

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Исследовательская школа химических и биомедицинских технологий
Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология
ООП «Перспективные химические и биомедицинские технологии»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
Концепция нулевого сброса. Оптимизация схемы очистки оборотной воды на производстве «Электротеплопарогенерация»

УДК 628.16.034.3

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
9ДМ11	Яковлева Ю.А.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШХБМТ	Кукурина О.С.	К.Х.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина В.А.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева И.И.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Романенко С.В.	д.х.н.		

Томск – 2023 г.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП
«Перспективные химические и биомедицинские технологии»**

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла;
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели;
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия;
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия;
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки.
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен организовать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок;
ОПК(У)-2	Способен использовать современные приборы и методики, организовать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты
ОПК(У)-3	Способен разрабатывать нормы выработки, технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, контролировать параметры технологического процесса, выбирать оборудование и технологическую оснастку
ОПК(У)-4	Способен находить оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты.
Профессиональные компетенции выпускников	
ПК(У)-1	Способен к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи
ПК(У)-2	Способен к созданию химических соединений, материалов и изделий биомедицинского назначения и (или) их физико-химического анализа
ПК(У)-3	Способен к применению методов математического моделирования химических соединений, материалов биомедицинского назначения и процессов химических и биомедицинских технологий
ПК(У)-4	Способен к защите объектов интеллектуальной собственности и коммерциализации прав на объекты интеллектуальной собственности
ПК (У)-5	Способен проектировать и организовывать учебный процесс по образовательным программам с использованием современных образовательных технологий

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Исследовательская школа химических и биомедицинских технологий
Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология
ООП «Перспективные химические и биомедицинские технологии»

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
18.04.01 Химическая технология
_____ С.В. Романенко
14.03.2023 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
9ДМ11	Яковлева Юлия Андреевна

Тема работы:

Концепция нулевого сброса. Оптимизация схемы очистки водооборотной воды на производстве «Электротеплопарогенерация»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	34-38/с от 03.02.2023 г.

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	13.06.2023 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Технологические циклы и потребления Тобольского промышленного кластера – сопряжены с большим объемом потребления воды, в сложных технологических процессах, в том числе и производство ЭТПГ. И основной задачей нефтехимического производства является переход систем водоснабжения и водоотведения на замкнутый цикл, с исключением воздействия на природную среду.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования,</i>	Анализ химического состава засоленных стоков, с последующими опытами по вводу реагентов для выведения солей жесткости. Выявление «узких мест», выявления зон образования повышенных значений соледержания и ХПК.

конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	Разработка технических мероприятий, позволяющих произвести очистку засоленных стоков и вовлечь очищенные стоки в оборотные системы тобольских предприятий СИБУРа.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Вписать (при наличии). Если нет, то пишем «не предусмотрено»
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Авдеева И.И., старший преподаватель
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Маланина В.А., доцент ОСГН
Раздел ВКР на иностранном языке	Гончарова Л.А., доцент ОИЯ
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Литературный обзор	
Название раздела или разделов на русском языке:	
Литературный обзор; экспериментальная часть; результаты проведенного исследования; финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность; заключение.	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	14.03.2023 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШХБМТ	Кукурина О.С.	к.х.н.		14.03.2023 г.

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
9ДМ11	Яковлева Ю.А.		14.03.2023 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Исследовательская школа химических и биомедицинских технологий
Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология
ООП «Перспективные химические и биомедицинские технологии»
Уровень образования магистратура
Период выполнения весенний семестр 2022/2023 учебного года

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

Группа	ФИО
9ДМ11	Яковлева Юлия Андреевна

Тема работы:

Концепция нулевого сброса. Оптимизация схемы очистки водооборотной воды на производстве «Электротеплопарогенерация»

Срок сдачи студентом выполненной работы:	13.06.2021 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.03.2023 г.	Разработка раздела «Введение»	10
05.04.2023 г.	Разработка раздела «Литературный обзор»	10
19.04.2023 г.	Разработка раздела «Экспериментальная часть»	10
10.05.2023 г.	Разработка разделов «Результаты проведенного исследования».	10
24.05.2023 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
01.06.2023 г.	Оформление ВКР	10
15.06.2023 г.	Представление ВКР	40

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШХБМТ	Кукурина О.С.	к.х.н.		15.03.2023

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Романенко С.В.	д.х.н.		15.03.2023

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 71 страниц, 9 рисунков, 19 таблиц, 101 источник, 1 приложение.

