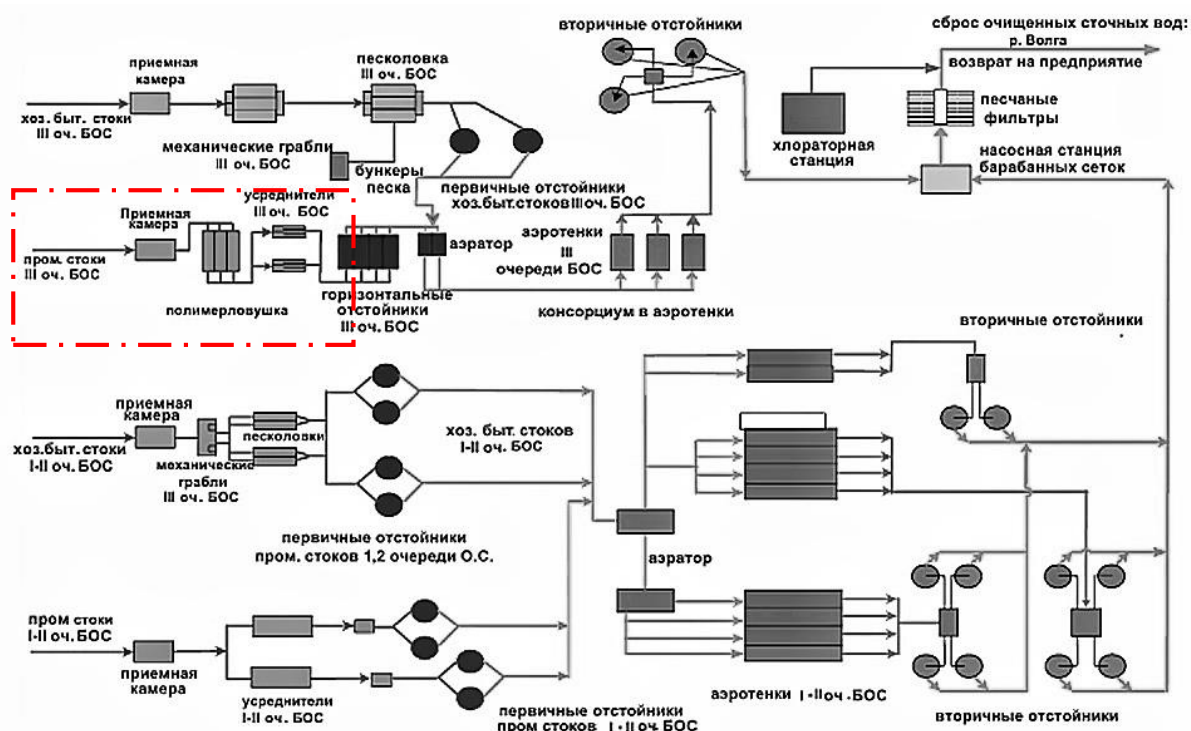


Рисунок 2 – Схема очистки сточных вод на очистных сооружениях ООО «Тольяттикаучук»

«Промышленные сточные воды, загрязненные различными химическими веществами, и хозяйственно-бытовые сточные воды Центрального района города Тольятти поступают на очистные сооружения ООО «Тольяттикаучук» в приемные камеры трех очередей.

На I – II очередь в приёмные камеры поступают промышленные сточные воды, после чего отправляются в усреднители. Усреднители предназначены для усреднения состава и pH сточных вод, кроме того, с насосной станции в них подается часть избыточного активного ила, за счёт чего воды подвергаются предварительной биологической очистке» [23].

«На III очереди, прежде чем попасть в усреднитель, стоки поступают в полимерловушку, которая удерживает полимеры, представляющие собой крошку каучука. Полимерная крошка является осадком, переработка которого будет предложена в дипломной работе» [24].

«После усреднителей первой и второй очередей сточные воды проходят через распределительные камеры, откуда поступают на радиальные

первичные отстойники, а на третьей очереди – в четырехсекционный горизонтальный первичный отстойник. В первичных отстойниках происходит осветление сточных вод, за счёт оседания взвешенных веществ.

Из первичных отстойников осветленные производственные сточные воды по самотечным железобетонным лоткам, в которых они соединяются с осветленными хозяйственно-бытовыми стоками, поступают в аэраторы смесители» [24].

«Хозяйственно-бытовые воды Центрального района города Тольятти из приемных камер всех трех очередей направляются на механические грабли с вертикальными решетками для очистки от крупного мусора и грубодисперсных взвесей, после чего стоки поступают в песколовки, которые предназначены для осаждения мелких частиц и песка диаметром более 0,25 мм.

Из песколовок хозяйственно-бытовые стоки поступают в первичные радиальные отстойники, в которых происходит их осветление за счет оседания взвесей на дно отстойников.

В аэраторах-смесителях происходит полное смешивание механически-очищенных промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод, насыщение их кислородом, а также дополнительная очистка стоков от мельчайших частиц и нерастворимых взвесей» [23].

После прохождения аэраторов-смесителей смешанные сточные воды на всех трех очередях очистных сооружений поступают в аэротенки для дальнейшей биологической очистки. На данной стадии очищение сточных вод происходит с помощью микроорганизмов активного ила, которые поступают в аэротенки из регенератора. На I – II очереди сточные воды смешиваются с микроорганизмами активного ила в выходных лотках аэраторов-смесителей, либо в самотечных железобетонных лотках, а на третьей очереди активный ил от насосных станций подается подаётся в первый коридор аэротенка, сконструированный под регенератор.

«В аэротенках сточные воды насыщаются кислородом за счет системы полиэтиленовых труб – аэраторов. Данная очистка осуществляется за счет происходящих процессов жизнедеятельности микроорганизмов активного ила. Ее суть состоит в потреблении, как аэробными, так и анаэробными организмами, загрязнений в виде вредных веществ, содержащихся в сточных водах и их дальнейшей переработке, в виде воды и углекислого газа. Процесс очистки происходит на протяжении не менее 12 часов.

Далее, из аэротенков на всех трех очередях сточные воды идут во вторичные радиальные отстойники, в то же время осветленные во вторичных отстойниках сточные воды направляются в приемный резервуар блока очистных сооружений стадии доочистки.

Сначала очищенные стоки из приемного резервуара насосами подаются на барабанные сетки, которые удерживают взвешенные вещества диаметром более 1 мм., затем - на песчаные фильтры, где удерживаются взвешенные вещества диаметром менее 1 мм.

После прохождения стадии доочистки сточные воды направляются в камеру №34 на завершающую стадию очистки – обеззараживание. Обеззараживание стоков осуществляется гипохлоритом натрия, подаваемым с хлораторной станции.

После завершения всех стадий очистки, одна часть стоков направляется на Рассеивающий выпуск по сбросу в р.Волга ООО «Тольяттикаучук», а другая – в резервуар чистой воды блока доочистки. Из данного резервуара часть стоков направляется на объединенную насосную станцию №3 ПАО «Тольяттиазот» для дальнейшего сброса в реку Волга, а другая часть стоков с помощью насосов подается на песчаные фильтры для их промывки» [10].

1.2 Процесс образования осадка полимерной крошки

«Загрязнения сточных вод могут переходить в осадок, не изменяя своего химического состава и структуры (осадок с решеток, из песколовок, полимерловушек, и первичных отстойников), и с изменением состава (избыточный активный ил или избыточная биопленка, осадки после реагентной обработки воды и др.). Осадки сточных вод представляют собой водные суспензии минеральных и органических веществ различного состава и происхождения, выделяемых в процессе очистки стоков» [24].

В процессе очистки сточных вод образуются осадки различного вида, в зависимости от условий формирования и особенностей отделения, различают осадки первичные и вторичные [25].

Классификация осадков сточных вод приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация осадков сточных вод

Группа	Типы осадков	Сооружения и оборудование, отделяющее осадки
Первичные – грубодисперсные примеси, которые находятся в твёрдой фазе и выделены из воды такими методами механической очистки, как процеживание, седиментация, фильтрация, флотация, осаждение в центробежном поле.		
I	Грубые осадки	Решётки, сита
II	Тяжёлые	Песколовки
III	Плавающие	Полимерловушки, флотаторы, сорбционные фильтры
IV	Сырые, выделенные из сточной воды в результате механической очистки	Отстойники первичные, осветлители
Вторичные – примеси, первоначально находящиеся в воде, в виде коллоидов, молекул и ионов, но в процессах биологической очистки воды или обработки первичных осадков образуют твёрдую фазу.		
V	Сырые, выделенные из сточной воды, после биологической или физико–химической очистки	Отстойники вторичные, флотаторы

