

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

Институт химии и инженерной экологии

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «РПиР»

М.В. Кравцова

(подпись)

(И.О. Фамилия)

«26» января 2017 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение бакалаврской работы

Студент: Финк Дмитрий Александрович

1.Тема: Разработка технологического решения по вторичному использованию отработанной воды в производстве гранулята ПЭТФ

2. Срок сдачи студентом законченной бакалаврской работы 14.06.2017

3.Исходные данные к выпускной квалификационной работе: объем используемой воды на предприятии ООО «ПОВТОР»

4. Содержание выпускной квалификационной работы:

4.1 Анализ качества сточных вод предприятия ООО «ПОВТОР»

4.2 Исследование процесса очистки сточных вод предприятия

4.3 Определить экономический и экологический эффект при внедрении системы мембранной очистки на ООО «ПОВТОР»

4.3 Выбор технологического решения по очистке и вторичному использованию сточных вод

5.Дата выдачи задания 26.января 2017г.

Руководитель бакалаврской работы

(подпись)

Д. А. Волков

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

Д. А. Финк

(И.О. Фамилия)

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

Институт химии и инженерной экологии

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «РПиР»

М.В. Кравцова

(подпись)

(И.О. Фамилия)

«26» января 2017г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы

Студента: Финк Дмитрий Александровича

по теме: Разработка технологического решения по вторичному
использованию отработанной воды в производстве гранулята ПЭТФ

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Введение	15.05.2017	13.05.2017	выполнено	
Обоснование актуальности целей и задач	17.05.2017	17.05.2017	выполнено	
Теоретический обзор.	20.05.2017	18.05.2017	выполнено	
Предложение методики исследования	24.05.2017	21.05.2017	выполнено	
Заключение. Вывод	02.06.2017	01.06.2017	выполнено	

Руководитель бакалаврской работы

(подпись)

Д.А. Волков

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

Д.А. Финк

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Тема работы: «Разработка технологического решения по вторичному использованию отработанной воды в производстве гранулята ПЭТФ»

Краткие выводы по бакалаврской работе: В ходе работы было проанализированное качество сточных вод ООО «ПОВТОР», проведено исследование процесса очистки сточных вод и на основании теоретических и экспериментальных данных предложены технические решения по очистке и введению в водооборотный цикл сточных вод на предприятии ООО «ПОВТОР».

Бакалаврская работа состоит из введения, двух глав, заключения, списка используемых источников.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цели и задачи исследования.

В первой части проводится теоретический анализ методов и способов очистки сточных вод, так же изложены основы создания водооборотных циклов.

Во второй части проведён анализ по выбору очистной станции, подходящей для конкретного предприятия. Рассматриваются различные типы мембран и их свойства. Производится выбор наиболее подходящей установки для работы на предприятии ООО «ПОВТОР»

Заключение содержит основные выводы о проделанной работе.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, 3-х разделов, заключения, списка литературы из 60 источников. Общий объем работы 65 страницы машинописного текста, в том числе таблиц – 16, рисунков – 28.

ABSTRACT

The title of the graduation work Application of Water Purification Technology in the Process of PET Packaging Processing for the Purpose of Re-use at the Enterprise OOO «POVTOR».

The graduation work deals with application of water purification technology in the process of PET packaging processing for the purpose of re-use.

In the course of the work, the quality of the waste water of OOO «POVTOR» was analyzed; the process of wastewater treatment was studied and, based on theoretical and experimental data, technical solutions for purification and introduction of waste water in the water circulation cycle at OOO «POVTOR» were developed.

The bachelor's work consists of an introduction, two chapters, conclusion, list of used sources.

In the introduction, the urgency of the chosen topic is substantiated; the goals and objectives of the research are formulated.

In the first chapter, we study a theoretical analysis of the methods and methods of wastewater treatment, as well as the foundations for the creation of water rotation cycles.

In the second chapter, we analyze the choice of a treatment plant suitable for a particular enterprise. Various types of membranes and their properties are considered. The choice of the most suitable installation for work at the enterprise is made by OOO «POVTOR».

The conclusion contains the main conclusions about the work done.

The work consists of an introduction, 3 sections, conclusion, a list of literature from 60 sources. The total amount of work 64 pages of typewritten text, including tables - 16, figures - 28.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПО ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД	10
1.1 Общие сведения о предприятии	10
1.2 Теоретические основы о переработке ПЭТФ бутылки	10
1.3 Описание производственного процесса переработки ПЭТФ бутылок на ООО «ПОВТОР»	13
1.4 Характеристика водоснабжения и водоотведения на предприятии	18
1.5 Технологическая очистка сточных вод	20
1.6 Методы механической очистки сточных вод	22
1.7 Стандартные конструкции отстойников	23
1.8 Создание водооборотных циклов	25
2. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЧИСКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ ООО «ПОВТОР»	28
2.1 Развитие способа мембранной очистки сточных вод	28
2.2 Способ первичной очистки сточных вод	30
2.3 Мембранные методы очистки сточных вод	31
2.4 Классификация мембран	32
2.5 Половолоконные мембраны	39
2.6 Спиральные мембраны	40
2.7 Трубчатые мембраны	41
2.8 Листовые мембраны	43
2.9 Патентный поиск	46
2.10 Процесс нейтрализации	49
2.11 Вывод по разделу	51
3. РАССЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	52
3.1 Расчет производственной мощности	52
3.2 Выбор типа мембраны	53

3.3	Расчет капитальных вложений на установку	56
3.4	Затраты на расходные очистные материалы	57
3.5	Затраты на содержание и эксплуатацию очистного сооружения	57
3.6	Общая экономическая и экологическая эффективность	59
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	60
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	61

ВВЕДЕНИЕ

Принципы очищения воды во многом связаны с ее качеством. При подготовке воды для использования потребителями воду предварительно очищают от примесей. После использования воды потребителями – она снова загрязняется и ее сброс в водоемы или повторное использование становятся невозможными.

Переход воды из менее качественного состояния в более качественное – является следствием процесса очистки воды для ее повторного использования в производстве или потреблении.

Существуют специальные методы очистки воды, включающие в себя комплексы процессов удаления примесей. В настоящее время универсальной классификации методов не существует. Отправной точкой при классификации методов для разделения на области науки рассматривают физические и химические методы. Но в современном мире стираются грани между естественными науками, и данное разделение становится малоинформативным. Хотя у воды есть как химические, так и физические свойства, например температура и давление, большую часть методов необходимо рассматривать междисциплинарно, т.к. в основе лежат в физико-химические процессы, такие как осмотические явления и устойчивость к седиментации.

При рассмотрении методов по принципу фазового перехода они характеризуются скачкообразными изменениями свойств: энтропии, объема, теплоемкости др. Основная очистка происходит за счет перехода вещества в новую фазу за счет ректификации, дистилляции, кристаллизации, осаждения.

Вода является неотъемлемым элементом технологического процесса предприятия. На ООО «ПОВТОР» в цехе переработки ПЭТФ бутылок вода участвует в процессе промывки флекса в двухнековой мойке.

После окончания технологического процесса отработанная вода сбрасывается в производственную канализацию.

Сброс сточных вод на предприятии повышает пагубное воздействия на водоемы городского округа Тольятти и окружающую среду в целом.

Следовательно, является целесообразным повышением качества очистки сточных вод ООО «ПОВТОР» для повторного использования очищенной воды.

На производстве необходимо внедрение установок по очистке и возврату очищенной воды в производственный процесс.

Цель работы: снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду, с помощью повышения качества очищения сточных вод ООО «ПОВТОР».

Задачи работы:

1. Провести анализ состава сточных вод, выявить недостатки;
2. Проанализировать существующие технологии очистки сточных вод предприятия ООО «ПОВТОР» после проведения процесса переработки ПЭТФ бутылки;
3. Исследовать методы очистки сточных вод;
4. Разработать техническое решение, по выбору наилучшего способа очистки.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПО ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД

1.1 Общие сведения о предприятии

ООО «ПОВТОР» входит в состав компании «ЭкоВоз», которая занимается вывозом и утилизацией отходов в городе Тольятти, Жигулевске и других городах. Предприятие расположено на территории бывшего завода "КуйбышевФосфор".

ООО «ПОВТОР» занимается сортировкой и переработкой бытовых отходов, различных видов пластмасс, ПЭТФ бутылок, отработанных покрышек и обезвреживанием ртутных ламп.

Работа организована и делится на несколько стадий.

1.2 Теоретические основы о переработке ПЭТФ бутылки

Полиэтилентерефталат (ПЭТФ, ПЭТ) — это термопластик, который также именуется как полиэфир, лавсан и является продуктом поликонденсации этиленгликоля с терефталевой кислотой (или ее диметилловым эфиром) - это вещество, не имеющее цвета, в кристаллическом состоянии непрозрачное [18,46]. При достижении температуры около 70-75 градусов становится прозрачным, и остается таким же, если его резко охладить, что называется процессом кристаллизацией (рис. 1)[31].

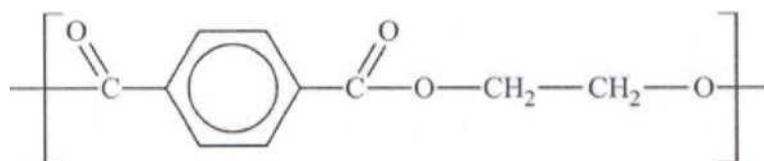


Рисунок 1 - Формула полиэтилентерефталат

Физические свойства

- плотность — 1,428—1,436 г/см³,
- температура размягчения — 236 °С,
- температура плавления — 270 °С,
- температура стеклования — 69 °С,

- температура разложения — 349 °С.

Физические свойства ПЭТФ делают его идеальным материалом для использования при изготовлении упаковки (бутылок), пленок, волокон конструкционных элементов.

Не растворим в воде и органических растворителях. Неустойчив к кетонам, сильным кислотам и щелочам.

Для ПЭТФ присуща высокая вязкость, которую можно определить как длиной молекулы полимера. Увеличивая параметры вязкости, кристаллизация будет уменьшаться. У полиэтилентерефталата есть такие качества как прочность, хорошая электропроводимость и износостойкость [13].

ПЭТФ обладает целым рядом преимуществ. Сам материал очень легкий, если сравнивать его со стеклом, то ПЭТФ практически в 10 раз легче. Так же этот вид материала очень легко окрашивать в любой цвет.

ПЭТФ – продукт, имеющий большой успех на рынке упаковочной тары. В данный момент её используют, начиная от пищевой промышленности, заканчивая продукцией, связанной с парфюмерией.

ПЭТФ гранулы широко распространены, с легкостью заменяют стеклянную тару. Так же его цена в несколько раз ниже, чем другой вид тары.

Упаковка из ПЭТФ, составляет примерно 7 % основного бытового мусора. По данным за 2014-2015 года, в России образовалось около 70 млн. тонн твердых отходов, в том числе 5 млн отходов ПЭТФ. При попадании на полигон ПЭТФ бутылка разлагается более 250 лет и становится глобальной экологической проблемой [56]. При возникновении на полигоне возгорания из ПЭТФ бутылок выделяется один из основных токсинов - кадмий (Cd). Кадмий почти невозможно извлечь из природной среды, поэтому он накапливается в ней.

Оптимальный вариант в решении данной проблемы - это вторичная переработка. При вторичной переработке ПЭТФ настолько незначительно

теряется свои свойства, что легко поддается переработке и может возвращаться в технологическую цепочку бесконечное количество раз. Вторичная переработка пластика экономит расход нефти, поскольку в первичном производстве пластик изготавливают именно из нее.

Есть много разновидностей линий по переработке ПЭТФ-бутылок. На перерабатывающих заводах используют следующие основные этапы: сортировка, прессование, дробление, мойка, флотация, сепарация и сушка. В итоге с конвейера выходит флекс - сырье для новых продуктов.

Из флекс получают полиэфирное волокно. Производство полиэфирного волокна — это достаточно сложный многоуровневый технологический процесс.