Ключевые слова: водоподготовка ТЭЦ, выпарная установка, сточные воды, засоленные стоки, обратный осмос

Объектом исследования является выпарная установка.

Цель работы – проанализировать существующую схему водоподготовки производства «Электротеплопарогенерации» с точки зрения оптимального технологического и экономического подхода к очистке оборотной воды, предложить способы оптимизации подготовки/очистки добавочной воды в цикл, с целью уменьшения затрат на собственные нужды производства, предложить способы переработки засоленных стоков, тем самым исключить водосброс.

Задачи

- 1) Анализ материального баланса ЭТПГ по воде
- 2) Изучение изменения состава воды в технологическом цикле
- 3) Подбор методов водоподготовки и разработка оптимальной схемы водоочистки
- 4) Моделирование оптимизированного технологического процесса
- 5) Проведение сравнительного экономического анализа
- 6) Анализ методов переработки/использования солей.

В ходе работы проводился анализ литературы по методам очистки сточных вод, методам разделения и переработки засоленных стоков, расчеты установки обратного осмоса, оценка экономической эффективности.

В результате рассчитана установка обратного осмоса, проведен сравнительный экономический анализ, оценена целесообразность модернизации существующей технологической схемы водоподготовки производства «Электротеплопарогенерации».

Область применения: энергетика, нефтехимические предприятия, водоподготовка.

Экономическая эффективность: данная модернизация экономически выгодна, т.к. позволит в разы сократить эксплуатационные затраты, а также окупаемость проекта составит менее года (3 месяца).

В будущем планируется подобрать оптимальный способ разделения смеси солей, чтобы полностью исключить водосброс.

Содержание

Введение	8
1. Литературный обзор	9
1.1 Обзор методов водоподготовки	9
1.2 Сравнительный анализ методов водоподготовки	13
1.3 Существующая технологическая схема	15
2 Экспериментальная часть.....	18
2.1 Переработка/применение солей	19
2.3 Результаты исследования/разработки	21
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	24
3.1 Расчет капитальных затрат	24
3.2 Расчет текущих затрат, связанных с эксплуатацией оборудования.....	27
3.3 Составление годового графика ремонта оборудования	34
3.4 Расчет показателей экономической эффективности.....	36
3.5 Основные технико-экономические показатели.....	38
4 Социальная ответственность	42
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации .	42
4.2 Производственная безопасность.....	44
4.2.1 Аномальные параметры микроклимата	45
4.2.2 Аномальное освещение.....	45
4.2.3 Повышенный уровень шума.....	47
4.2.4 Повышенная вибрация.....	48
4.2.5 Монотонность работы/эмоциональные нагрузки	49
4.2.6 Опасность поражения электрическим током.....	49
4.2.7 Механическое оборудование с движущимися частями.....	50
4.2.8 Работа с сосудами под давлением	50
4.2.9 Термические ожоги	51
4.3 Экологическая безопасность	51
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	52
Заключение	55
Список использованных источников	56
Приложение А	65

Введение

Сточные воды образуются в результате деятельности человека как хозяйственно-бытовой, так и промышленной.

В последствии промышленные сточные воды сбрасывают в водоемы откуда были взяты, либо задействуют снова в производстве. И в том, и в другом случаях сточные воды должны пройти обязательную очистку от загрязнений, вредных веществ.

Выбор способа очистки в каждом случае определяется источником и характером загрязнения, количеством загрязняющего вещества в промышленном стоке и последующим целевым использованием очищенной воды.

Существующие технологии водоподготовки обеспечивают требуемые эксплуатационные параметры подпиточной воды, но стоимость реагентов, оборудования, наличие опасных стоков и низкий уровень автоматизации процессов подготовки воды делает их технически и экономически невыгодными.

Задачами современной системы водоподготовки являются:

- обеспечение стабильного качества воды, получаемой после обработки;
- обеспечение надежной работы оборудования;
- сокращение затрат на эксплуатацию оборудования;
- сокращение потребления реагентов.