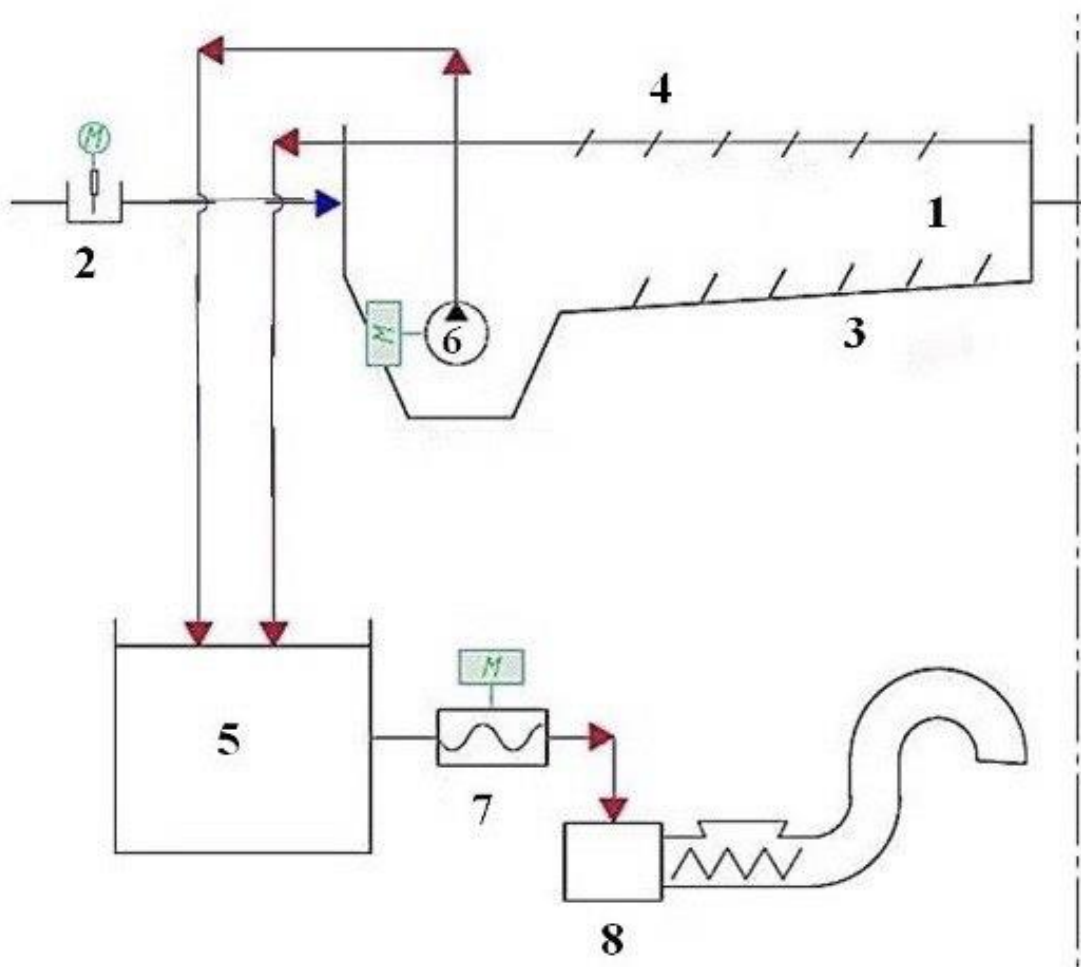
Продолжение таблицы 1

Группа	Типы осадков	Сооружения и оборудование, отделяющее осадки
VI	Сброженные, прошедшие обработку в анаэробных перегнивателях, метатенках, и осадки стабилизированные в аэробных стабилизаторах	Двухъярусные отстойники, метатенки, аэробные стабилизаторы
VII	Уплотнённые, подвергнутые до предела текучести (до влажности 90 – 85 %)	Уплотнители: гравитационные, флотационные, сепараторы
VIII	Обезвоженные, подвергнутые сгущению до влажности 80 – 40 %	Иловые площадки, вакуум – фильтры, фильтр – прессы, центрифуги
IX	Сухие, подвергнутые термической сушке до влажности 5 – 40 %	Сушилки, барабанные, вальцовые, с кипящим слоем

На очистных сооружениях ООО «Тольяттикаучук» образуются все приведённые виды осадков, полимерная крошка, рассматриваемая в работе, относится к первичному осадку, плавающего типа, которая задерживается в полимерловушке.

Осадок, состоящий из полимерной крошки, образуется на III очереди очистных сооружений, куда поступают химически загрязнённые сточные воды. Первоначально сток поступает в приёмную камеру, после чего, проходит через полимерловушку, где образуется, сырой осадок.

На рисунке 3 рассмотрим процесс образования полимерного осадка в полимерловушке.



1 – Полимерловушка, 2 – затвор щитовой с электроприводом, 3 – скребковая система донная, 4 – скребковая система поверхностная, 5 – резервуар сбора полимера, 6 – насос удаления полимера, 7 – насос подачи полимера на обезвоживание, 8 – шнековый дегидратор полимера.

Рисунок 3 – Процесс образования осадка полимерной крошки

Из приёмной камеры, от самотечного канала промышленных сточных вод, через щитовые затворы поступают в железобетонную полимерловушку, состоящую из трёх секций (1). Дно секции выполнено с уклоном в сторону прямка сбора осадка, расположенного у входной торцевой стенки секции. На входе в полимерловушку предусмотрен щитовой затвор с электроприводом (2). На торцевой стенке секции со стороны подачи промышленных сточных вод предусматривается опускной щит, обеспечивающий подачу стока от дна и равномерное распределение по ширине. На противоположной стенке секции

расположено водосборное устройство в виде затопленной перфорированной трубы.

Каждая секция полимерловушки оснащена скребковым механизмом, который обеспечивает перемещение осадка. Различают донную скребковую систему (3), которая перемещает тяжёлые фракции полимера по дну в сторону приямка, и поверхностная скребковая система (4), которая перемещает плавающий сверху полимер в сторону сборного лотка. Осадок из приямка удаляется периодически в резервуар сбора полимера (5) при помощи погружных насосов (6), установленных в приямках секций полимерловушки. Уловленный на поверхности полимер из сборных лотков самотеком поступает в резервуар сбора полимера.

Из резервуара (5) полимерная пульпа при помощи винтовых насосов (7), с частотно-регулируемым приводом подается на шнековый дегидратор полимера (8) (рабочий и резервный), из которых поступает в контейнер на дальнейшую утилизацию. Вода от отжима полимера поступает в канал перед полимерловушками, для повторения цикла очистки.

1.3 Методы обработки осадков сточных вод

Обработка осадка сточных вод – важный технологический процесс, необходимый для поддержания высокого санитарного уровня состояния окружающей среды. Его используют для уменьшения объемов скопившихся отложений, а также их подготовки к последующей утилизации или использованию. При подборе технологии переработки осадка, важно соблюдать требования ГОСТ Р 59748 – 2021 «Технические принципы обработки осадков сточных вод. Общие требования» [7].

«Основные задачи современной технологии обработки осадков промышленных сточных вод состоят в уменьшении их объема и в последующем превращении в безвредный продукт, пригодный для вторичного использования. Прежде чем направить осадки сточных вод на ликвидацию или

утилизацию, их подвергают предварительной обработке для получения шлама, свойства которого обеспечивают возможность его утилизации или ликвидации с наименьшими затратами энергии и загрязнениями окружающей среды. При выборе методов и оборудования для переработки осадков сточных вод существенную роль играют их состав, количество, стоимость оборудования и реагентов, экологическая безопасность. В современной технологической схеме обработки осадков включены такие процессы как: уплотнение (сгущение), стабилизация органической части осадков, кондиционирование, сушка (обезвоживание), утилизация, ликвидация» [2].

Рассмотрим схему основных процессов, применяемых для обработки осадков на рисунке 4.

«Первой стадией обработки осадков является их уплотнение. Уплотнение связано с удалением свободной влаги и является необходимой стадией всех технологических схем обработки осадков. При уплотнении в среднем удаляется 60 % влаги и масса осадка сокращается в 2,5 раза» [11].

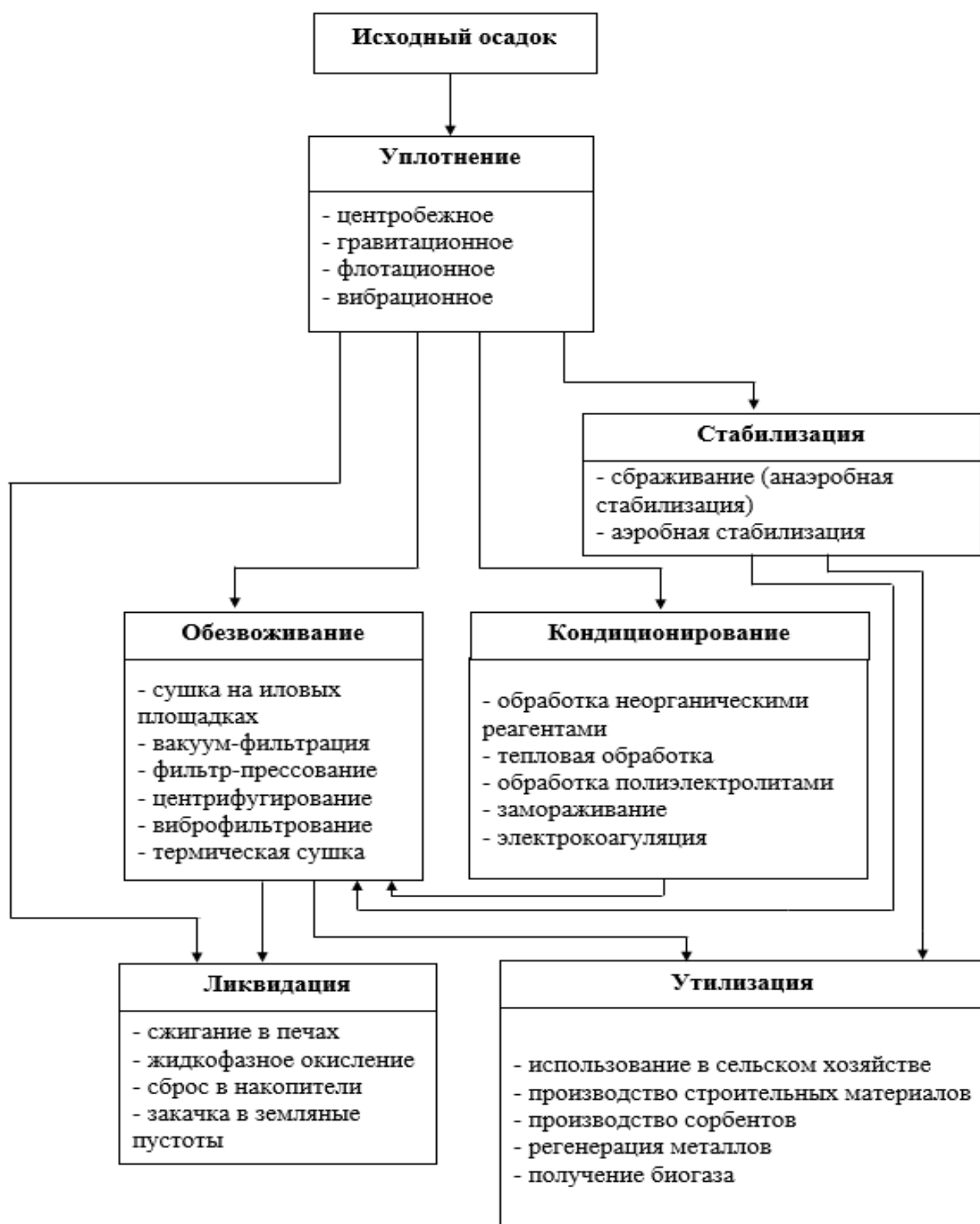


Рисунок 4 – Основные процессы, применяемые для обработки осадков

«Самые распространённые методы уплотнения:

- гравитационный, в отстойниках-уплотнителях, основан на оседании частиц дисперсной фазы, чаще всего используются вертикальные и радиальные отстойники;

- центробежный – для этого метода чаще всего используются центрифуги, гидроциклоны и сепараторы, сутью является процесс разделения неоднородных систем в поле центробежных сил, под их действием суспензия разделяется на осадок и жидкую фазу, называемую фугатом;

- флотационный – это процесс подъема на поверхность частиц осадка за счет прилипания их к пузырькам воздуха или газа, при этом способе степень уплотнения выше, а скорость уплотнения осадка в 10—15 раз больше, чем при гравитационном.

Далее осадки переходят на стадию стабилизации, где происходит разрушение биологически разлагаемой части органического вещества, что предотвращает загнивание осадков при длительном хранении на открытом воздухе. Эффект стабилизации достигается биологическими, химическими, физическими методами, а также их комбинацией. Целесообразность применения того или иного метода определяется рядом условий: вид осадка, их количество, возможность и условия дальнейшего использования, наличие территории для их размещения.

Кондиционирование осадков сточных вод – обработка, которая улучшает их водоотдающие свойства, в результате которой увеличивается эффект механического обезвоживания. От условий кондиционирования зависит производительность обезвоживающих аппаратов, чистота отделяемой воды и влажность обезвоженного осадка» [11].

Методы кондиционирования подразделяются на:

- реагентные – минеральные (неорганические) реагенты, органические высокомолекулярные соединения (полиэлектролиты) и присадки;

– безреагентные – тепловая обработка осадка, замораживание и оттаивание осадков.

«Обезвоживание осадков сточных вод предназначено для получения шлака с объемной концентрацией полидисперсной твердой фазы до 80%. Эффективность обезвоживания осадков на иловых площадках влечёт за собой, дефицит земельных участков в промышленных районах и загрязнение воздушной среды. Более эффективный способ обезвоживания, использование вакуум-фильтрование на фильтр-прессах, центрифугирование и вибрационное фильтрование. Обезвоживание термической сушкой применяется для осадков, содержащих сильно токсичные вещества, которые перед ликвидацией и утилизацией необходимо обеззараживать. Широкое внедрение процессов термической сушки ограничивается высокой стоимостью процесса очистки.

Последней стадией обработки осадков, является их ликвидация или утилизация. К ликвидации осадков прибегают тогда, когда утилизация является невозможной или экономически нерентабельной. Выбор метода ликвидации осадков определяется их составом, а также размещением и планировкой промышленного предприятия. Один из наиболее часто применяемых методов ликвидации осадков сточных вод, является их сжигание. Осадки сжигаются на станциях очистки сточных вод в циклонных печах, а также печах кипящего слоя» [1].

Выбор рациональной технологической схемы обработки осадка является сложной инженерно-экономической и экологической задачей. Технологические схемы обработки осадков зависят от многих факторов: свойств осадков, их количества, климатических условий, наличия земельных площадей и пр.

1.4 Вторичное использование полимерного осадка после переработки

В приложении А произведён патентный поиск в электронной базе Федеральной службы по интеллектуальной собственности, таблица А.1 с указанием результатов патентного поиска [26 – 28].

«Основными направлениями использования полимерных отходов производства являются повторное их применение в производственном цикле по прежнему назначению в качестве добавки к основному сырью (в концентрации примерно 10...12%); переработка во вторичный гранулят и крошку с последующим изготовлением из них (или с их добавлением к основному сырью) новой продукции.

Для каждой технологии переработки осадков сточных вод применяются определённые требования, которые определяются испытательным путём в лабораторных условиях, так же, в обязательном порядке учитывается нормативная база. Для захоронения осадков на полигонах используется ГОСТ Р 54535-2001 «Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при размещении и использовании на полигонах» [6], ГОСТ Р 54533 – 2011 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководящие принципы и методы утилизации полимерных отходов», устанавливает принципы и методы утилизации полимерных отходов, образующихся в различных источниках.

В настоящее время полимерные отходы размещают на полигоне, полимер, продукт длительного срока разложения (300-500 лет) и застоя влаги, сырьё устойчиво к воздействию факторов окружающей среды. В 2021 году ООО «Тольяттикаучук» произвёл 208 тысяч тонн продукции, из этого количества 3,6 тысяч тонн с промышленными сточными водами попало на очистные сооружения предприятия. Таким образом, появляется ещё одна проблема - полимерная крошка оседает на трубах и насосах, которые подают сток с завода, что приводит к неисправности цепочки, в следствие, к дополнительным затратам на ремонт и нормализации процесса» [5].

ООО «Тольяттикаучук» реализовывал мероприятия по продаже полимерного осадка на вторичную переработку, но рынок данной продукции очень узкий, и его недостаточно, чтобы продать весь объём данного осадка.

Рассмотрим подробнее, отрасли, в которых может быть использован переработанный полимер.

«Использование в качестве гибких рулонных кровельных битумосодержащих основных материалов, предназначенных для устройства верхних, промежуточных и нижних слоев кровельного ковра. Согласно ГОСТ 32805 – 2014 (EN 13707:2004) устанавливаются технические требования, методы испытаний, процедура оценки соответствия, требования к маркировке. Настоящий стандарт не распространяется на материалы, предназначенные для устройства гидроизоляционных систем, в которых непосредственно на гидроизоляционный материал, полностью приклеенный к основанию, укладывают асфальтобетонное покрытие при высоких температурах [2].

Переработанный полимер, можно использовать для дорожного ремонта, или строительства, согласно ГОСТ 32870-2014. Настоящий стандарт распространяется на битумные мастики, предназначенные для гидроизоляции дорожных конструкций, аэродромов и искусственных сооружений, приклеивания рулонных материалов, заливки швов и трещин нежестких дорожных одежд, для приготовления щебеночно-мастичных материалов для деформационных швов мостового полотна, и устанавливают технические требования. Объем измельченной крошки в составе таких улучшенных покрытий должен составлять около 2,5% от массы минерального материала, т.е. 65-75 тонн на 1 км дорожного полотна. В данном случае срок эксплуатации дорожного полотна увеличивается в 1,5 - 2 раза» [5].

2 Экспериментальные исследования полимерного осадка

«Эластомерный продукт – это побочный продукт производства каучука. Представляет собой бесформенные куски, небрикетируемая масса с включением пластика, хрящей, крошку пластика после чистки оборудования, а также продуктов, поступающих со стоками. В процессе производства и переработки эластомерного продукта образуются сточные воды, содержащие вредные примеси.

Эластомерный продукт предназначается для применения в разных отраслях промышленности. В своей работе я рассматриваю тип ЭП – ПК, представленный на рисунке 5 [26].

ЭП-ПК – полимерная крошка каучука, улавливаемая из водных стоков, представляющая собой смесь полимеров разной химической природы (бутадиен- α -метилстирольного, полиизопренового и бутилкаучука), с неконтролируемым соотношением полимеров в смеси и высоким содержанием влаги (до 50% массы)» [11].



Рисунок 5 – Эластомерный продукт ЭП – ПК

Для проведения исследований был выбран осадок после механической очистки сточных вод, полимер из полимерловушек. В день испытания была отобрана проба эластомерного продукта ЭП-ПК массой 600 грамм. Подготовку пробы производим по ГОСТ 27109 «КАУЧУКИ СИНТЕТИЧЕСКИЕ. Методы отбора и подготовки проб» настоящий стандарт распространяется на синтетические каучуки и устанавливает методы отбора и подготовки проб [27].

От пробы отбираем равные по количеству куски каучука (200 г.) и готовим объединенную пробу, масса которой должна быть не менее 150 г. Объединенную пробу гомогенизируем десятикратным пропусканием на лабораторных вальцах при зазоре между валками 0,25 – 0,40 мм. и температуре поверхности валков (25 ± 5) °С. Полученную шкурку каучука разрезаем на кусочки, масса которых у нас получилась 20 г.

«До обработки пробу, объединенную пробу и пробы для испытаний хранят в полиэтиленовой пленке в помещении, гарантирующем защиту от действия солнечных лучей, при температуре не выше 30 °С. Срок хранения проб до проведения испытаний не должен превышать 72 ч.» [4].

Проведение анализа:

Определение потери массы проведем по ГОСТ 19338 «КАУЧУК СИНТЕТИЧЕСКИЙ. Метод определения потери массы при сушке» [3].