Основным сырьем для производства волокна является первичный гранулят и вторичный ПЭТФ флекс, полученный путем переработки бутылок из полиэтилентерефталата. ПЭТФ подвергают плавлению при T-279-319. С в экструдерах, их производительность может достигать 0,5-20 килограмм за минуту работы. Расплав от одного экструдера распределяется в зависимости от тонины формируемой нити на 15-90 фильер (число отверстий в фильерах при формировании волокон 80-1500, технических нитей-150-300, текстильных-7-75; диаметр отверстий фильеры 0,1-0,5 мм) [28,4]. Струйки расплава, выходящие из фильеры, интенсивно охлаждаются воздухом в специальной шахте машины формирования и затвердевают. Количество фильер в одной шахте колеблется от 1 до 16. Из этого волокна фабрики производят нетканые материалы, используемые в швейной промышленности для утепления тканей и придания им прочности. Так же из ПЭТФ получают флизелин, высококачественную ПЭТФ крепёжную ленту, гранулят, синтепон, пленку, литье и др.

Зарубежные компании шагнули чуть дальше навстречу текстилю, они производят из пластика полиэстер — ткань, которая легко стирается, быстро сохнет, не растягивается и не садится после стирки.

1.3 Описание производственного процесса переработки ПЭТФ бутылок на ООО «ПОВТОР»

Количество технологических стадий: 7 стадий

1. Сортировка.
2. Прессование.
3. Дробление.
4. Мойка.
5. Флотация.
6. Сушка.
7. Фасовка.

Стадия сортировки:

1. ПЭТФ бутылки поступают на предприятие в составе ТКО (твердые коммунальные отходы)(рис. 2).

2. Выгрузка мусоровозов осуществляется на бетонированную площадку, в центре которой находятся три заглубленных конвейера, подающих отходы на три сортировочные линии, на которых вручную отбирают ПЭТФ бутылки, пригодные для дальнейшей переработки.

3. Отбираемые ПЭТФ бутылки сбрасывают в приемные ячейки, расположенные у каждого рабочего места.

4. Сортировку производят отдельно по цветовому признаку. Подразделяются на светлые(прозрачные и голубые) и темные(коричневые и зеленые)



Рисунок 2 - ПЭТФ бутылки

При необходимости, возможна сортировка и по каждому цвету отдельно.

В процессе сортировки не отбирают:

- Белые бутылки из под кефира (загрязняют фильеры, при производстве полиэфирного волокна);
- Бутылки из под масла (загрязняют оборудование маслом).

Следом за этим идет стадия прессования. Все отобранные в процессе ручной сортировки ПЭТФ бутылки поступают на пресс, где формируются тюки массой до 150 кг.(рис. 3).



Рисунок 3 – Спрессованный ПЭТФ

Спрессованный ПЭТФ попадает на линию дробления и мойки ПЭТФ-бутылок в виде тюка, закрепленного металлической проволокой(рис. 4).



Рисунок 4 – Спрессованный ПЭТФ

Работник болторезом перерезает проволоку, разбивает лопатой тюк и равномерно загружает ПЭТФ бутылки на ленточный конвейер, который загружает их в дробилку № 1(рис. 5) [10].



Рисунок 5 - Дробилка №1

В процессе дробления происходит измельчение целой бутылки на частицы размером 4-6 см, которые по шнековому конвейеру поступают в горизонтальную мойку, где происходит отмывание флекс от загрязнителей, таких как пыль, песок (рис. 6).



Рисунок 6 – Горизонтальная мойка

Далее флекс поступает в двухнековую мойку, где происходит процесс флотации (разделение материалов по плотности). В результате данного процесса из ПЭТФ бутылок удаляются этикетки и крышки. ПЭТФ хлопья по дну транспортируются шнеком через всю ванну, а пробка, кольца, полиэтиленовые и полипропиленовые этикетки и другие частицы с удельной плотностью менее единицы, всплывают на поверхность (рис.7).



Рисунок 7 - Двухнековая мойка

Удаление пробкосодержащей смеси (ПСС) происходит работником вручную, дуршлагом с поверхности воды и совком с фильтрующей сетки, в ведро. По мере его заполнения, ПСС перемещают в Биг-Бэг (рис. 8).



Рисунок 8 - Пробкосодержащая смесь и Биг Бэг

Перемещаясь по шнековому конвейеру, флекс поступает в горячую мойку ($T=80-100^{\circ}\text{C}$), куда добавляют едкий натр для отделения клея и этикеток от флекс. В тоже время на данном этапе происходит отделение оставшихся загрязнителей и обеззараживание [41,60]. Затем флекс поступает на многостадийную мойку, включающую в себя, последовательно расположенные 1 горизонтальную мойку и 3 флотационные ванны. Многостадийная мойка необходима для эффективной промывки флекс от едкого натра, удаления остатков клея и этикетки, извлечения из общей массы флекс металлов, при помощи магнитов (рис. 9).



Рисунок 9 - Магнитные трубы для извлечения металлов

Очищенный флекс поступает в дробилку № 2, для измельчения на более маленькие частицы, размером 0,4-1,4 см. Затем флекс поступает в центрифугу для удаление воды, до содержания не более 4%. Пневмотранспорт перемещает флекс из центрифуги в сушильный бункер, где он высушивается горячим воздухом. Далее флекс упаковывается в Биг-Бэг, который находится под бункером сушилки (рис. 10).

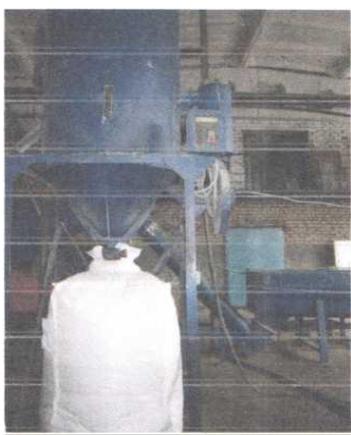


Рисунок 10 - Сушилка с упаковкой Биг-Бэг

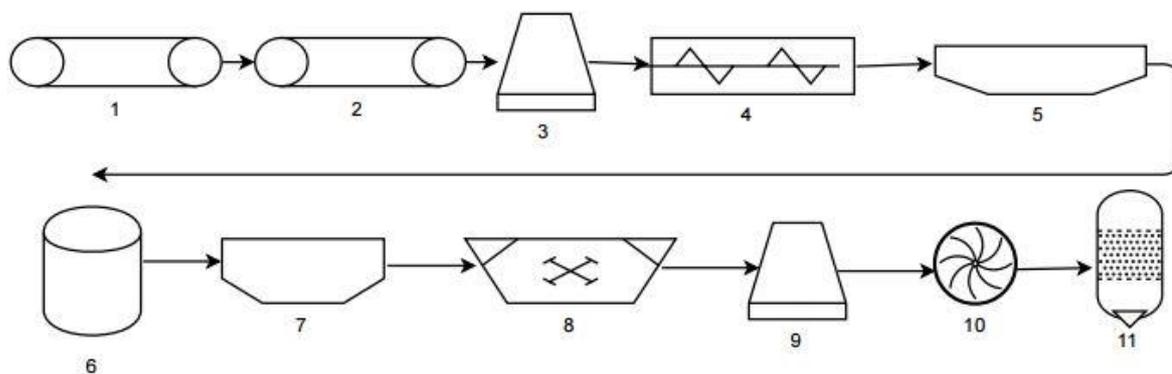


Рисунок 11 - Блок схема технологических стадий

1 – линия сортировки ПЭТФ по цвету и материалу; 2 – линия прессовки ПЭТФ (тюки массой до 150кг); 3 – дробилка №1; 4 – горизонтальная мойка №1; 5 – флотационная ванна №1; 6 – горячая мойка; 7 – горизонтальная мойка №2; 8 – флотационная ванна; 9 – дробилка №2; 10 – центрифуга; 11 – сушилка с площадкой упаковки Биг-Бэг.

1.4 Характеристика водоснабжения и водоотведения на предприятии

Водоснабжение ООО «ПОВТОР» осуществляется по следующим системам водопровода:

1. Противопожарный.
2. Производственный.

Водоотведение на предприятии осуществляется в производственную канализацию.

Подача воды на технологические нужды осуществляется с помощью систем водоснабжения.

Для охлаждения оборудования используются 2 водонапорных блока. На прессовом производстве для воды, которая подается при охлаждении оборудования, используется водооборотный блок № 3.

Нагретые сточные воды из цехов завода поступают через трубопроводы в приемные резервуары блоков, а затем охлаждаются до температуры не выше 30 градусов.

Чтобы восстановить потери, имеется дополнительное питание промышленной водой.

Производственные сточные воды по канализации попадают на химический завод «Куйбышевазот», там происходит очистка от взвешенных частиц, механических загрязнителей, колечек, этикеток и крышек. Водоснабжение для линии производства осуществляется по средствам предприятия ООО «ВКХ» (рис.12).



Рисунок 12 - Схема очистки воды на предприятии ООО «ПОВТОР»

Очищение сточных вод производится следующим образом:

Отработанные сточные воды попадают на очистные сооружения через два напорных трубопровода, диаметр каждого составляет 850-900 миллиметров, в приемную камеру, а затем в решетчатую комнату с помощью дробилок.

После решетчатой комнаты сточные воды поступают в осадительные резервуары, оснащенные мостовыми скребками, которые имеют предустановленный временной режим.

Осаждение осадка на дне отстойных резервуаров подается с насосом в герметик для суспензии, а всплывающие продукты отправляются на утилизацию [3].

После отстойных резервуаров сточные воды проходят через распределительную камеру до пяти коагуляторов, где основную очистку

сточных вод проводят с помощью химических реагентов: полиакриламид, сульфат алюминия, бентонит.

В коагуляторе встроено устройство для сбора и фильтрации плавающих веществ и их удаления в приемную камеру осадочных баков. Суспензию, полученную в осадительных резервуарах и коагуляторах, закачивают насосами в уплотнение шламоуплотнителя [53].

Известь гашенная используется для улучшения процесса осаждения. После прессования шлам подают в прессовый фильтр и обезвоживают. Спрессованный шлам экспортируется с территории по дороге на место захоронения.

После прохождения очистных сооружений на предприятии ПАО «Куйбышевазот» уже очищенная вода поступает на предприятие ООО «ПОВТОР» для промышленных целей.

Требование СанПиН 2.1.5.980-00 по качеству производственных стоков для предприятий, является число термотолерантных колиформных бактерий КОЕ/100мл. ≤ 100 , число общих колиформных бактерий КОЕ/100 мл. ≤ 500 и число колифагов БОЕ/100 мл, ≤ 100 . В настоящее время на ООО «ПОВТОР» средним показателем является число термотолерантных колиформных бактерий является 59, общее число колиформных бактерий 304, число колифагов 67, что является допустимым показателем.

1.5 Технологическая очистка сточных вод

При выборе технологии обработки для определенного стока определяющими факторами являются: скорость потока, начальная концентрация нефтепродуктов и связанных с ними загрязняющих веществ, требования к качеству для очищенной воды для всех стандартных загрязнений [38].

При выборе способа обработки для определенного стока ключевыми факторами считают: скорость потока, начальная концентрация нефтяных продуктов, а так же связанных с ними загрязняющих веществ, требования к

качеству для очищенной воды для всех стандартных загрязнений. При определении способа очистки вод следует брать во внимание множество разных факторов [36]. При рассмотрении взаимозависимости ряда технических и экономических показателей выбирается схема процесса очистки, основанная на механизированной очистке. В то же время, в корреляции требований к качеству очистки воды, используется предварительная или последующая очистка воды.

Рассмотрим механические методы очистки сточных вод.

При большом количестве твердых частиц в водном растворе как правило используется механическая очистка (седиментация), посредством которой большой объем загрязняющих веществ удаляется [1]. Схема очистки воды в дополнение к седиментации (с использованием коагулянтов и флокулянтов, а так же без них) может включать в себя адсорбцию, фильтры, центрифугирование и т. д.

Предположительный качественный анализ промышленных стоков предприятия ООО «ПОВТОР»:

1. Взвешенные частицы.
2. Шлам (75 кг/ 1м³).
3. Органические масла (в основном от растительного масла).
4. Остатки клея (около 1%).
5. Наличие ПВХ (около 0.25%).