Сокращение сброса сточных вод за счет их повторного применения как в цикле производства, так и на других производствах, является актуальной в современных реалиях. Так как большинство крупных промышленных предприятий осознанно относятся к экологии и применяют как можно более безопасные технологии для производства выпускаемой продукции.

Так, на предприятии ООО «ЗапСибНефтехим» производства «Электротеплопарогенерации» существует проблема рациональной утилизации засоленных стоков, которые в настоящий момент могут попадать в реку Иртыш в паводковые периоды.

1. Литературный обзор

Водоподготовительная установка (ВПУ) на ТЭЦ призвана восполнять потери водного теплоносителя в основном контуре. Существует большое количество возможных вариантов схем водоподготовки для получения обессоленной воды на ТЭЦ. Наибольшее распространение в нашей стране получила технология химического обессоливания на базе проточных ионитных фильтров. Эта технология применяется уже несколько десятилетий и показала себя вполне надежной для вод малой и средней минерализации. Для вод с высокой минерализацией или при повышенном содержании органических соединений используют термическое обессоливание [1].

Ужесточение экологических требований к сточным водам водоподготовительных установок, с одной стороны, ухудшение качества обрабатываемой воды, с другой, удорожание реагентов, ионитов, а также высокие эксплуатационные затраты привели к необходимости совершенствования традиционных технологий и созданию новых схем обессоливания [2].

Для России, особенно для северных и центральных её регионов, ионирование и обессоливание с помощью мембранных фильтров являются основными технологиями в очистке вод небольшой минерализации с высоким показателем органических примесей.

1.1 Обзор методов водоподготовки

Ионный обмен.

Суть ионного обмена состоит в пропуске воды, прошедшей предварительную очистку, через слой катионита или анионита, материалы, способные соответственно обменивать катионы и анионы. Материал, из которого состоит фильтрующий слой, практически нерастворим в воде, но активно взаимодействует с ионами, содержащимися в исходной воде. Необходимая форма ионита достигается при помощи регенерации. Регенерация катионитов растворами хлорида натрия, серной кислоты, хлорида аммония приводит к образованию натриевой, водородной и аммонийной форм, которые условно обозначаются как: NaR, HR, NH₄R. Суть процесса катионирования состоит в обмене ионов кальция и магния на ионы Na⁺, H⁺ или NH₄ при прокачке исходной воды через катионит, прошедший регенерацию [3].

Аниониты, отрегенированные щелочью (NaOH и др.), образуют гидроксильную форму, условно обозначенную ROH. Если через отрегенированный анионит пропускать раствор кислоты, например, HCl, произойдет реакция обмена анионов (анионирование) и

осуществится взаимная нейтрализация ионов H^+ (кислоты) и ионов OH^- , вытесненных анионами из анионита. По своей химической природе все катиониты являются кислотами, все аниониты — основаниями. В зависимости от состава функционально активных групп катиониты подразделяют на сильно-, средне- и слабокислотные, а аниониты - на сильно-, средне- и слабоосновные. По своим технологическим свойствам они имеют существенные различия [4,5]. Сильноосновными анионитами улавливаются только анионы слабых кислот, за «отлов» анионов сильных кислот отвечают слабоосновные аниониты. На водоподготовительных установках ТЭЦ чаще всего применяются сульфоуголь и катиониты КУ-1 и КУ-2. Последние отличаются своей термостойкостью, сильной кислотностью, применяются при рН воды меньше 7. Слабокислотные катиониты, такие как КБ-4, применяются при рН>7.

Na-катионирование

Метод Na-катионирования основан на предварительной регенерации катионита хлоридом натрия и последующем пропуске исходной воды через отрегенированный NaR катионит. Ниже приведены реакции, протекающие при применении данного метода катионирования:



где NaR, CaR₂, MgR₂ – солевые формы катионита.

При приведенных выше реакциях анионный состав воды остается постоянным, но на смену катионам Ca^{2+} и Mg^{2+} поступают ионы положительно заряженного натрия. Для глубокого умягчения воды целесообразно осуществлять Na-катионирование в две ступени, при такой схеме остаточная жесткость фильтрата стабильно держится ниже отметки 0,01 мг-экв/л. При схеме с одной ступенью остаточная жесткость обработанной воды составит 0,1 мг-экв/л, но при увеличенном расходе хлорида натрия на регенерацию можно добиться результата, близкого к результату двухступенчатой схемы [6-8].