Анализ проводится в сушильном шкафу с естественной циркуляцией воздуха, нагретом до 105 ± 3 °С. Предварительно высушенные до постоянной массы чашечки, охлаждаем в эксикаторе и взвешиваем на аналитических весах, погрешность измерения не должна превышать 0,0002 грамм.

Из подготовленной пробы вырезаем кусочки размером 2х2х2 мм., далее взвешиваем в подготовленной чашечке $3,0 \pm 0,3$ грамма пробы каучука с погрешностью не более, 0,0002 г. Чашечку помещаем в сушильный шкаф и сушим в течении 2 часов. После охлаждения в эксикаторе, чашечку с пробой взвешиваем.

Потерю массы вычислим по формуле 1:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100, \quad (1)$$

где m – масса пробы каучука, г;

m_1 – масса тарелочки (чашки) с пробой до сушки, г;

m_2 – масса тарелочки (чашки) с пробой после сушки, г.

Результаты испытания сведем в таблицу 2

Таблица 2 – Результаты испытаний

Масса чашечки до сушки, г	Масса чашечки после сушки, г	Масса пробы, г	Масса пробы вместе с чашечкой после сушки, г	Потеря массы, %
2,4567	2,4566	3,0021	4,3562	36,72
2,3457	2,3457	3,0124	4,3276	34,21

По нормативам из ТУ 2294-056-48158319-2013 представленным в таблице 3 потеря массы для эластомерного продукта, подходящего под марку А не должна превышать 10%.

Таблица 3 – Нормы из ТУ 2294-056-48158319-2013

Наименование показателя	Нормы							
	ЭП-ПИ марка А	ЭП-ПИ марка Б	ЭП-БК марка А	ЭП-ПИ марка С	ЭП-БК марка С	ЭП-ПК		
						ЦВВ	54	130
Внешний вид	Брикеты, бесформенные куски, не брикетированная масса от белого до темно-коричневого цвета с включениями пластика и крошки			Куски брикетов, бесформенные куски, не брикетированная масса от белого до темно-коричневого или черного цвета с включениями пластиката, крошки и механическими включениями		Не брикетированная масса от белого до темно-коричневого цвета с механическими включениями неполимерной природы.		
Потеря массы при сушке, % не более	5	10	5	10	2	10	Не нормируется	Не нормируется

Эластомерный продукт ЭП-ПК нуждается в предварительной сушке для соответствия нормам.

3 Предлагаемое технологическое решение по переработке осадка

3.1 Обезвоживание осадка на фильтр – прессах

«В механическом методе обезвоживание осадков наибольшее распространение получили фильтр-прессы, в сравнении с вакуум-фильтрами при одинаковых условиях работы фильтр-пресса показывают большую эффективность. Их применяют для обработки сжимаемых аморфных осадков, в тех случаях, когда после механического обезвоживания осадок направляется на термическую сушку или сжигание для получения осадков для утилизации с минимальной влажностью.

Основные конструктивные элементы фильтр-прессов: плиты, оборудованные фильтрующей перегородкой, с протянутой между ними фильтровальной лентой; механизм зажима и раскрытия плит; устройство для выгрузки обезвоженного осадка; коммуникации и арматура для подвода осадка, сжатого воздуха и отвода фильтрата» [16], [28].

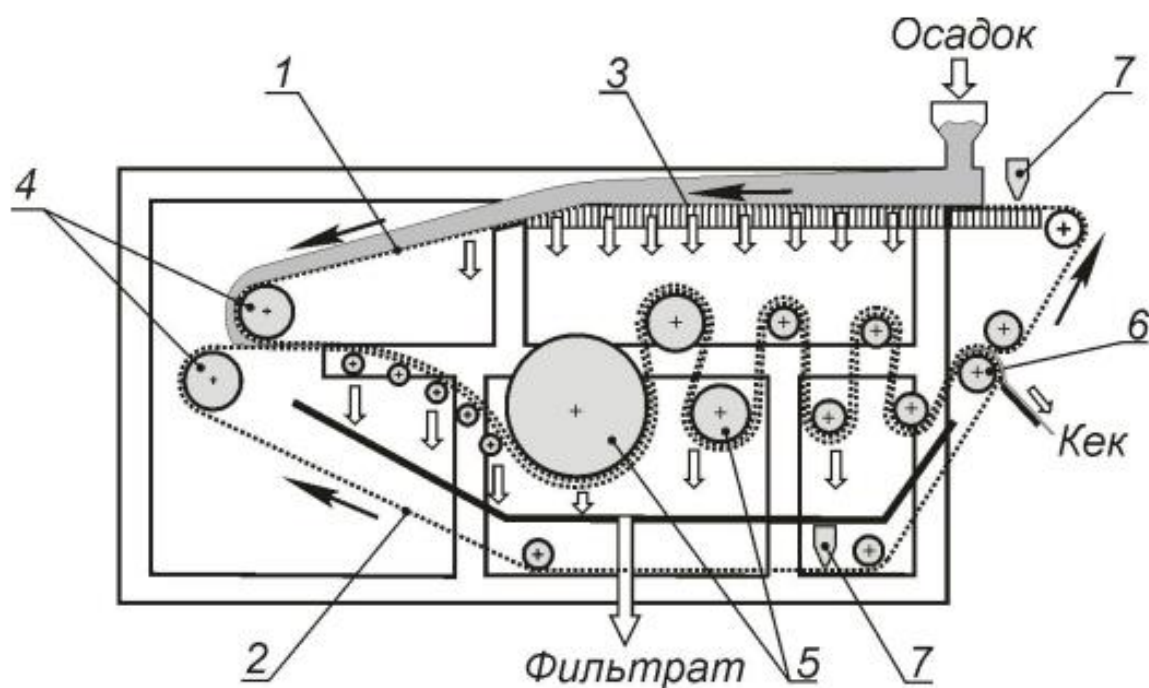
В своей работе я более подробно рассматриваю фильтр-пресс ленточного типа. Процесс фильтрации и обезвоживания осадков сточных вод в ленточных фильтр-прессах происходит под действием сил гравитации, давления и вакуума. «Конструкция фильтр-прессов включает в себя следующие элементы: приемный лоток осадка, фильтровальные ленты с системой роликов для обеспечения заданной траектории и системой регенерации, приводной и направляющие барабаны, узлы отжима осадка, лотки сбора промывной воды и фильтрата, ножи для снятия кека. Фильтр-прессы отличаются направлением движения фильтровальной ленты с осадком и подразделяются на горизонтальные, вертикальные, угловые, петлеобразные и комбинированные [18].

Принцип работы аппарата заключается в зажатии осадка между двумя фильтровальными лентами и последующим отжимом на гладких горизонтальных валах.

Вне зависимости от конструктивных особенностей аппарат разделяют на три основные технологические зоны:

- зона гравитационного фильтрования, может быть объединена с зоной фильтрования под вакуумом;
- зона предварительного отжима;
- зона окончательного отжима.

Принципиальная схема горизонтального фильтр-пресса показана на рисунке 6.



1, 2 – верхняя и нижняя фильтровальные ленты, 3 – гравитационный стол, 4 – натяжные валы, 5 – отжимные валы, 6 – разгрузочный вал, 7 – промывка фильтровальной ленты.

Рисунок 6 – Схема ленточного фильтр-пресса

Технические характеристики и данные наиболее распространенных приведем в таблице 4 и таблице 5.

Таблица 4 - технические характеристики фильтр-пресса ЛМН

Тип	ЛМН 2	ЛМН 10	ЛМН 15	ЛМН 20
Поверхность фильтрования, м ²	2	10	15	20
Рабочее давление, Мпа	0,01-0,2			
Материал деталей, соприкасающихся с продуктом	Сталь 12X18H10T+ гуммирование	Углеродистая сталь + гуммирование		
Установленная мощность, кВт	1,74	3,0	7,5	11,7
Габаритные размеры				
Длина, мм	2900	5900	5650	6500
Ширина, мм	1900	2945	3150	4400
Высота, мм	1100	2265	3310	3360