1.6 Методы механической очистки сточных вод

Краткая характеристика механических методов очистки с достоинствами и недостатками приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Методы очистки сточных вод механическим способом

Виды очистки	Сущность метода	Достоинства	Недостатки
Отстаивание (отстойники)	Процесс отстаивания осуществляется в прямоугольных или круглых резервуарах предназначенных для очистки сточных вод от нефтепродуктов с помощью гравитационного осаждения. За счет разности плотностей нефтепродукты всплывают в верх образуя маслянистый слой на поверхности.	Достоинствами отстаивания являются: простота эксплуатации и минимальное дорогое обслуживание, отстойники легко и быстро справляется с резким ростом концентрации нефтепродуктов, небольшая стоимость по сравнению с прочими очистными сооружениями, а также высокая степень очистки до 98%.	Не очищает от и эмульгированных продуктов, необходимо наличие большого количества свободной площади из-за габаритов нефтеловушек [25]. Требуется дополнительная более тонкая очистка для сброса вод в водоемы.
Фильтрование	Фильтрование проводят с применением фильтрующей перегородки, процесс осуществляется за счет разности давлений по обеим сторонам перегородки.	При регенерации синтетических Фильтрующих материалов удаляется до 95% адсорбированных нефтепродуктов. Меньшие объемы относительно отстойников	Необходимость предварительной механической очистки
Гидроциклон	Очистка воды осуществляется за счет центробежной силы.	Меньшие объемы относительно отстойников	Более сложная конструкции и эксплуатация

Проанализировав представленные методы очистки, мы приходим к выводу, что лучшим для предприятия является процесс фильтрования. Данный метод очистки наиболее эффективен, за счет относительной простоты аппаратов, качества очистки и наименьшему числу недостатков.

1.7 Стандартные конструкции отстойников

Процесс осадкообразования является самым легким и бюджетным вариантом для очищения сточной воды от грубодисперсных присадок, плотность которых различна с плотностью воды. Присадки под действием гравитации либо плавают на поверхности, либо опускаются на дно. В таблице 2 показана классификация установок для осаждения [26,58].

Таблица 2 – Классификация отстойных сооружений

По виду работы	По виду действия
Технологическая роль	Осадкоуплотнители и илоуплотнители, первичные, вторичные, третичные
Направление движения потока	Тонкослойные Вертикальные, горизонтальные, радиальные, наклонные
Обеспечение коагуляции взвешенных веществ	С активной и пассивной флокуляцией
Высаживание осадка	Со скребковым механизмом, илососами, гидросмывом

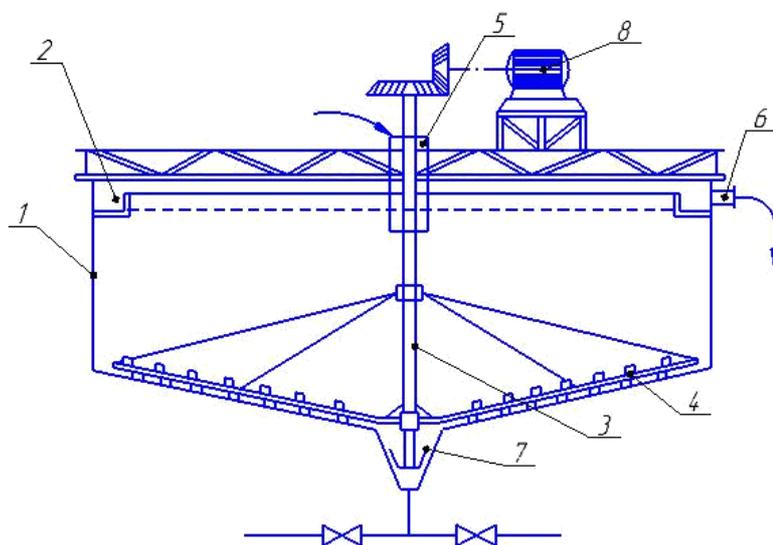


Рисунок 13 – Отстойник непрерывного действия с гребковой мешалкой

1 – корпус; 2 – кольцевой желоб; 3 – мешалка; 4 – лопасти с гребками; 5 – среда для подачи исходной суспензии; 6 – штуцер для вывода осветленной жидкости; 7 – разгрузочное устройство для вывода осадка; 8 – электродвигатель.

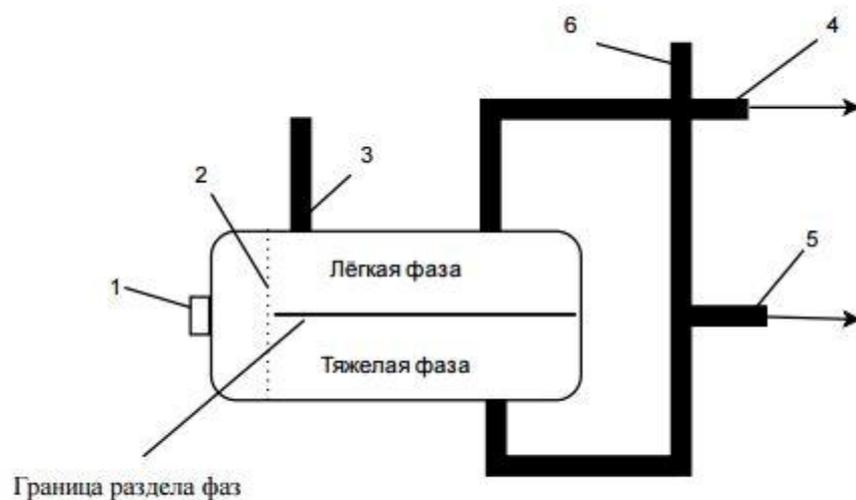


Рисунок 14 – Отстойник непрерывного действия для разделения эмульсий

1 – штуцер; 2 – перфорированная перегородка; 3 – воздушка; 4 – трубопровод для отвода легкой фракции; 5 – трубопровод для удаления тяжелой фракции; 6 – устройство для разрыва сифона

Если в сточных водах присутствует более 100 мг / л крупных примесей, используются специальные отстойники, называемые масляными ловушками.

Масляная ловушка представляет собой вытянутый прямоугольный железобетонный отстойник, обычно он включает в себя несколько секций, чтобы при необходимости отключить один из них при ремонте или чистке [5,30].

Через горизонтальный водослив вода, подлежащая очистке, поступает в отстойную часть (камеру) масляной ловушки. Из-за разницы в плотности воды и нефтепродуктов, а также различных механических примесей происходит их разделение. Нефтепродукты плавают на поверхность и образуют слой около 0,1 м, вода выходит из масляной ловушки, а примеси оседают на дно.

Чтобы облегчить удаление слоя масла с поверхности, зимой необходимо использовать катушки, они устанавливаются по периметру масляной ловушки на глубине 0,2 м от поверхности воды. Чтобы

переместить осажденный осадок в приемник сбора, масляные ловушки должны быть оснащены скребковыми устройствами (их скорость не должна превышать 0,01 м/с). Удаление осадка из приемника чаще всего осуществляется с помощью гидроэлеваторов.

Время осаждения в масляных ловушках обычно занимает около двух часов. При эксплуатации нефтяных ловушек можно выделить около 96-98% нефтепродуктов из загрязненных сточных вод. Чаще всего после очистки на ловушках масла требуется дополнительная очистка [15]. Остаточное содержание нефтепродуктов составляло в среднем около 50-100 мг/л. Последующая обработка обычно осуществляется путем коагуляции или фильтрации сточных вод. Поскольку она предназначена для использования очищенной воды для производственных нужд (в качестве рециркулированной воды), и вода не будет выбрасываться в естественные пруды, дополнительная очистка не требуется.

Во время работы нефтяных ловушек образуется нефтяной шлам. Он удаляется скребковыми механизмами, гидроэлеваторами или насосами. По крайней мере один раз в день скребки под водой грабят осадок в поток, затем он откачивается насосом или инжектором.

1.8 Создание водооборотных циклов

Создание замкнутых циклов водопотребления является лучшим решением проблемы с расходом воды на производстве.

Использование систем с водооборотом решает многие проблемы связанные с потреблением водных ресурсов. Выгодное территориальное расположение помогает сократить количество сброса отработанных сточных вод в окружающую среду [44].

Применение водооборотных систем экономически выгодно, только если само создание цикла и усовершенствование оборудования не больше, чем затраты на сброс и очистку загрязнений по всем нормам.

ЗСВ (замкнутые системы водопотребления) допустимо применять как на уже работающих предприятиях, так и на только строящихся. На работающих производствах внедрение затруднительно, поэтому следует проводить постепенно.

В общем, предприятие может быть представлено оборотным водоснабжением в виде схемы на рисунке 15



Рисунок 15 – Схема водооборотного цикла

Основные принципы создания ЗСВ (замкнутых систем водопотребления):

1. Поступающую воду и канализацию стоит рассматривать только вместе. Предприятие должно иметь общую систему управления водными ресурсами. При этом вся вода должна соответствовать установленным стандартам.

2. При введении закрытого цикла необходимо сосредоточиться на малоотходных технологиях, максимальной добыче сырья и важных составляющих из использованной воды, равно как и на стремлении к наименьшему расходу энергии [14].

3. Направления сточных вод возможно разбить по видам, фазам, концентрациям, энтальпии, разрабатывать соответствующие методы ограниченной очистки каждого потока в отдельности.

4. Во время формирования закрытых систем использования воды необходимо консолидировать сооружения для очистки на предприятии, а также использовать ливневую канализацию с промышленной площадки в системе циркуляционного водоснабжения. Основу водоснабжения следует рассматривать как промышленные сточные воды, так и как поверхностный сток. Необходимо минимизировать применение чистой поступающей воды технологический процесс.

5. Регенерации должны быть подвергнуты локальные потоки отработанных технологических растворов и сточных вод, являющиеся основным звеном водооборотных аппаратов на предприятии [2].

2. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЧИСКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ ООО «ПОВТОР»

2.1 Развитие способа мембранной очистки сточных вод

Мембранные способы очистки во всем мире уже не вызывают сомнения в своей эффективности. Большое количество компаний производят различное количество мембран, мембранных модулей и установок для очистки сточной и природной воды. В нашей стране развитие мембранных технологий затормаживается нехваткой практических и теоретических исследований и недостатком знаний.

Принцип проникновения молекул воды через тонкую пористую перегородку органического происхождения (мембрану) было открыто в начале 1748г. Практически два столетия ученые были заняты изучением этого процесса. До середины 20-х годов все исследования были направлены только на теоретические исследования и не подкреплялись лабораторными исследованиями. В 1927 году немецкая компания получила первые рабочие образцы искусственной мембраны.

Спустя некоторое время появились патенты, показывающие что мембрана должна быть многослойной и очень тонкой, которая и обеспечивает эффект разделения. Днем рождения мембранной промышленности в истории считают дату выхода этого патента [27].

Во времена Второй мировой войны, используя немецкие доработки, американцы начали массовое производство целлюлозных и нитроцеллюлозных мембран. В конце 50-х – 60-х годов начали появляться первые научных работы, основанные на применении мембран. Впервые промышленные мембраны начали свою работу в 1962 году. Мембранная технология является молодой технологией по сравнению с привычными технологиями водоочистки.

Мембранная технология в настоящее время находится на высоком уровне. Она является высокотехнологичным процессом для подготовки воды. Резко возросший интерес к развитию технологии связан с рядом причин. В основном метод позволяет получать высокое качество очистки, отвечающий основным требованиям.

В настоящее время высокое значение имеет вопрос о предотвращении загрязнений природных вод, их очистки от производственных загрязнителей, оказывающих негативное воздействие на состояние водной среды в целом.

Технологии по мембранной очистке относятся к категории ресурсосберегающих технологий. Применение их повышает качество сбрасываемых сточных вод, позволяет понизить количество загрязнений и уменьшить количество потребления природных вод за счет возможности использования запуска замкнутых систем водоснабжения [32].