Таблица 5 – Технические данные ленточных фильтр-прессов ПЛ

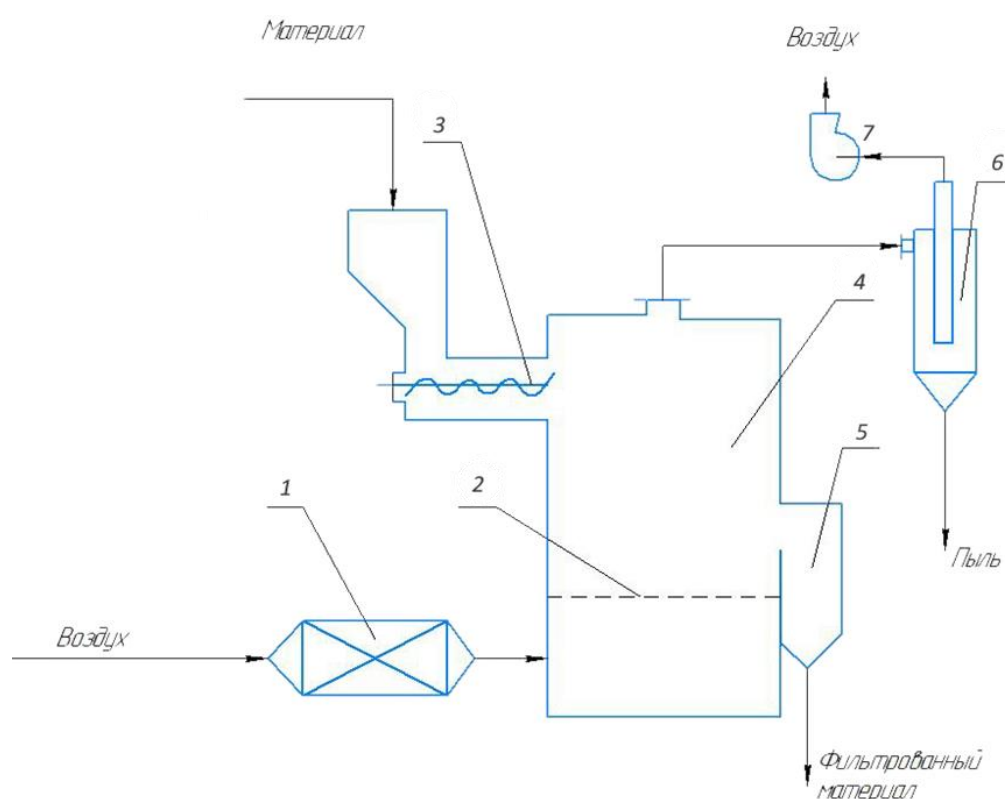
Тип оборудования	Производительность		Габариты, мм			Расход технической воды, м ³ /ч	Масса, кг	Мощность, кВт
	по сухому веществу, %масс	м ³ /ч	длина	ширина	высота			
ПЛ-8	0,1-0,15	2,5-5	3100	1550	2150	8	2500	1,1
ПЛ-12	0,15-0,25	5-8	4050	2135	1940	10	5300	2,2
ПЛ-16	0,2-0,5	8-15	4050	2430	1940	12	5500	2,2
ПЛ-20	0,6-0,8	15-25	4050	2830	1940	15	6000	2,2
ПЛ-25	0,7-0,9	25-40	4050	3448	1940	20	7000	3

Наибольшее распространение в России на практике получили ленточные фильтр-прессы, имеющие ряд преимуществ:

- отсутствие быстровращающихся узлов и деталей;
- низкое энергопотребление;
- высокая устойчивость фильтровальных сеток, узлов и деталей оборудования к абразивному износу;
- свободный доступ к фильтровальным поверхностям, минимальное распространение запаха и брызг за счет закрытой конструкции аппарата.

3.2 Конвективные сушилки с взвешенным слоем материала

«Сушилки с псевдоожиженным слоем (рисунок 7) получили свою популярность из-за интенсивности протекания процесса сушки за счет увеличенной площади контакта сушильного агента и материала. Объемный коэффициент теплообмена, отнесенный к слою материала равен примерно 5-10 кВт/(м³·К), в то время как у барабанных сушилок он равен не более 0,5 кВт/(м³·К)» [24].



1 – калорифер, 2 – газораспределительная решётка, 3 – шнековый питатель, 4 – камера сушки, 5 – разгрузочное устройство, 6 – циклон.

Рисунок 7 – Устройство сушилки с одноступенчатым аппаратом кипящего слоя

«Для обеспечения равномерного кипения частиц продукта агент сушки подается на решетку равномерно и с соответствующей скоростью распределяется по всей площади.

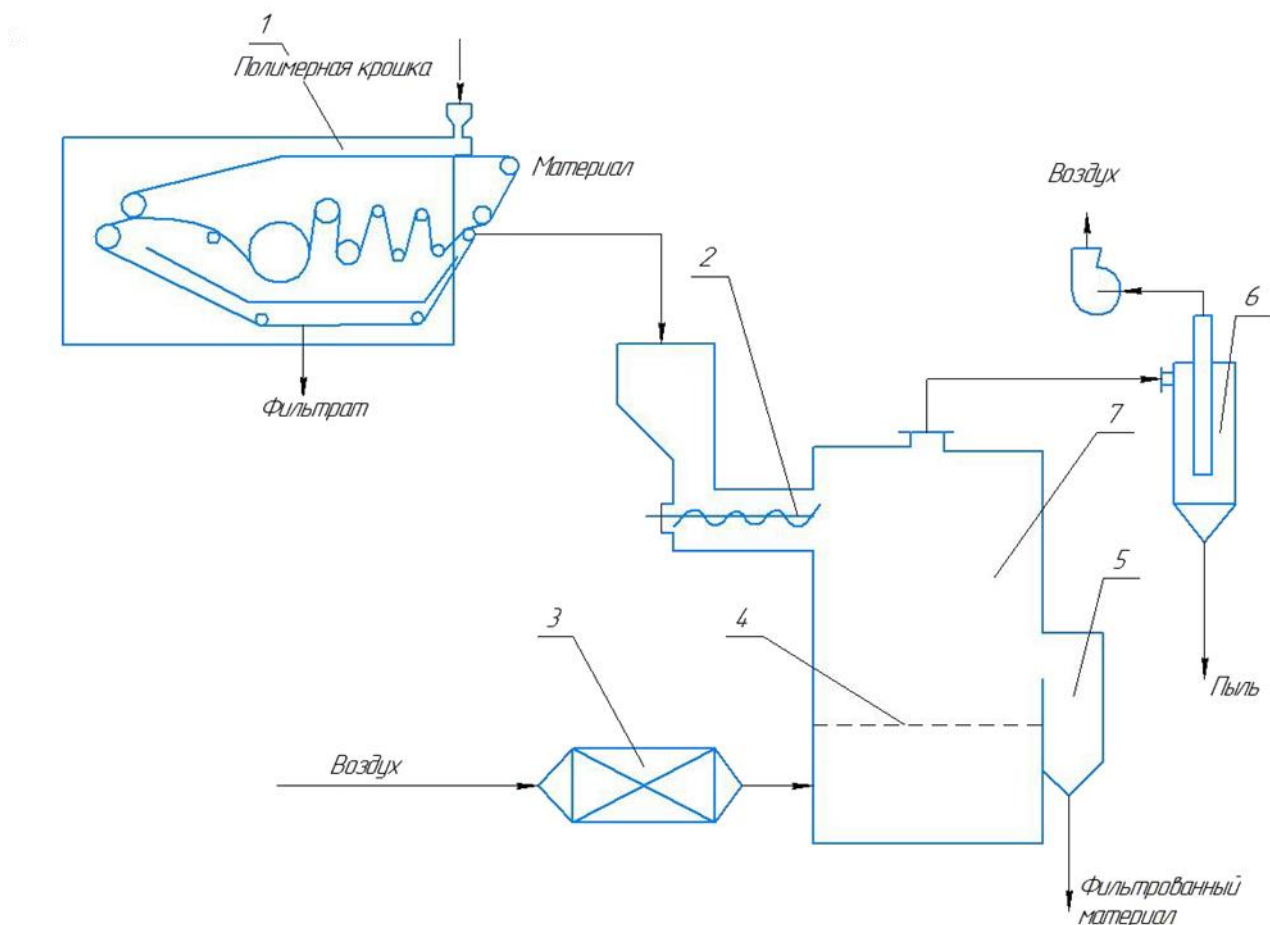
Сушка в виброкипящем слое характеризуется высокой интенсивностью, но сопряжена с повышенным расходом электроэнергии. По гидродинамическому признаку агрегаты с кипящим слоем могут иметь прямоугольную или цилиндрическую формы, коническую форму с фонтанирующим или вихревым слоями, а также с локальным фонтанированием [8].

По способу теплоподвода конструкции агрегатов можно разделить на агрегаты с подводом теплоты только с псевдоожижающим агентом, с перегретым распыливаемым раствором и кондуктивно – через теплообменник в слое. Высушиваемый материал поступает из шнекового питателя 3 в слой материала, «кипящего» на газораспределительной решетке 2 в камере сушки 4. Сушильный агент-воздух, подогреваемый в калорифере 1, проходит с заданной скоростью через отверстия распределительной решетки 2 и поддерживает на ней материал во взвешенном состоянии. Высушенный материал удаляют через разгрузочное устройство 5. Отработанные газы очищают от образующейся пыли в циклоне 6.

Чаще всего применяют сушилки с расширяющимся кверху сечением, например, конические. Скорость газа в нижней части камеры должна превышать скорость осаждения самых крупных частиц, а вверху – быть меньше скорости осаждения самых мелких частиц. При такой форме камеры достигается более организованная циркуляция твердых частиц, которые поднимаются в центре и опускаются (в виде менее разреженной фазы) у периферии аппарата. Благодаря снижению скорости газов по мере их подъема улучшается распределение частиц по крупности и уменьшается унос пыли. Это, в свою очередь, повышает равномерность нагрева (более мелкие частицы, поднимающиеся выше, находятся в области более низких температур) и позволяет уменьшить высоту камеры» [19].

3.3 Материальный баланс сушильной установки

На рисунке 8 представлена принципиальная схема предложенной сушильной установки.

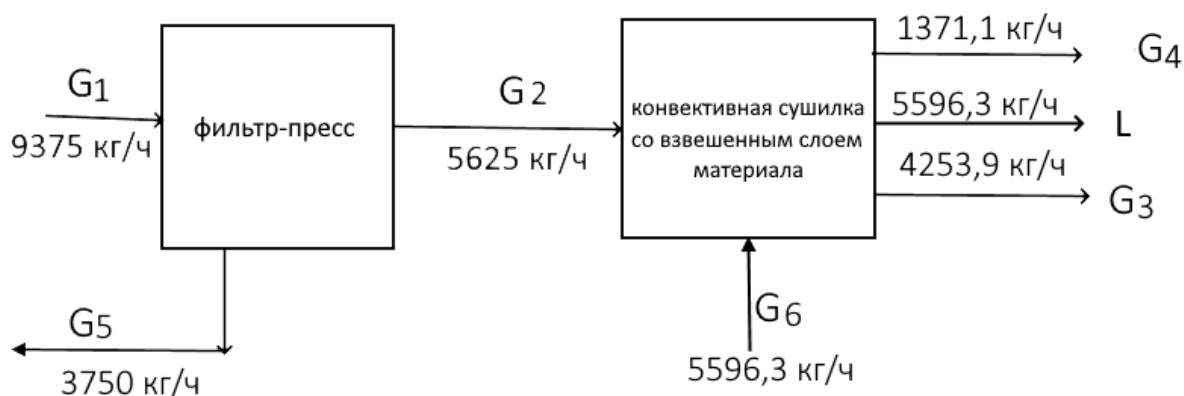


1 – ленточный фильтр-пресс, 2 – шнековый питатель, 3 – калорифер, 4 – газораспределительная решётка, 5 – разгрузочное устройство, 6 – циклон, 7 – камера сушилки.