С точки зрения экологии за последние годы более перспективными является использование гибридных методов каталитического окисления и способов мембранной сепарации на аппаратах нового поколения. Они способствуют образованию менее токсичных и более простых соединений, которые отвечают современным требованиям природоохранного законодательства.

К задачам мембранной технологии относятся:

1. Очистка стоков, содержащих растворенные органические загрязнения;
2. Отбор и утилизация шлама, возврат уже очищенной воды для повторного использования
3. Доочистка воды (удаления остаточных загрязнений, понижение цветности)

Мембранная технология успешно применяется в различных отраслях промышленности, начиная от добычи переработки нефти до производства питьевых соков и фармацевтики. В данной работе особое внимание уделено очистке сточных вод, характерных для предприятий занимающихся

переработкой бытовых отходов и уменьшению потребляемой воды, участвующей в технологическом процессе.

2.2 Способ первичной очистки сточных вод

На промышленных предприятиях для очистки сточных вод от примесей больших размеров используются различные методы, такие как: центрифугирование, осветление, седиментация и процеживание.

Рассмотрим метод процеживания, как наиболее подходящий для отсеивания твердых примесей.

Первоначальная стадия очистки сточных вод от твердых и волокнистых примесей (размер до 23 мм) называется процеживание. Для более крупных отходов, таких как этикетки, крышки, кольца, обломки – используются решетки. Для более мелких, таких как крупные клеевые волокна – сита.

Металлические решетки изготавливаются с зазорами в 13-18 мм. Они устанавливаются перед входом в очистное сооружение под углом 46-65 градусов. Сточные воды проходят через решетку со скоростью 0,7-0,9 м/с (рис. 16) [17].

Решетки очищают специальными рейками от скоплений грязи, которая измельчается дробилками и снова возвращается в поток.

Ситами могут быть барабан, диск, лента. Которые изготовлены из проволоки, латунной или нержавеющей, с диаметром от 0,2 мм до 1,3 мм, и размером камер от 0,2·0,2 до 0,4·0,4 мм.

Эффективность данной очистки составит 45-50%, при скорости потока воды 0,1-0,3 м/с, для плоских сит и 0,7-1,1 м/с для вращающихся.



Рисунок 16 - Фильтрующее волокно

Таблица 3 – Показатели оценки фильтрующего волокна

Стоимость	Срок службы	Производительность .м ³ /ч	Частота обслуживания	Затраты на обслуживание
26800	5 лет	30	1 раз в пол года-	1500-

2.3 Мембранные методы очистки воды

Очистка сточных вод основана на использовании процесса фильтрации воды. Во всех процессах участвует мембрана, которая представляет собой основной фильтрующий элемент, он же в свою очередь является полупроницаемой перегородкой, имеющую пористую структуру [22].

Основным свойством мембраны является свойство, называемое селективностью или разделяющей способностью компонентов смеси. Фильтрация и мембранный процесс имеют между собой сходство. Чаще всего фильтрование применяют для удаления крупных образований из воды, а мембраны применяют для удаления мелких коллоидных частиц. Через мембрану проходят только молекулы воды, а различные мелкие частицы, микроорганизмы и молекулы останавливаются. Для достижения такого эффекта поры в мембране должны быть очень малого размера [57]. Из-за того что поры очень маленькие, процесс пропускания воды через мембрану проходит очень медленно. Этот процесс требует достаточно высокого давления и использования мембран с достаточной площадью.

Исходя из размера пористого слоя, можно предположить, что мембрана очень быстро засоряется и приходит в негодность, переставая пропускать воду. Однако этого не происходит, благодаря способности самоочищения. Что бы добиться такого эффекта применяют схему тангенциального движения воды. Суть заключается в отводе воды с обеих сторон мембраны. Первая часть потока воды проходит через мембрану, образуя фильтрат

(чистую воду), а вторая называется концентратом. Чаще всего ее отводят для обработки и выделяют нужные концентраты.

Исходя из этого мембранный процесс отличается от фильтрации разделением первоначального потока на 2 различных – проходящий через мембрану и задержанный мембраной. Мембранная фильтрация имеет один вход и два выхода, и часть из этой воды идет на очищение мембраны [24].

Плюсы мембраной очистки в отличии от привычных методов очистки очевидны:

1. Хорошее качество фильтрата после выхода, независящее от первоначального состава воды (в среднем ОС-мембраны задерживают 97–99% всех растворенных в воде веществ).
2. Малая часть химических реагентов участвует в процессе мембранной очистки.
3. Большая часть мембран состоят из полимерных и устойчивых к коррозии материалов, поэтому долговечны (средний срок службы более 3 лет)
4. Возможность полной роботизации процесса и его надежность;

2.4 Классификация мембран

Мембраны, которые используют в различных процессах можно разделить по разным категориям.

Самой простой является природная категория мембран (биологическая) и синтетическая, которую можно разделить на подклассы, исходя из свойств материала (рис 17).

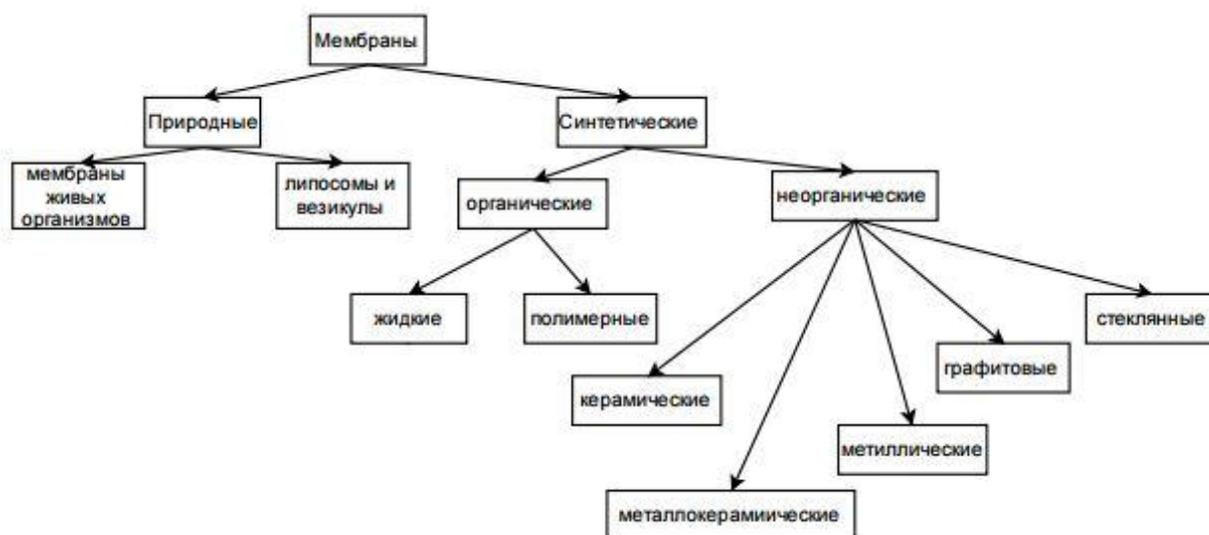


Рисунок 17 - Классификация мембран по материалу и происхождению

На сегодняшний день неорганические мембраны, имеющие более высокую термическую, механическую и химическую стойкость, в сравнении с органическими мембранами, представляют большой интерес.

Мембранные методы очистки отличаются типами используемых мембран, движущими силами, поддерживающими процессы разделения, а также областями их применения [11].

Мембранные методы очистки отличаются по:

- виду используемых мембран;
- движущим силам, которые поддерживают процессы разделения;
- областям применения метода мембранной очистки .

Для прохождения жидкости через барьер (мембрану), необходима движущая сила, которой может выступать:

1. Барометрические процессы, которые работают за счет разного давления.
2. Термомембранные процессы, учитывают разную температуру с двух сторон мембранной перегородки.
3. Процессы диффузии.
4. Процесс, работающий за счет разности потенциалов электрохимии.

Самыми распространенными процессами являются те, что проходят под действием давления – баромембранные 4 типа баромембранных процессов:

- обратноосмотические;
- ультрафильтрационные;
- микрофильтрационные;
- нанофильтрационные.

Типы используются, в зависимости от размеров пор и задерживаемых частиц.

Поры мембран увеличивается от обратного осмоса к микрофильтрации, из этого следует, что количество удерживаемых частиц на поверхности рабочего слоя мембран увеличивается [48].

При большом размере мембраны – сопротивление потоку меньше и для процесса фильтрации необходимо меньшее давление.

Информация о удаляемых примесях и разности давлений в мембранных процессах представлена на рисунке 18.

К составу холодной воды предъявляются определенные требования. Ультра- и микрофильтрации наименее требовательны к качеству входящей воды [33].

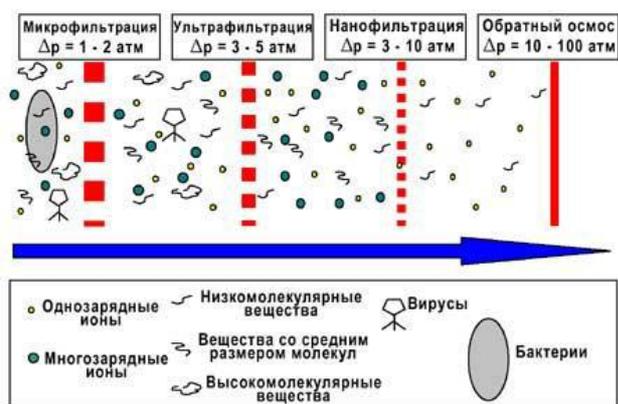


Рисунок 18 - Классификация мембранных процессов по удаляемым примесям.

Самыми эффективными по коэффициенту разделения растворов являются мембраны обратноосмотические. Они обладают самыми маленькими порами и процентом задерживания растворенных веществ 97-99%.

Обратноосмотические мембраны используются:

- в пищевой промышленности;
- фармацевтике;
- в системах коммунального хозяйства;
- в производственных процессах с необходимостью получения воды, высокого качества.

Данная очистка, в большинстве случаев, является конечным этапом очистки сточной и природной воды.

Для ликвидации пестицидов, очистки водяных растворов и уменьшения цветности, используют нанофильтрационные мембраны, которые обладают размером пор от 0,001 до 0,01 мкм[8,16].

Избыточное давление от 2 до 10 атмосфер, необходимо для процесса ультрафильтрации (размер пор в мембранах от 0,01 до 0,1 мкм), при данном виде фильтрации удаляются [42]:

- гидроксиды металлов;
- коллоиды;
- взвешенные частицы;
- эмульсии;
- эмульгированные масла;
- высокомолекулярные соединения из воды и жидкой среды.

Широкий спектр применения ультрафильтрационные мембраны получили в очистке сточных вод от эмульгированных нефтепродуктов на нефтеперерабатывающих предприятиях, а так же при повторном использовании промышленных сточных вод.

В составе мембранного биореактора или в составе систем высокого давления ультрафильтрационные мембраны удаляют из воды бактерии, вирусы, металлы и коллоидальные вещества.

При использовании данного метода достигается высочайшее качество воды на нефтехимических заводах. А так же данный метод часто используется при предварительной обработке сточных вод до ее подачи в систему обратного осмоса. Для работы при низких давлениях необходимы микрофильтрационные мембраны, они задерживают мелкие взвеси и коллоидные частицы. Применяются при грубой очистке воды или предварительной подготовке для дальнейшей очистки [40].

Полимерами для мембран могут являться как синтетические, так и природные, например целлюлоза, материалы, а так же металлокерамика, графит и другие. 80% мембран, в настоящее время, являются полимерными. Но они имеют некоторые недостатки, такие как: химическая деградация за счет окисления и гидролиза, малая прочность, разрушение от радиации и температуры.

В агрессивной среде, при широком диапазоне pH и большом содержании растворителей, используются керамические мембраны. Они исполняются в виде многоканальных блоков или трубок. В отличии от полимерных мембран, керамическим присуща очень низкая удельная производительность, которая ведет к капитальным вложениям на изготовление установок, но при этом они имеют более долгий срок службы [9].

Керамическая мембрана имеет два и более последовательно формирующихся слоев. На рисунке 19 показано, что при общей толщине мембраны в несколько миллиметров разделительный слой имеет толщину в несколько микрометров.

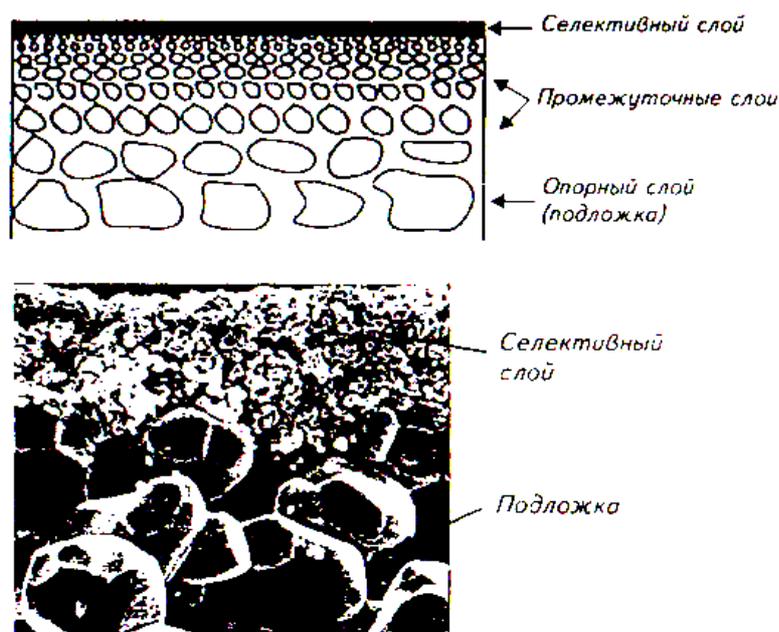


Рисунок 19 - Схема и микрофотография многослойной неорганической мембраны

Композиционные керамические мембраны, являются уникальным на мировом рынке продуктом. Состоят из активного керамического слоя и пористой основы из металла (рис.20).

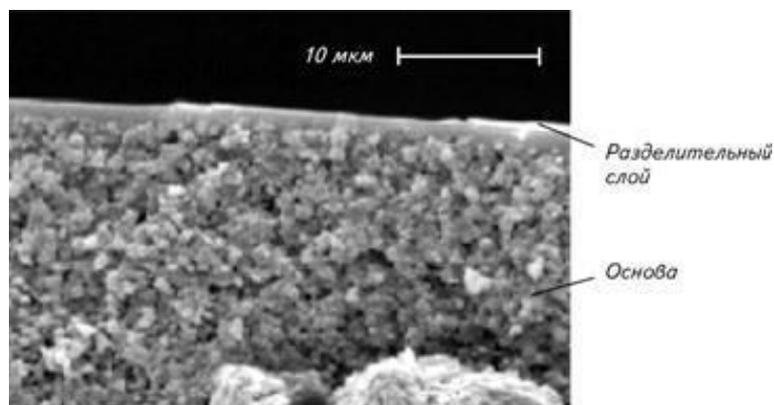


Рисунок 20 - Структура композиционной металлокерамической мембраны.

Мембраны равны лучшим полимерным мембранам по технологическим параметрам. Возможность создания каталитических реакторов, которые могут совмещать разделение продуктов реакции и процессов химической переработки сырья – перспективное направление в применении мембран [6,20]. Для открытия новых возможностей повышения селективности и использования сырья, и снижения энергозатрат при

каталитическом синтезе, необходимо в одном модуле объединить катализатор и мембрану [51]. Возможность осуществления реакции и изменение ее селективности, обусловлено использованием реакторов в режиме фильтрации и резком снижении температуры.

В настоящее время производятся новые продукты из металлокерамики – полупроницаемые мембраны. Они представляют собой тонкие плоские или трубчатые фильтры для работы в наномикрофильтрационных областях с порами от 0,03 мкм до 5 мкм. Металлокерамические мембраны разных форм показаны на рисунке 21.



Рисунок 21 - Двухслойные металлокерамические мембраны

Они являются композитной моделью, которая включает в себя макропористую подложку и мембрану (тонкий разделяющий слой).

Металлокерамические мембраны достаточно крепкие и обладают высокой прочностью при износе, даже имея толщину в пределах 0,25 мкм и керамическим слоем до 15 мкм.

У них есть существенные преимущества перед остальными видами мембран [54]:

- 1) Отличная стойкость к радиации;
- 2) Хорошая механическая прочность и защита от агрессивных сред и воздействия бактерий;
- 3) Возможность применения при высоких температурах, давлении;
- 4) Относительно малый вес и хорошая эластичность (технология позволяет создавать фильтрующие элементы различной формы);
- 5) Мембрана способна сама очищаться и возможно протекание рабочего процесса без остановки производства и замены фильтрующего элемента.

Таблица 4 – Показатели оценки металлокерамической мембраны

Стоимость	Срок службы	Производительность м ³ /ч	Частота обслуживания	Затраты на обслуживание
От 18000	До 2 лет	3	1 раз за 1000 _м ³	800

2.5 Половолоконные мембраны

Половолоконные мембраны это трубки с диаметром до одного миллиметра с пористыми стенками, их пористость около 0,1 мкм, через которые происходит фильтрация воды (рис. 22). Сами трубки располагаются в корпусе (рис. 23).



Рисунок 22 - Полое волокно



Рисунок 23 - Мембраны в корпусе

Половолоконные мембраны используются в ультра- и микро-фильтрационных технологиях и у них есть огромное множество различных размеров волокна [37]. Они успешно применяются в различных муниципальных отраслях промышленности и водоотведении, очистке сточных вод в промышленности и т.д.

Таблица 5 – Показатели оценки половолоконной мембраны

Стоимость	Срок службы	Производительность м ³ /ч	Частота обслуживания	Затраты на обслуживание
25200	До 4 лет	5	1 раз в 1500 _м ³	800

2.6 Спиральные мембраны

Спиральные мембраны, как понятно из названия, состоят из элемента проложенного между разделительными сетками и свернутые в трубку (рис. 24) [7]. Благодаря высокой плотности упаковки резко увеличивается площадь мембраны по сравнению с трубчатой.

Спиральные мембраны находят свое применение благодаря высокой надежности, энергоэффективности и экономичности в эксплуатации.

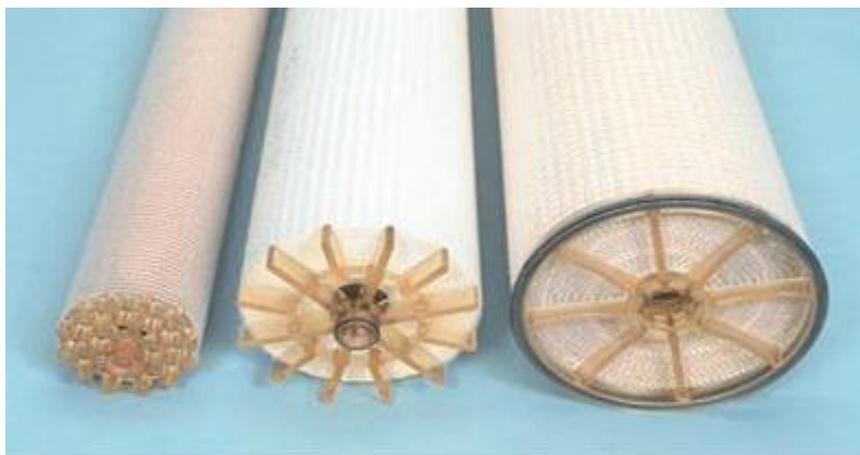


Рисунок 24 - Спиральные мембраны

Таблица 6 – Показатели оценки спиральной мембраны

Стоимость	Срок службы	Производительность м ³ /ч	Частота обслуживания	Затраты на обслуживание
13470	2 года	1,5	1 раз в 1000 _м ³	750

2.7 Трубчатые мембраны

Для ультра- и микрофльтрации очень загрязненных жидкостей используются мембраны трубчатого типа с режимом тангенциальной фильтрации [34].

Мембраны дают возможность пропускать через себя жидкость содержащую большое количество твердых веществ, так как работают в широком рН диапазоне.

Трубчатые мембраны из неорганических материалов состоят из тонкостенных трубок (5-20 миллиметров в диаметре) из металла, графито- или стеклопластика с разделительным слоем из титана или оксида циркония (рис. 25).



А)

Б)

Рисунок 25 - Элементы с трубчатыми мембранами:

а – на основе стеклопластиковых трубок («Владипор»); б – из полисульфона («Норит»)

Фильтрация может происходить с двух сторон, как изнутри наружу, так и снаружи во внутрь [43,49].

Трубчатые мембраны обладают низкой удельной производительностью, следовательно, при их использовании необходимо больше поверхностей фильтрации для сохранения показателей производительности.

Один из способов достижения данных показателей – использование многоканальных боков, т.е. соединение трубок в трубчатые элементы и объединение их в одном корпусе (рис 26).

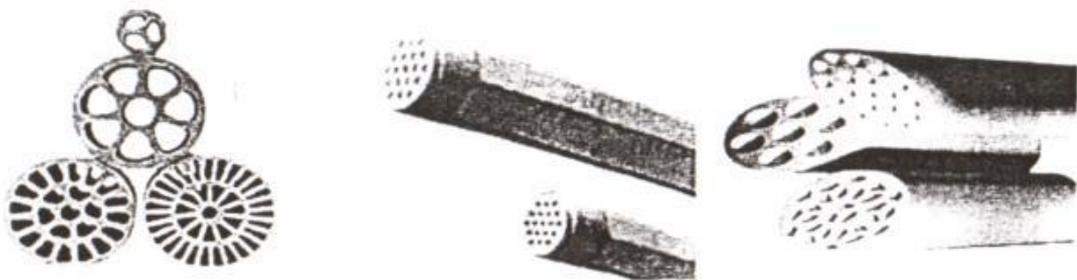


Рисунок 26 - Различные формы мембранных керамических элементов

Трубчатые мембраны отлично подходят для очистки сточных вод от взвешенных веществ, жиров и масел на промышленных предприятиях.

Таблица 7 – Показатели оценки трубчатых мембран

Стоимость	Срок службы	Производительность м ³ /ч	Частота обслуживания	Затраты на обслуживание
17000	До 3 лет	1,5	1 раз в 750 _м ³	730

2.8 Листовые мембраны

Их используют для погружных и напорных модулей, подходят для использования в аппаратах с вращающимся типом мембраны. У них высокая стойкость к загрязнению, так же такой тип мембраны позволяет проводить процессы, приводящие к получению пастообразных продуктов [35].

Исходя из этого, можно получить большое многообразие различных материалов и принципов в изготовлении мембран, которые будут отличаться по структуре и конструкции, и смогут применяться в различных процессах.

Основное требование, которое предъявляется к полупроницаемым мембранам, является [29]:

1. Высокая производительность по получаемому компоненту;
2. Приличный запас прочности для работы в условиях повышенного давления, коррозионная стойкость и устойчивость к хим. средам;
3. Возможность переработать мембрану или предоставить возможность почвенного разложения;
4. Свободное распределения воды во время движения сквозь мембрану;
5. Хорошая скорость прохождения для подавления негативного воздействия и большая рабочая часть;
6. Повышенная прочность материала, необходимая для монтажа, перевозки и хранения;
7. Низкая стоимость.

Таблица 8 – Показатели оценки листовых мембран

Стоимость	Срок службы	Производительность м ³ /ч	Частота обслуживания	Затраты на обслуживание
6000	1 год	0,9	1 раз в 500 _м ³	300

При выборе типа мембраны необходимо идти на компромисс, т.к. создать мембрану, отвечающую вышеперечисленным требованиям и работающую в промышленных масштабах, практически невозможно. В зависимости от среды необходимо выбрать мембраны с подходящими свойствами [39].

В мембранных аппаратах остаются частички грязи и собираются вредные вещества, что в перспективе, при длительной работе, приводит к увеличению гидравлического сопротивления.