Рисунок 8 – Технологическая схема сушильной установки

Полимерная крошка со склада поступает на ленточный фильтр-пресс (1), после загружается в сушилку с одноступенчатым аппаратом кипящего слоя. Высушиваемый материал поступает из шнекового питателя (2) в слой материала, «кипящего» на газораспределительной решетке (4) в камере сушилки (7). Сушильный агент-воздух, подогреваемый в калорифере (3), проходит с заданной скоростью через отверстия распределительной решетки

(4) и поддерживает на ней материал во взвешенном состоянии. Высушенный материал удаляют через разгрузочное устройство (5). Отработанные газы очищают от образующейся пыли в циклоне (6).



Потоки: G 1 – поток влажной крошки каучука, G2 – поток производительности сушилки по сухому материалу, G 3 – поток производительности сушилки по готовому материалу, G 4 – поток удаляемой влаги в процессе сушки, G5 – поток удаляемой влаги в процессе обезвоживания, G6 – поток поступающего абсолютного газа, L – поток уходящего воздуха.

Рисунок 8 – Схема материальных потоков

Определим часовую производительность по формуле 2:

$$G_1 = \frac{G}{a \cdot b} = \frac{3600000}{8 \cdot 48} = 9375 \text{ кг/ч}, \quad (2)$$

где G - годовая производительность, кг;

a – число часов работы сушилки в сутки;

b – число рабочих дней в году.

Величины, a и b зависят от характера производства, процесс сушки будет периодическим, сушка будет работать восемь часов в сутки, 4 раза в месяц;

Количество удаляемой влаги на ступени обезвоживания на ленточном фильтр-прессе ПЛ-20 производительностью 0,7% масс по сухому веществу, W_1 кг/ч определим из уравнения материального баланса, по формуле 3:

$$W_1 = G_1 \cdot (\omega_1 - \omega_2) / (1 - \omega_1) = 9375 \cdot \frac{0,5 - 0,005}{1 - 0,5} = 3750 \text{ кг/ч} \quad (3)$$

Найдем часовую производительность в процессе сушки G_2 , кг/ч по формуле 4:

$$G_2 = G_1 - W_1 = 9375 - 3750 = 5625 \text{ кг/ч} \quad (4)$$

Количество удаляемой влаги в процессе сушки W_2 кг/ч рассчитаем по формуле 5:

$$W_2 = G_2 \cdot (\omega_1 - \omega_2) / (1 - \omega_1) = 5625 \cdot \frac{0,25 - 0,005}{1 - 0,25} = 1371,1 \text{ кг/ч} \quad (5)$$

Тогда производительность сушилки по готовому материалу, рассчитанной по формуле 6, составит кг/ч:

$$G_3 = G_1 - W_1 - W_2 = 9375 - 3750 - 1371,1 = 4253,9 \text{ кг/ч} \quad (6)$$

В процессе сушки масса абсолютно сухого вещества (G_c) не изменяется, если нет уноса его частиц или других потерь, т.е. в кг/ч:

$$G_c = G_2 \cdot (1 - \omega_1) = G_4 \cdot (1 - \omega_2), \quad (7)$$

откуда

$$G_2 = G_4 \cdot \frac{(1 - \omega_2)}{(1 - \omega_1)} = 4253,9 \cdot \frac{(1 - 0,005)}{(1 - 0,25)} = 5625 \text{ кг/ч} \quad (8)$$

Начальное влагосодержание:

$$\omega_1^{\circ} = \omega_1 / (1 - \omega_1) = 0,5 / (1 - 0,5) = 1 \quad (9)$$

Конечное влагосодержание:

$$\omega_2^\circ = \omega_2 / (1 - \omega_2) = 0,005 / 1 - 0,005 = 0,005 \quad (10)$$

Расход абсолютно сухого газа рассчитывается по формуле 11:

$$L = \frac{W_2}{(x_2 - x_1)}$$

На диаграмме J-x (рисунок 8) можно показать, каким образом будут изменяться параметры сушильного агента (воздуха или дымовых газов) при его последовательном прохождении через сушильную камеру, а затем определить его расход и необходимое количество теплоты на сушку.

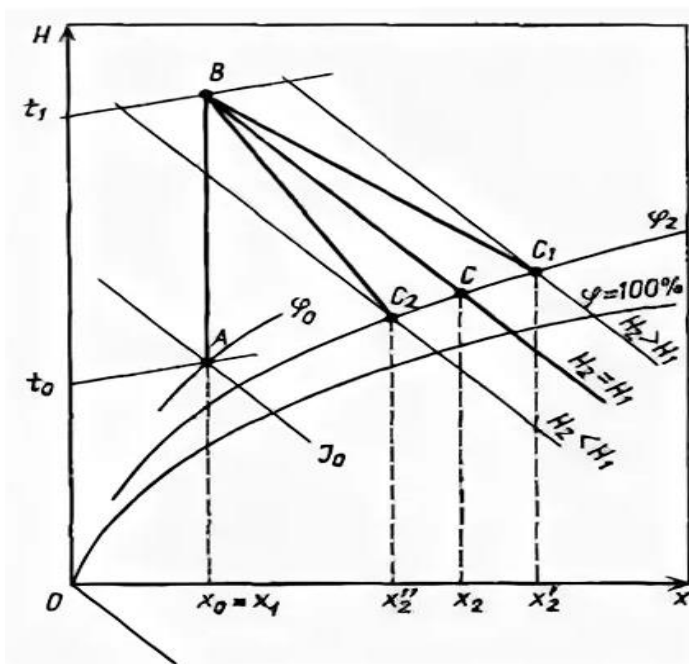


Рисунок 9 – Изменение параметров сушильного агента по диаграмме J - х в процессе нагревания и сушки

Вычислим расход абсолютного газа:

$$L = \frac{W_2}{(x_2 - x_1)} = \frac{1371,1}{(0,25 - 0,005)} = 5596,3 \text{ кг/ч},$$

Сведем материальный баланс в таблицу 6.

Таблица 6 – Материальный баланс

Показатели	Выход		
	% масс	Кг/ч	т/г
ПРИХОД:			
Крошка каучука с влажностью 50%	62,6	9375	1799,8
Сушильный агент	37,4	5596,3	690,6
Итого	100%	14971,3	4290,2
РАСХОД:			
Влага процесс сушки	8	1371,1	342
Крошка каучука	40,7	4253,9	1746
Влага фильтр-пресс	33,6	3750	1440,1
Сушильный агент	16	5596,3	690,6
Итого	100%	14971,3	4290,2

3.4 Тепловой баланс сушильной установки

«Для испарения влаги и проведения совместно с сушкой других термических процессов к материалу необходимо подвести тепло. Его можно подводить различными способами в зависимости от способа сушки. Если на основании опытных данных известен режим процесса, то из теплового баланса можно определить расход тепла на сушку и расход соответственно топлива, электроэнергии, пара» [17].

Суммарный расход теплоты в сушилке рассчитываем по формуле 12.

$$\Sigma Q = Q_{\text{исп}} + Q_{\text{м}} + Q_n + Q_{\Gamma}, \quad (12)$$

где $Q_{\text{исп}}$, $Q_{\text{м}}$ – теплота испарения влаги и нагревания материала;

Q_n и Q_{Γ} – потери теплоты соответственно в окружающую среду и с отходящими газами.

Для непрерывно действующих сушилок рассчитывают часовой расход теплоты, для сушилок периодического действия - расход теплоты на один цикл сушки. Расход теплоты (в кДж/ч) на испарение жидкости, рассчитывается по формуле 13:

$$Q_{\text{исп}} = W \cdot (J_{\text{п}} - J_{\text{ж}}), \quad (13)$$

на испарение воды по формуле 14:

$$Q_{\text{исп}} = 4,19 \cdot W \cdot (595 + 0,49t_r - \theta_1), \quad (14)$$

где $J_{\text{п}}$ – энтальпия перегретого пара жидкости при температуре отходящих газов;

$J_{\text{ж}}$ – энтальпия жидкости при начальной температуре материала;

t_r – температура отходящих газов, 105°C или 378 К;

θ_1 – начальная температура материала, 25°C или 298 К.

Из уравнения (14):

$$Q_{\text{исп}} = 4,19 \cdot 46,6 \cdot (595 + 0,49 \cdot 378 - 298) = 94155,4 \text{ кДж/ч}$$

Расход теплоты на нагревание высушенного материала (в кДж/ч):

$$Q_M = G_2 \cdot c_M \cdot (\theta_2 - \theta_1) \quad (15)$$

где θ_2 – температура материала, уходящего из сушильной камеры, 90°C или 363 K;

c_M -теплоемкость высушенного материала, кДж/(кг·K).