Вероятность загрязнения воды полностью зависит от количества и уровня растворимости веществ, которые взаимодействуют с мембраной.

Рассмотрим основные типы загрязнения мембран:

- образование биологических загрязнений;
- остатки от взвешенных частиц;
- коллоидные остатки;
- органическое обрастание.

Основной проблемой, по которой происходит спад производительности, являются осадки коллоидных и взвешенных частиц. Органические и биологические загрязнения так же влияют на уровень производительности мембран, но отличаются плавным приростом загрязнения, вследствие чего – производительность снижается постепенно [52].

Методология обратной промывки эффективно избавляется от загрязнений с помощью, пропущенной в обратном от фильтрации направлении очищенной воды.

Метод обратной промывки является действенным и экономным – при его использовании от одного до пяти раз в час сбрасывается лишь 2-4% первоначального объема воды.

В сравнении с фильтрами зернистой структуры, фильтры обратной промывки имеют экономичный расход промывочной воды.

Данная система не требует особого ухода - ежегодная промывка кислотными реагентами позволяет удалить все загрязнения и восстановить первоначальную производительность.

2.9 Патентный поиск

Таблица 9 – Патентный поиск

Номер	Название	Автор	Характеристика
1	2	3	4
(19) RU (11) 2 109 688 (13)	Установка для очистки воды	Райлян Афанасий Афанасьевич, Котенко Андрей Владимирович, Микляев Андрей Владимирович, Куликовский Вадим Андреевич, Теленков Игорь Иванович, Ульянов Андрей Николаевич	Изобретение можно отнести к защите окружающей среды, и используется в качестве подвижных и стационарных установок для очистки и обеззараживания сточных вод. Изобретение позволяет повысить степень очистки воды от широкого спектра вредных веществ, в том числе растворенных органических веществ. Узел предварительной очистки включает один полволоконный ультрафильтр или батарею параллельно соединенных полволоконных ультрафильтров.
(19) RU (11) 2 589 139 (13)	Способ очистки дренажных вод полигонов твердых бытовых отходов	Поворов Александр Александрович, Павлова Валентина Федоровна, Кротова Мария Витальевна, Шиненкова Наталья Анатольевна, Трифонова Татьяна Анатольевна, Начева Инна Ивановна, Корнилова Наталья Викторовна Платонов Константин Николаевич	Целью изобретения является повышение степени очистки дренажных вод полигонов твердых бытовых отходов в отношении трудноокисляемых органических примесей. Поставленная цель достигается тем, что электрохимическую очистку дополняют второй ступенью с генерированием на аноде гидроксильных радикалов для деструкции трудноокисляемых органических примесей, перед стадией фильтрации второй ступени проводят реагентную обработку коагулянтом, раствором NaOH и флокулянтом с последующим отстаиванием, на стадии фильтрации [50]. В качестве второй ступени используют полволоконную ультрафильтрацию с обратноточными пульсирующими промывками, обратноосмотическое разделение проводят в две ступени по пермеату, пермеат обратного осмоса первой ступени подвергают отдувке воздухом для удаления не менее 95% углекислого газа, затем в пермеат добавляют сульфат-ионы и подвергают его дополнительному разделению на второй ступени обратного осмоса.

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4
(19) RU (11) 2 112 747 (13)	Способ очистки воды и мембранная установка для его осуществле ния	Микиртычев Владимир Яковлевич	Сущность изобретения: мембранная установка для очистки воды содержит насос для подачи исходной воды, четырехходовой кран, батарею разделительных аппаратов на основе полуволоконных или трубчатых микро- или ультрафильтрационных мембран, линию подвода исходной воды, линию отвода концентрата с запорным клапаном и устано-вленной параллельно ему диафрагмой, линию отвода фильтрата с запорным клапаном. Установка снабжена также накопительной емкостью фильтрата, промывочным насосом, соединенным всасывающим патрубком с накопительной емкостью фильтрата, а напорным патрубком с линией отвода фильтрата [21]. Способ очистки воды включает стадию фильтрования воды на мембранной установке и стадию регенерации установки, причем на стадии фильтрования в батарею разделительных аппаратов подают исходную воду без примесей концентрата, отвод концентрата осуществляют через диафрагму в количестве не более 6% от произведенного фильтрата
(19) RU (11) 2 569 700 (13)	Половолоко нное мембранное устройство и способ его получения	Шмидт Джозеф Л. (US), Еруков Николай Викторович, Кузнецов Станислав Сергеевич	Изобретение относится к технологии очистки жидкости, преимущественно воды для бытового и/или питьевого водоснабжения в бытовых и/или промышленных условиях, на дачных и садовых участках. Половолоконное мембранное устройство, включающее полуволоконную матрицу и, по меньшей мере, один связующий блок, не проницаемый для жидкости, при этом полуволоконная матрица сформирована из множества моноволокон. Каждое волокно имеет внутренний открытый канал и, по меньшей мере, один концевой участок, закрепленный в связующем блоке, который состоит из чередующихся участков, выполненных из полимерного фиксирующего материала, участков, сформированных концевыми участками моноволокон с проникающими в поры материала, моноволокон включениями полимерного фиксирующего материала.

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4
(19) RU (11) 2 564 869 (13)	Способ комплексной очистки растительных масел	Кислов Сергей Васильевич	Изобретение относится к масложировой промышленности. Способ комплексной очистки растительных масел предусматривает холодную гидратацию масла с последующей вакуумной мембранной фильтрацией, с использованием полволоконных мембран из полимерного материала, которые имеют диаметр пор в диапазоне от 0,01 до 5 мкм. Волокно мембраны имеет внутренний диаметр в диапазоне от 0,1 до 10 мм, внутреннее пространство полых волокон мембраны соединено с вакуумной системой для создания градиента давлений с разных сторон мембранной полупроницаемой перегородкой и формирования внутри волокон разряжения величиной от 0,1 до 0,9 кгс/см ² с возможностью обеспечения направленного движения очищаемого масла по всей площади мембраны [47]. При этом полимерный материал выбран из группы, включающей поливинилиденфторид, поливинилхлорид, полипропилен, полиэтилен, полиэфирсульфон, полиакриламид, ацетатцеллюлозу или их комбинации, или их сополимеры. Изобретение позволяет создать экономически эффективный и высокотехнологичный способ комплексной очистки растительных масел, который позволяет получить продукт повышенного качества с более низкими, по сравнению с существующими технологиями, очистки масел. Затратами на очистку растительных масел от фосфатидов, воскоподобных веществ и тугоплавких глицеридов, и других примесей, а также с минимальным количеством образующихся отходов и малоценных продуктов.

После проведения патентного поиска и проведенного анализа можно сделать вывод, что способ очистки по средствам полуволоконно мембраны является наиболее подходящим для мусороперерабатывающего предприятия.

Этот вид фильтрации можно применять для очистки сточных вод предприятий занимающихся переработкой бытовых отходов, так же стоков и промышленных отходов.

Предложен вариант установки, в основе которой лежит гибридная технология. Принцип работы заключается в механической очистке сточной воды с последующим процессом нейтрализации и мембранной очисткой.

Для мембран используются материалы различной структуры (керамика, композиты, полимеры), которые могут быть твердыми или пористыми. Разнообразие в технологии изготовления позволяет получить различные по структуре мембраны, которые применяют в процессах разделения жидкостей. Тип строения может быть как плоским, так и трубчатым [45].

2.10 Процесс нейтрализации

Процесс нейтрализации так же можно рассматривать как метод очистки сточных вод. Воду, которая прошла процесс очистки, перед возвратом её в производство, необходимо нейтрализовать (рис.27).

В экологическом плане щелочные сточные воды необходимо нейтрализовать перед поступлением на очистное сооружение.

Как правило, в процессе нейтрализации применяются минеральные кислоты, к примеру, соляная и серная кислота. Аналогом может служить CO_2 , который при взаимодействии с водой формирует «слабую» угольную кислоту. Применение ее более безопасно в экологическом плане, и так же более экономично при общих затратах на нейтрализацию [19].

У нейтрализации с помощью углекислого газа есть ряд преимуществ по сравнению с минеральными кислотами.

1. В водном растворе CO_2 образует слабую угольную кислоту. Передозировка при использовании не характерна для данного метода;
2. Отсутствуют вредные испарения, не происходит коррозия оборудования;
3. Хранить углекислый газ проще и безопаснее, чем минеральные кислоты.

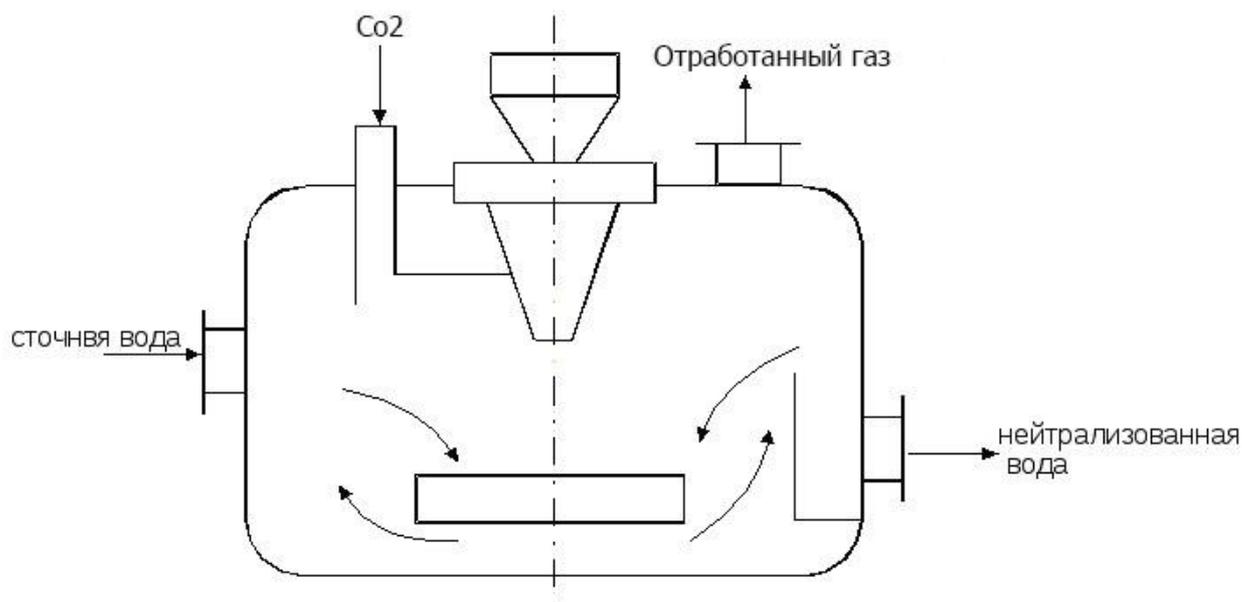


Рисунок 27 - Процесс нейтрализации с помощью CO_2

Чистящие жидкости для хим. промывки выбирают, опираясь, в основном, на устойчивость мембраны. Жидкости подразделяются на кислотные и щелочные. Кислотные подходят для применения с неорганическими осадками и их удаления, а щелочные, в большинстве, удаляют биологические и органические пленки [59].

2.11 Вывод по разделу

Мембранные технологии относятся к общепринятым технологиям водоочистки, а начальные затраты на обработку воды значительно снижаются с течением времени. Методы мембранной очистки из года в год значительно подавляют устаревшие методы очистки промышленной и сточной воды.

С помощью устройств на основе мембранной очистки можно создавать как небольшие, так и весьма крупные сооружения с системами оборотного водоснабжения. Затраты на их установку и обслуживание сильно уменьшены в отличие от традиционных систем очистки сточных вод. Это достигается за счет снижения энергозатрат и небольшой площади.

Мембранные технологии постоянно совершенствуются и автоматизируются, позволяя снизить объем используемой воды на производстве, и тем самым уменьшая нерациональную эксплуатацию невозобновляемых природных ресурсов и уменьшить антропогенную нагрузку на окружающую среду.