Причем:

$$c_M = c_C \cdot (1 - w_2) + w_2 \cdot c_{ж} , \quad (16)$$

где c_C - теплоемкость абсолютно сухого материала, удельную теплоемкость каучука примем 1,95 кДж/(кг·K);

$c_{ж}$ - теплоемкость испаряемой жидкости, удельную теплоемкость воды будем считать равной 4,19 кДж/(кг·K).

$$c_M = 1,95 \cdot (1 - 0,005) + 0,005 \cdot 4,19 = 1,96 \text{ кДж/ч}$$

Теперь подставим полученное выражение в формулу (13):

$$Q_M = 244,2 \cdot 1,96 \cdot (363 - 298) = 31111,1 \text{ кДж/ч}$$

Рассчитаем потери теплоты в окружающую среду (в кДж/ч):

$$Q_n = K \cdot F_{n.c.} \cdot (t_{cp.} - t_0), \quad (17)$$

где K – коэффициент теплопередачи через стенку сушилки для стали 12X18H10T = 0,078;

$F_{n.c.}$ - наружная поверхность сушилки;

$t_{cp.}$ - средняя температура в сушилке, 65K;

t_0 - температура окружающей среды, 25K.

Теплоизоляцию сушилки подберём с учетом того, чтобы температура наружной стенки не превышала 30 – 40 °C (303-313 K). Можно приближенно

принять удельные потери теплоты в окружающую среду $q_0 = 125 \div 420$ кДж на 1 кг испаренной влаги в зависимости от влажности материала (меньшую величину принимают для высоко влажных материалов).

$$Q_n = 0,078 \cdot 45 \cdot (338 - 298) = 140,4 \text{ кДж/ч}$$

Потери теплоты с отходящими газами составят:

$$Q_{\Gamma} = L \cdot J_2, \quad (18)$$

где J_2 - энтальпия отходящих газов при температуре t_2 и влагосодержании x_2 , определяем по диаграмме Рамзина (рисунок 10).

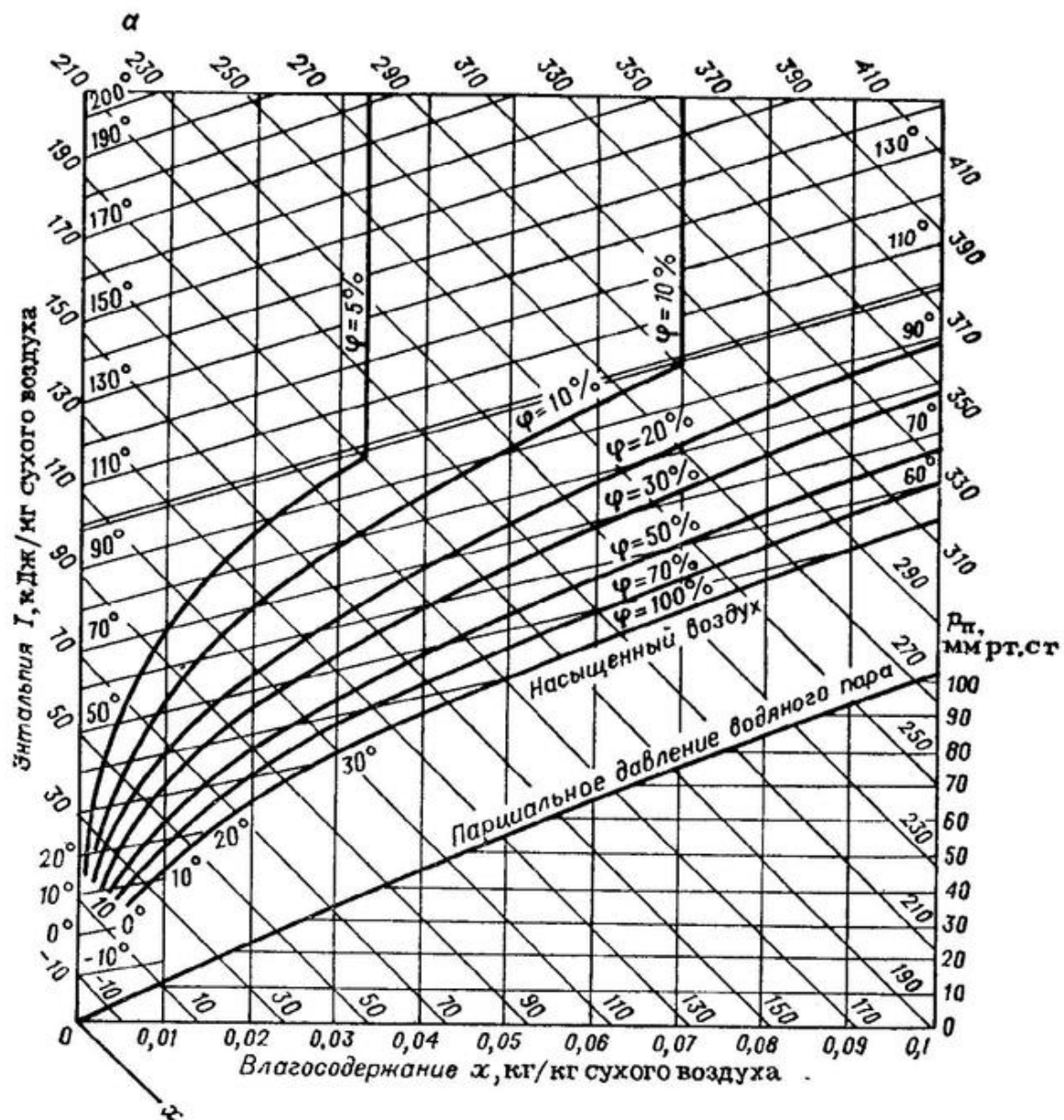


Рисунок 10 – диаграмма Рамзина

$$Q_{\Gamma} = 93,7 \cdot 100 = 9370 \text{ кДж/ч}$$

Учтем дополнительное количество воздуха $L_{\text{доп}}$, который поступает в сушилку через загрузочное отверстие и другие неплотности. Обычно принимают:

$$L_{\text{доп}} \approx 0,1 \cdot L \quad (19)$$

$$L_{\text{доп}} \approx 0,1 \cdot 93,7 \approx 9,4 \text{ кДж/ч}$$

Сведем тепловой баланс в таблицу 7:

Таблица 7 – тепловой баланс

Показатели	Выход	
	%	кДж/ч
Приход теплоты	100%	134776,9
РАСХОД:		
Потери теплоты с отходящими газами	7	9370
Теплота на нагревание высушенного материала	23	31111,1
Потери теплоты в окружающую среду	0,1	140,4
Теплота на испарение жидкости	69,9	94155,4
Итого	100%	134776,9

Из таблиц 6 и 7 видно, что материальный и тепловой балансы технологического процесса рассчитаны верно, основываясь на законе сохранения массы вещества (масса веществ, поступающих на технологическую операцию, равна массе полученных веществ).

4 Экономическая и экологическая целесообразность

Ежегодно на очистных сооружениях ООО «Тольяттикаучук» образуется около 3600 тонн полимерной крошки, которая вывозится на полигоны. В этой главе мы рассчитаем плату за негативное воздействие на окружающую среду и за размещение крошки на полигонах.

Плата за размещение отходов в пределах лимитов рассчитывается по формуле 20:

$$П_{лр} = M_{л} \cdot H_{пл}, \quad (20)$$

где $M_{л}$ - масса (объем) размещенных отходов в количестве, равном или менее установленных лимитов, т;

$H_{пл}$ - ставка платы за размещение отходов в пределах лимитов, руб./т.

$$П_{лр} = 3600 \cdot 750 = 2\,700\,000 \text{ руб}$$

Плата за негативное воздействие на окружающую среду в соответствии с пунктом 7 статьи 23 Федерального закон от 29.12.2014 № 458-ФЗ «Об отходах производства и потребления» в пределах лимитов рассчитывается по формуле 21:

$$П_{нл} = M_{л} \cdot T_{пл} \quad (21)$$

где $M_{л}$ - масса (объем) размещенных отходов в количестве, равном или менее установленных лимитов на размещение отходов, т;

$T_{пл}$ - тариф платы за негативное воздействие на окружающую среду в пределах лимитов, руб./т.

$$П_{нл} = 3600 \cdot 346,89 = 1\,248\,804 \text{ руб}$$

Рассчитаем оплату за продажу переработанного нами полимера. Изучив рынок данного направления, можно увидеть, что цены варьируются от 14 000 до 20 000 рублей, для расчета возьмём среднюю стоимость – 17 000 рублей за тонну продукции.

Выручка от продажи переработанного эластомерного продукта за год, без учета затрат на использованные ресурсы (электроэнергия, вода, транспорт и др.)

$$S = A \cdot B = 3\,600 \cdot 17\,000 = 61\,200\,000 \text{ руб.}$$

где S – выручка от продажи, руб;

A – количество производимой продукции в год, т;

B – цена за тонну товара, руб.

Проведём сравнение между затратами предприятия на утилизацию отхода сейчас, и выручкой с продажи переработанного осадка. На данный период предприятие затрачивает на утилизацию осадка в сумме 3 948 804 рублей, выручка от продажи переработанного продукта в 15,3 раза выше, без учета затрат на электроэнергию, водные ресурсы, транспортные расходы.

Разработка данной установки показывает существенные плюсы в её применении, снижается негативное воздействие на окружающую среду, и предприятие получает дополнительную прибыль.

Заключение

В бакалаврской работе проанализирована технологическая схема очистки сточных вод на очистных сооружениях ООО «Тольяттикаучук» на этапе образования полимерного осадка. Проведены лабораторные исследования по влагосодержанию в образующемся осадке, для подбора режима и мощности предлагаемой установки.