Производительность установки ВМ-УФП-10:

1. Объем пропускаемой воды $5 \text{ м}^3/\text{ч}$.
2. Частота обслуживания $1/1500 \text{ м}^3$.
3. Потребление электроэнергии 9 кВт/час .
4. Срок службы 15 лет.
5. Габариты $1300 \times 750 \times 2200$.



Рисунок 28 – Схема водооборотного цикла с мембранной установкой ВМ-УФП-10

3. РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

3.1 Расчет производственной мощности.

Мусороперерабатывающее предприятие ООО «Повтор» осуществляет работу в 2 смены с восьмичасовым рабочим днем, который увеличивается на час, за счет времени обеда: 1 смена с 07-00 до 16-00; 2 смена с 16-00 до 01-00.

Рассчитаем время работы предприятия за 1 календарный год, без учета времени обедов, если:

В 2017 году 247 рабочих дней, согласно производственному календарю.

$$T=8\cdot 2\cdot 247= 3\ 952 \text{ часа.}$$

На сегодняшний день на предприятии вода не подвергается очистке и после отработки в промывочной ванне стекает в сток. Расход воды для промывочной ванны в час составляет 4,7 кубометра.

Рассчитаем расходы воды за 1 смену:

$$H = V \cdot T, \quad (1)$$

где H – норма расхода воды за одну смену, (м³);

V- объем используемой воды в час;

T- количество часов в смене.

$$H= 4,7\cdot 8 = 37,6 \text{ м}^3$$

А так же годовой объем используемых сточных вод:

$$V=4,7\cdot 3952 = 18574,4 \text{ м}^3$$

Рассчитаем затраты электроэнергии:

$$E = T \cdot C \cdot P, \quad (2)$$

если, T- время фактической работы предприятия;

C_(кВт) – стоимость 1 кВт = 3,8 руб.

P - расход электроэнергии в час, если вся производственная линия потребляет 211кВт/час, то промывочная ванна в среднем около 19,2 кВт.

$$E=18574,4 \cdot 3,8\cdot 19,2=1\ 355\ 188,24 \text{ руб.}$$

И водоотведение:

$$B = V \cdot C, \quad (3)$$

если,

V – годовой объем используемых сточных вод;

C – стоимость водоотведения 1 м³ воды = 15,72 руб.

$$C = 18574,4 \cdot 15,72 = 291989,57 \text{ руб.}$$

Расходы на вывоз шлама составляют в среднем 7,5% от объема загрузки ПЭТФ, рассчитаем их с помощью формулы:

$$З = V \cdot 247 \cdot 7,5\% \cdot Ц, \quad (4)$$

Где, $V_{(ПЭТФ)}$ – объем загружаемых за сутки ПЭТФ бутылок = 12 т.,

$Ц$ – стоимость захоронения за тонну = 650 руб/тн.

$$З = 12 \cdot 247 / 100 \cdot 7,5 \cdot 650 = 144495 \text{ руб.}$$

Затраты для работы промывочной ванны в год составят:

$$З = V \cdot Ц + C + E + З, \quad (5)$$

где, V – годовой объем используемых сточных вод, (м³);

$Ц$ – цена за 1 м³ воды = 18 руб.;

C – затраты на водоотведение;

$З$ – годовые затраты за вывоз шлама;

E – затраты на электроэнергию.

$$18574,4 \cdot 18 + 291989,57 + 1355188,24 + 144495 = 2\,126\,12,01 \text{ руб.}$$

3.2 Выбор типа мембраны

Рассчитаем, какая из мембран наиболее выгодна для ООО «Повтор»

Таблица 10 – Технические показатели мембран

Критерий:	1.Металло-керамическая	2.Половолоконная	3.Спиральная	4.Трубчатая	5.Листовая
Стоимость	18000	25200	13470	17000	6000
Срок службы	2 года	4 года	2 года	3 года	1 год
Производительность м ³ /ч	3 м ³ /ч	5 м ³ /ч	1,5 м ³ /ч	1,5 м ³ /ч	0,9 м ³ /ч
Частота обслуживания	1/1000 м ³	1/1500 м ³	1/1000 м ³	1/750 м ³	1/500 м ³

Продолжение таблицы 10

Стоимость обслуживания	800	800	750	730	300
Количество мембран при производственной мощности 10 _м ³ /час	4	2	8	8	12
Годовое обслуживание	14859,5 р.	9906,35р.	13930,8 р.	18079,1 р	11144,6 р.
Итоговая стоимость	86859,52р.	60306,35 р	121690 р.	154079,1 р.	83144,6 р.

Для расчёта необходимого количества мембран используем формулу:

$$K = \frac{V}{P} \cdot 2, \quad (6)$$

где, V- объем используемой воды в час на предприятии;

P – производительность мембраны м³/ч;

Округляем полученный результат в большую сторону.

Для расчёта затрат на годовое обслуживание используем формулу:

$$З = \frac{V}{ч} \cdot C, \quad (7)$$

где, V. годовой объем используемых сточных вод;

Ч - частота обслуживания;

С - стоимость обслуживания.

$$З_1 = 18574,4 \frac{\text{м}^3}{1000 \text{м}^3} \cdot 800 = 14859,52 \text{ руб.}$$

$$З_2 = 18574,4 \frac{\text{м}^3}{1500 \text{м}^3} \cdot 800 = 9906,35 \text{ руб.}$$

$$З_3 = 18574,4 \frac{\text{м}^3}{1000 \text{м}^3} \cdot 750 = 13930,8 \text{ руб.}$$

$$З_4 = 18574,4 \frac{\text{м}^3}{750 \text{м}^3} \cdot 730 = 18079,1 \text{ руб.}$$

$$З_5 = 18574,4 \frac{\text{м}^3}{500 \text{м}^3} \cdot 300 = 11144,6 \text{ руб.}$$

Рассчитаем итоговую стоимость мембран с учетом производственной мощности и годового обслуживания:

$$C = Ц \cdot K + З, \quad (8)$$

где, Ц – стоимость 1 мембраны;

K – количество необходимых мембран;

З – годовые затраты на обслуживание.

$$C_1 = 18000 \cdot 4 + 14859,52 = 86859,52 \text{ руб.}$$

$$C_2=25200 \cdot 2+9906,35 =60306,35 \text{ руб.}$$

$$C_3=13470 \cdot 8+13930,8=121690 \text{ руб.}$$

$$C_4=17000 \cdot 8+18079,1 =154079,1 \text{ руб.}$$

$$C_5=6000 \cdot 12+11144,6 =83144,6 \text{ руб.}$$

Из расчетов видно, что наиболее выгодным вариантом для внедрения на ООО «ПОВТОР» будет установка с полуволоконным типом мембран.

Наиболее популярной установкой с данным типом мембран является установка ультрафильтрации (полуволоконная), производимая «ВМ Владимирские Мембраны». Они имеют долгий срок службы – 15 лет, при ежегодном обслуживании. Рассмотрим модели:

Таблица 11 – Технические показатели установок

Наименование	Производительность по фильтрату, м ³ /ч	Габариты (ДхШхВ), мм	Стоимость установки (без учета мембран)	Стоимость обслуживания	КВт /час
ВМ-УФП-5	5	2 000x600x1 800	350 000	17 500	6
ВМ-УФП-10	10	1 300x750x2 200	490 000	24 500	9
ВМ-УФП-15	15	1 600x750x2 200	650 000	32 500	12

Таблица 12 - Базовая комплектация установки ВМ-УФП

Комплектация	Технические характеристики
Рама	Сварная конструкция из профильной трубы
Модули фильтрации	Пакеты трубчатых капиллярных мембран в пластиковом корпусе
Блок обратно-точной промывки	Рама – 1 шт. Насос промывки – 1 шт. Накопительная емкость фильтрата из полиэтилена – 1 шт. Насос дозатор – 3 шт.
Трубопроводная обвязка и арматура	ПВХ, клапаны с электроприводом – 8 шт.
КИП	Манометры – 2 шт. Ротамер – 2 шт.
Шкаф управления	Автоматическое управление установкой

3.3 Расчет капитальных вложений на установку

Объем капитальных вложений в очистные сооружения, используемые для промывочной ванны, можно рассчитать по формуле:

$$V = \sum_{i=1}^m K_{\text{пoк}i} \times \text{Ц}_{\text{пoк}i}, \quad (9)$$

где $K_{\text{пoк}i}$ – количество необходимых очистных сооружений, (шт);

$\text{Ц}_{\text{пoк}i}$ – цена за одно очистное сооружение, (руб);

m - количество применяемых видов очистных сооружений

Таблица 13 - Капитальные вложения в очистные сооружения

№п/п	Наименование	Количество, шт.	Цена за 1 шт., руб.	Сумма, руб.
1	Установка ВМ-УФП-5/ ВМ-УФП-10/ ВМ-УФП-15	1	350 000/ 490 000/ 650 000	350 000/ 490 000/ 650 000
2	Ежегодное обслуживание установки	1	17500/ 24500/ 32500	17500/ 24500/ 32500
3	Затраты на электроэнергию ВМ-УФП-5/ ВМ-УФП-10/ ВМ-УФП-15	23712КВт / 35568 КВт / 47424 КВт	3,57	84651,84/ 131601,6/ 169303,68
4	Половолоконные мембраны	2	25200	50400
5	Обслуживание мембран	13	800	9906,35
6	Затраты на установку	1	50 000	50 000
7	Доставка	1	15 000	15 000
8	Водоотведение (т.к. цикл замкнут)	0	0	0
Итого		ВМ-УФП-5		577458,19
		ВМ-УФП-10		771407,95
		ВМ-УФП-15		977110,03

Проанализировав таблицу 13, можно сделать вывод, что целесообразно использовать установку ВМ-УФП-10, которая, в отличие от ВМ-УФП-5, не

будет работать на износ при требуемой в настоящий момент мощности (4,7 м³/час) А так же при ее относительно невысокой стоимости, она позволяет в перспективе увеличить объем работ не понеся дополнительных затрат.

3.4 Затраты на расходные очистные материалы

В трубах водопровода со временем происходит образование солей, от которых необходимо очищать установку каждые 1000 м³ с помощью специальных растворов (концентрация 10%, объем раствора – 100 л).

Годовой расход очистных материалов определяется по формуле:

$$P = N_{pi} \cdot V_{\text{год}} \quad (10)$$

где N_{pi} - норма расхода вещества на 0,1 м³ сточных вод для 10% конц.

V - годовой объем сточных вод/1000.

$$P = 10 \cdot (18574,4 / 1000) = 185,7 \text{ литра.}$$

Затраты определим по формуле:

$$Z = P \cdot C_i \quad (11)$$

где C_i - цена 1 литра очистного раствора;

P – годовой расход реагента (литр)

$$Z = 185,7 \cdot 150 = 27855 \text{ руб.}$$

Вычисления сведем в таблицу 14.

Таблица 14 - Затраты на на расходные очистные материалы

Наименование материала	C_i , руб./литр	N_{pi} , лит/м ³ (10%конц.)	P (годовой расход) лит.	Z (затраты на очистку) руб.
AlenDip	150	10	185,7	27855
Итого:				27855 руб.

3.5 Затраты на содержание и эксплуатацию очистного сооружения

Рассчитаем амортизацию оборудования. Данное очистное сооружение имеет срок полезного использования 15 лет – для установки, и 4 года для мембран.

Рассчитаем амортизацию линейным способом.

Норма начисления амортизации:

$$K = (1 : n) \cdot 100\%, \quad (12)$$

где К - годовая норма амортизации.

n – срок эксплуатации в годах

Для ВМ-УФП-10:

$$K=(1:15) \cdot 100\%=0,07$$

Для полволоконных мембран:

$$K=(1:4) \cdot 100\%=0,25$$

Формула расчета начисления амортизации:

$$A = C \cdot K, \quad (13)$$

где А – размер годовых амортизационных отчислений;

С – первоначальная стоимость имущества;

К – норма амортизации

$$A=0,07 \cdot 490000 = 34300 \text{ руб.}$$

$$A=0,25 \cdot 50400 = 12600 \text{ руб.}$$

Все затраты на содержание и эксплуатацию оборудования заносятся в таблицу 16 (включая амортизацию).