В настоящее время не существует единой схемы по переработке полимерного осадка с очистных сооружений. При выборе схемы переработке были учтены следующие факторы:

- Сложный состав осадка (бутадиен- α -метилстирольного, полиизопренового и бутылкаучука) соотношение отдельных видов каучуковых крошек неизвестно, так же, как и фракции могут варьироваться от 1 до 5 мм.
- Температура плавления каучуковой крошки 180-200°C, температура нагревания предлагаемой установки составляет 100-110 °C.
- Расход энергии, объемы образования осадка за год (3 600 тонн).
- Удобство эксплуатации.

Основной задачей предлагаемой установки является снижение объёмов захоронения сырого осадка на полигонах, что существенно снизит нагрузку на окружающую среду.

Предлагаемое техническое решение дает возможность в условиях производства синтетических каучуков, поступающих побочных продуктов вместе со сточными водами на очистные сооружения, снизить негативное воздействие на окружающую среду. Экологический эффект достигается за счет отказа от захоронения полимерного осадка на полигоне.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Благоразумова А.М. Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод: учебное пособие. – СПб.: Изд-во Лань, 2014. – 208 с.
2. Водоотведение: учебное пособие / Ю.В. Воронов [и др.]. – М.: Изд-во АСВ, 2014. – 416 с.
3. ГОСТ 19338-90 Каучук синтетический. Метод определения потери массы при сушке.
4. ГОСТ 27109-86 Каучуки синтетические. Методы отбора и подготовки проб.
5. ГОСТ Р 54533-2011 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководящие принципы и методы утилизации полимерных отходов.
6. ГОСТ Р 54535-2011 Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при размещении и использовании на полигонах.
7. ГОСТ Р 59748-2021 Технические принципы обработки осадков сточных вод. Общие требования.
8. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник для вузов. Часть 1. - М.:Химия, 1995 - 400 с.
9. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности. - М.: Химия, 1970. - 429 с.
10. Министерство промышленности и торговли Самарской области [Электронный ресурс]. – URL: <https://minprom.samregion.ru/2022/05/18/tolyattikauchuk-modernizirueto-chistnye-sooruzheniya> (дата обращения: 18.05.2022).
11. Патент RU 104970 Способ переработки осадков сточных вод с получением жидкого топлива. Автор: Апостолов Сергей Александрович, Потапов Анатолий Иванович. Опубликовано 11.08.2017 Бюл. № 22 [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.freepatent.ru/patents/104970> (дата обращения: 03.05.2022).

12. Патент RU 168298 Комбинированная установка для переработки и последующей утилизации осадков, образующихся от очистки сточных вод на ЦБП производствах. Автор: Трейман Марина Геннадьевна (RU). Опубликовано 10.08.2014 Бюл. № 22 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.freepatent.ru/patents/168298> (дата обращения: 03.05.2022).

13. Патент RU 2160304 Способ получения твердого топлива. Автор: Вайсман Яков Иосифович. Опубликовано 10.05.2020 Бюл. № 22 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2160304> (дата обращения: 03.05.2022).

14. Патент RU 2211192 Способ переработки обезвоженных осадков сточных вод. Автор: Соколов Виктор Дмитриевич, Галдилов Владимир Сергеевич, Боярский Александр Александрович. Опубликовано 10.08.2014 Бюл. № 22 [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.freepatent.ru/patents/2211192> (дата обращения: 03.05.2022).

15. Романков П. Г., Фролов В. Ф. и др. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи). - СПб: Химия, 1993. - 496 с.

16. СанПиН 2.1.7.573 – 96. Санитарные нормы и правила. 2.1.7. Почва, очистка, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения.

17. СП 1.2.1170 – 02 «Гигиенические требования к безопасности агрохимикатов». Агрохимикаты на основе осадков сточных вод. Введ. 31.10.1996 № 2.1.7.573 – 96. М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – с 35.

18. СП 32.13330 – 2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. –Введ. 01.01.2013. – М.: Минрегион России, 2012. – 97 с.

19. Суад Джаффар Абдул Хали. Влияние осадка городских сточных вод на качество почвы и сельскохозяйственных культур / Суад Джаффар 101

Абдул Халик, Ахмед Аль – Бусаиди , уштак Ахмед, Малик Аль – Варды, Хешам Аграма, Б. С. Чоудри // Springer Berlin Heidelberg – 2017.

20. Сушильные установки / Г.К. Филоненко, П.Д. Лебедев. - М.: Госэнергоиздат, 1952. - 252 с.

21. Схема водоснабжения и водоотведения городского округа Тольятти на период с 2014 до 2028 года [Электронный ресурс]. – URL: https://tgl.ru/files/tinymce/tom-2_file_1422338459-2_file_1435815192.pdf (дата обращения: 12.04.2022).

22. Федеральный классификационный каталог отходов – перечень образующихся в Российской Федерации отходов/ утверждён Приказом МПР России от 02.12.2002 N 786.

23. Хисамеева Л.Р., Селюгин А.С., Абитов Р.Н., Бусарев А.В., Урмитова Н.С. О-23 Обработка осадков городских сточных вод. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2016. – 105 с.

24. Condorchem envitech [Электронный ресурс]. URL: <https://condorchem.com/en/industrial-wastewater-treatment> (дата обращения 28.09.2021).

25. Jimenez S, Mico M., Arnaldos M. , Medina F. , Contreras S., State of the art of produced water treatment State of the art of produced water treatment//Chemosphere,2018 Volume 192,February 2018, pp 186-208.

26. Lawrence K. W., Jiaping P. C., Yung-Tse H., Nazih K. S. «Heavy Metals in the Environment».

27. Maulin S.,Rodriguez-Couto S., Kumar V. « New Trends in Removal of Heavy Metals from Industrial Wastewater»[Электронный ресурс] URL: <https://www.elsevier.com/books/new-trends-in-removal-of-heavy-metals-fromindustrial-wastewater/shah/978-0-12-822965-1>(дата обращения: 10.05.2022).

28. Okoh I., Triclosan in water, implications for human and environmental health / Okoh I. // Environ Health Perspect, 2016, 116:1203–1210.

Приложение А

Результаты патентного поиска

Таблица А. 1 – Результаты патентного поиска

Номер патента	Авторы, патентообладатели	Название патента	Формула изобретения
⁽¹⁹⁾ RU ⁽¹¹⁾ 2 211 192 ⁽¹³⁾ C1	Соколов Виктор Дмитриевич, Галдилов Владимир Сергеевич	Способ переработки обезвоженных осадков сточных вод	«Способ переработки обезвоженных осадков сточных вод, включающий их измельчение, сжигание с образованием золы с последующим удалением золы в отвал, отличающийся тем, что перед измельчением обезвоженные осадки сточных вод в количестве 1-5 мас. % равномерно смешивают с углем, измельчение смеси обезвоженных осадков и угля ведут до тонины помола $R_{90} = 5 \div 15\%$ с одновременной сушкой горячим воздухом температурой 200-400°C до влажности $1 \div 2\%$ с образованием твердого пылевидного топлива, сжигание которого ведут в топке промышленного котлоагрегата» [15].
⁽¹⁹⁾ RU ⁽¹¹⁾ 168 298 ⁽¹³⁾ U1	Трейман Марина Геннадьевна	Комбинированная установка для переработки и последующей утилизации осадков, образующихся от очистки сточных вод на ЦБП производствах	«Установка для переработки и утилизации осадков сточных вод представляет собой последовательно расположенные блоки сушки, магнитной и реагентной обработки, разделенные между собой функциональными перегородками. Каждый из блоков имеет свое технологическое назначение: в блоке сушки осуществляется процесс выведения воды из состава отхода, затем в блоке магнитной обработки происходит выделение тяжелых металлов, после чего вещество поступает в блок реагентной обработки, происходит разделение шлама. Технологической особенностью установки для переработки и утилизации осадков сточных вод является то, что она снабжена функциональными решетчатыми перегородками, отверстия которых регулируются по диаметру в соответствии с необходимостью технологических процессов сушки, просеивания, магнитной и реагентной обработки» [13].

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А. 1

Номер патента	Авторы, патентообладатели	Название патента	Формула изобретения
⁽¹⁹⁾ RU ⁽¹¹⁾ 2 104 970 ⁽¹³⁾ C1	Апостолов Сергей Александрович, Потапов Анатолий Иванович	Способ переработки осадков сточных вод с получением жидкого топлива	«Способ переработки осадков сточных вод и активного ила установок биологической очистки путем их сжигания, отличающийся тем, что осадки или их смесь с активным илом нагревают до 80 90оС, добавляют предварительно нагретый до 100 – 160°С нефтяной мазут или гудрон, производят перемешивание смеси при величине центробежного критерия Рейнольдса не менее 100 в течение 15 – 35 мин, а полученную эмульсию-суспензию используют в качестве жидкого котельного топлива» [12].
⁽¹⁹⁾ RU ⁽¹¹⁾ 2 160 304 ⁽¹³⁾ C1	Государственное Казанское научно-производственное предприятие им. В.И. Ленина, ООО "Бизон"	Способ получения твердого топлива	«Способ получения твердого топлива на основе осадков городских сточных вод , отличающийся тем, что в осадки сточных вод перед их обезвоживанием вводятся целлюлозосодержащие материалы в количестве 0 - 95% на сухую массу топлива, полученная смесь перетирается до гомогенной массы с образованием волокон целлюлозы двух видов: длинных - с размерами волокна 0,1 - 1,0 мм и коротких - с размерами волокна менее 0,05 мм, обезвоживается на иловых площадках до влажности не более 85%, фрезеруется послойно на глубину не более 30 мм, ворошится и убирается пневматическим способом с влажностью не более 65%, сушится при температуре не ниже 80°С, прессуется в виде топливных брикетов или гранулятов под давлением или сжигается в пылевидном состоянии» [14].