Таблица 16 - Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования

Наименование статей	Сумма, т. руб.
Амортизация оборудования	34300
Амортизация мембран	12600
Содержание оборудования:	
1.1 Вспомогательные материалы (очистные реагенты) З _(затраты на очистку)	27855
1.2 Техническое обслуживание (таб.5)	66654,67
1.3 Затраты на электроэнергию	35271,6
Итого	129781,27
Затраты на доставку и установку	65000
Захоронение шлама	213 525
Всего по смете	455206,27

3.6 Общая экономическая и экологическая эффективность

Общая (абсолютная) экономическая эффективность капитальных вложений в природозащитные мероприятия.

При применении замкнутого водооборотного цикла потеря воды будет составлять не более 2 %, что положительно отразится не только в экономике предприятия, но и будет большим прогрессом в использовании природных ресурсов, позволяя сократить потребление воды на 98% ежегодно.

Рассчитаем затраты при работе с предложенным методом с помощью установки ВМ-УФП-10 с использованием полуволоконных мембран:

$$Z = K + Z(1) + A + 0,02 \cdot Z(2) + Z(3) \quad (14)$$

Где, К- Капитальные вложения в очистную установку;

Z₁- затраты на реагенты;

A – амортизация;

Z₂ – затраты на воду;

Z₃ – затраты на захоронение

$$Z=771407,95 + 27855 + 46900+28454,4+144495=1019112,35\text{руб.}$$

И дальнейшими ежегодными затратами на обслуживание, электроэнергию, восполнение 2% воды и захоронение шлама:

$$28454,4+129781,27+144495+131601,6 = 434332,27\text{руб.}$$

По сравнению с первоначальными затратами: 2 126 012,01 руб.

При внедрении ВМ-УФП-10 с использованием полуволоконных мембран, установка окупится за 6 месяцев и в дальнейшем сократит расходы на промывочную ванну более чем в 4 раза.

В ходе проведенной расчетной работы мы выяснили, что использование установки обратного осмоса с полуволоконными мембранами, экономически выгодно для предприятия ООО «Повтор», за счет значительного сокращения расходов более чем в 4.5 раза, а так же позволяет значительно снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду, за счет уменьшения объемов используемой воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной бакалаврской работе была рассмотрена проблема очистки сточных вод на предприятии ООО «ПОВТОР» г. о. Тольятти. Проанализированы технологии по очистке сточных вод, на основе которых выбран наиболее подходящий вариант для использования.

В ходе работы рассмотрены следующие вопросы:

1) Проведен анализ технологии очистки и водоотведения на предприятии.

2) Разработаны методы создания замкнутого цикла водоснабжения предприятия.

3) Рассмотрены существующие перспективные технологии по очистке сточных вод и выбрана наиболее подходящая очистная установка для мусороперерабатывающего завода ООО «ПОВТОР».

4) Произведен расчет экономической эффективности и выгоды внедрения очистного оборудования на предприятие ООО «ПОВТОР»

На основе проведенной работы предложены оптимальные типы мембран, с учетом объемов использования воды на предприятии.

Проблема становится все более актуальной из-за быстрого роста технического прогресса, и, как следствие, увеличения потребления водных ресурсов.

Внедрение предложенной установки с полуволоконным типом мембраны позволит решить часть технических вопросов, связанных с потерей воды в ходе технологического процесса. Осуществляя очистку воды и возвращая ее в технологический процесс, снижается антропогенная нагрузка на водоемы городского округа Тольятти и окружающую среду в целом, за счет снижения объемов используемой воды.

Таким образом, намеченные задачи выполнены, поставленные цели достигнуты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абрамов, И. И. Degremont. Технический справочник по обработке воды. В 2 т. Том 1. Перевод с французского 2007. – 131
2. Арнс, В. Ж., Гридин, О. М., Саушин, А. З. Очистка окружающей среды от углеводородных загрязнений. – М. Интербук 2003. – 180с.
3. Ахманов, М. Вода, которую мы пьем. Качество питьевой воды и ее очистка с помощью бытовых фильтров – СПб.: «Невский проспект», 2002. – 192 с.
4. Балашов, Л. А. Экономические проблемы использования промышленных отходов. - Киев :Наукова думка, 2008. - 160 с.
5. Беднарский, В. В. Экологическая безопасность при эксплуатации и ремонте автомобиле. – Ростов-на-Дону.: «Феникс», 2003. – 379 с.
6. Большина, Е. П. Экология металлургического производства. Курс лекций. - Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2012. – 155 с.
7. Буторина, М. В. Инженерная экология и экологический менеджмент. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : «Логос», 2004. - 518 с.
8. Воронова, Ю. В. Ивчатова, А. Л. Учебное пособие для студентов заочного отделения факультета "Водоснабжение и водоотведение Москва, 2008. - 568 с.
9. Гавриленков, А. М. Оборудование для очистки воздушных выбросов и сточных вод пищевых предприятий города Санкт-Петербург. - Санкт-Петербург: «ГИОРД» 2007. – 115 с.
10. Гляденов, С. Н. Очистка производственных и поверхностных сточных вод \ Экология и промышленность России. – 2001. – 79 с.
11. Губанов, Л.Н., Новикова О.М., Цимбалов С.Д. Плата за негативное воздействие на окружающую среду.2005. – 70 с.
12. Гудков, А. Г. Механическая очистка сточных вод. Учебное пособие.\ Гудков, А. Г. – Вологда: ВоГТУ, 2003. – 152 с.

13. Друцкий, А.В. Установка очистки ливневых сточных вод. Водоснабжение и санитарная техника. – 2001. - 69 с.
14. Жуков, А. И. Канализация – М.: «Стройиздат», 2008. - 590 с.
15. Зиновьев, А. П., Филиппов, В. Н. Комплексная очистка сточных вод, содержащих нефтепродукты. 2002. – 43-55 с.
16. Зиновьев, А.П.,Филиппов, В.Н. Комплексная очистка сточных вод, содержащих нефтепродукты. № 2 \ 2002. 55 с.
17. Ивчатов, А. Л. Химия воды и микробиология М.: «ИНФРА-М», 2006. - 217 с.
18. Кичигин, В. И. Выбор систем водоотведения на ЭВМ - Самара: Самар. гос. архит.-строит. ун-т, 2005. - 240 с.
19. Кожинов, В. Ф. Очистка питьевой воды. Очистка технической воды. М.: «Бастет», 2008. – 304 с.
20. Козлов, М.Н., Данилович, Д.А., Богарова, И.Н., Дворецкая, И.С. Сравнительная оценка методов обеззараживания сточных вод. Вода и экология. Проблемы и их решение. – 2004, №1. – 48 с.
21. Колесников, В. А. Анализ, проектирование технологий и оборудования для очистки сточных вод – М.: «ДеЛи принт», 2005. - 266 с.
22. Ксенофонтов, Б. С. Флотационная очистка сточных вод – М.: «Новые технологии», 2003. - 159 с.
23. Кутолин, С. А., Писиченко, Г. М. Химия и микробиология воды. Новосибирск , изд-во СГУПСа, 2002. – 134 с.
24. Кушелев, В. П.Охрана природы от загрязнений промышленными выбросами / В. П. Кушелев. - Москва : Химия, 2006. - 240 с.
25. Лапицкая, М. П. Очистка сточных вод - Минск: Высш. шк. А, 2007. - 256 с.
26. Луканин, В. Н. Промышленно-транспортная экология – М.: Высш. шк., 2003. - 273 с.

27. Магарил, Е. Р. Основы рационального природопользования [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / Е. Р. Магарил, В. Н. Локкет. - Гриф УМО. - Москва : КДУ, 2008. - 460 с.
28. Медведева, В. Т. Инженерная экология : [учебник], Гриф МО. - Москва : Гардарики, 2002. - 867 с.
29. Москвитин, А. С. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений - Подольск: «Технология», 2007. - 405 с.
30. Муравья, Л. А. Безопасность жизнедеятельности : учеб. пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : «ЮНИТИ-ДАНА», 2003. - 431 с.
31. Николайкин, Н. И., Николайкина, Н. Е., Мелехова, О. П. 2-е изд., перераб. и доп., - М.: «Дрофа», 2003. – 624 с.
32. Об охране окружающей среды: Федерал. закон: от 10 янв. 2002 г. - Москва : ИНФРА-М, 2004. - 51 с.
33. Охрана окружающей среды : учеб. пособие / под ред. С. В. Белова. - Москва: Высш. шк., 2011. - 264 с.
34. Петрова, Л. В. Химия воды. Учебное пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2004. – 48 с.
35. Потапов, А. Д. Экология : учеб. для вузов / А. Д. Потапов. - Москва : Высш. шк., 2002. - 446 с.
36. Протасов, В. Ф. Экология. Термины и понятия. Стандарты, сертификация. Нормативы и показатели : учеб. и справ. пособие / В. Ф. Протасов, А. С. Матвеев. - Москва : Финансы и статистика, 2001. - 205 с.
37. Раздорожный, А. А. Охрана труда и производственная безопасность М.: «Экзамен», 2006. - 511 с.
38. Рябчиков, Б. Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. М.: «ДеЛи принт», 2004. – 328 с.
39. СанПин 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды центральных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Зарегистрировано в Минюсте РФ 31 октября 2001. № 3011, 67 с.

40. Сапега, В. А. Практикум по экологии. Тюмень.: «Тюменского гос. ун-та», 2002. - 143 с.
41. Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах. Л.: Гидрометеоздат, 2013, 532 с.
42. Семенова, И. В. Промышленная экология : учеб.пособие для студентов вузов / И. В. Семенова. - Москва : Академия, 2009. – 519 с.
43. Соколов, Л.И. использование осадка промышленных сточных вод в производстве асфальтобетона / Л.И. Соколов // Экология и промышленность России. 2006. – 20 с.
44. Соколов, М. П. Очистка сточных вод. Учебное пособие. – Набережные Челны: «КамПИ», 2005. – 213 с
45. Сост, Н. В., Селиванова, Н. А., Андрианов, В. Ю. Очистка сточных вод: Метод. указания к курсовому и дипломному проектированию. 2002. – 134 с.
46. Стахов, Е. А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятия хранения и транспорта нефтепродуктов. Л.: «Недра». 2006. – 263 с.
47. Тамер, Д. Механическая и термическая обработка осадка сточных вод / Д. Тамер // Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. – 46 с.
48. Технология очистки воды и обработки осадка: лаб. практикум / ТГУ; каф. «Водоснабжение и водоотведение»; [сост. В. И. Кичигин]. - ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2007. - 45 с
49. Тимонин, А. С. Инженерно-экологический справочник – М.: «Изд-во Н. Бочкаревой», 2003. - 881 с.
50. Уткин, Н. И. Производство цветных металлов – М.: «Интермет Инжиниринг», 2002. - 442 с.
51. Федеральный закон № 89-ФЗ от 24.06.1998 г. «Об отходах производства и потребления»
52. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 29.12.2015) «Об охране окружающей среды»

53. Федеральный закон от 23.11.1995 N 174-ФЗ (ред. от 29.12.2015) «Об экологической экспертизе»
54. Яковлев, С. В. Водоотведение и очистка сточных вод : учеб. для вузов по спец. "Водоснабжение и водоотведение" Москва : «Стройиздат», 2003. - 591 с.
55. Яковлев, С. В. Очистка производственных сточных вод : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности "Водоснабжение и канализация" и "Очистка природных и сточных вод" / - Москва : «Стройиздат», 2005. - 320 с
56. Cheis Binnie, Martin Kimber. Основы водоочистки. 2013 – 280 с.
57. Chittaranjan Ray, Ravi Jain. Экономические технологии очистки воды в экстремальных ситуациях. 2014. – 179 с.
58. Clemens von Sonntag, Химия озона в очистке питьевой и сточных вод: Основные принципы и применение. 2012, - 320 с.
59. Dick van der Koopij, Рост и развитие микроорганизмов в системах питьевого водоснабжения. 2013 – 500 с.
60. George Tchobanoglous, Инжиниринг процессов очистки сточных вод. 2013. – 2048 с.