Следовательно, решение о применении той или иной схемы нужно принимать в зависимости от того, какого качества воды необходимо достигнуть. Для котельных ТЭЦ больше подходит Na-катионирование в две ступени.

Na-катионирование целесообразно применять в целях умягчения маломутных подземных вод, либо предварительно обработанных вод, прошедших коагуляцию в осветлителе.

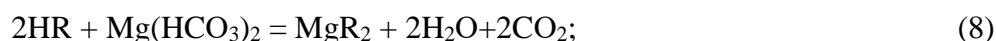
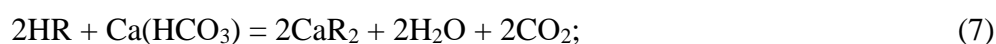
Основными параметрами для расчета ступеней Na-катионитных фильтров являются производительность оборудования, показатели жесткости исходной воды и самого фильтрата.

Как уже было отмечено выше, жесткость при двухступенчатом катионировании составляет менее 0,1 мг-экв/л. При одной ступени она принимается в зависимости от требований потребителя. Расчет фильтров начинается с определения их диаметра и зависит от мягкости исходной воды [9,10]. Выбор диаметра фильтров для высокоминерализованной жидкости зависит от числа регенераций, для мягких вод главным фактором является показатель скорости фильтрования.

H-катионирование

Этот метод обработки воды основан на пропуске исходной воды через H-форму катионита. Но сначала катионит проходит регенерация кислотой. При H-катионировании катионы исходной воды заменяются ионами водорода.

Реакции, протекающие при H-катионировании:



Наряду с вышеприведенными реакциями протекает процесс вытеснения из катионита ранее поглощенных ионов Na^+ ионами Ca^{2+} и Mg^{2+} , вследствие чего катионит по ионам Na^+ истощается быстрее, чем по ионам Ca^{2+} и Mg^{2+} , которые, являясь 2-валентными, сорбируются катионитом лучше. Из-за неодинаковой сорбируемости ионов различной природы их «проскок» в фильтрат происходит неодновременно [11].

Если обрабатываемая вода является природной, при замене катионов ионами водорода до «проскока» Na^+ содержатся только кислоты, а кислотность фильтруемой жидкости равна сумме концентраций сульфатов и хлоридов. H-катионирование помогает снизить кислотность воды за счет увеличения концентрации натрия. Технология H-катионирования достаточно гибкая и может подстраиваться под параметры исходной воды и требования к качеству конечного продукта. К примеру, в схемах химического обессоливания может осуществляться водород-катионирование, если целью является удаление Na^+ [12].

Мембранные технологии

Принцип мембранных процессов, широко применяемых в очистке воды, состоит в пропускании исходной воды через полупроницаемую мембрану.

Очень часто для схем водоподготовки выбираются мембраны. Суть мембранных процессов очень проста. Исходная вода поступает в полупроницаемую мембрану, где задерживаются примеси, размер молекул которых меньше пор мембраны. Фильтрат продолжает своё движение к потребителю, а концентрат задержанных мембраной примесей сливается в дренажную систему. Таким образом, происходит разделение на 2 потока [13]. Значительным плюсом мембран является сохранение высокого качества очищенной воды даже при ухудшении исходной. При этом примеси не накапливаются, а сразу сливаются в дренаж. Это исключает возможность загрязнения ими очищенной воды.

Основываясь на составе исходной воды, подбирают мембраны с подходящим размером пор. Мембраны имеют следующую классификацию:

- микрофльтрационные мембраны,
- ультрафльтрационные мембраны,
- нанофльтрационные мембраны,
- обратноосмотические мембраны.

Самые большие поры у микрофльтрационных мембран, а самые маленькие – у обратноосмотических. При уменьшении пор мембраны увеличивается сопротивление, оказываемое потоку, поэтому для обратного осмоса потребуется обеспечить наибольшее давление [14].

Для уменьшения мутности воды, то есть удержания взвеси и коллоидных частиц, используются микрофльтрационные мембраны. Размер пор 0,1 – 1,0 мкм подходят для установок грубой и предварительной очисток.

Ультрафльтрационные мембраны применяются для удаления бактерий, вирусов и коллоидных частиц. Несомненным плюсом этих мембран является неизменность минерального состава исходной воды при проходе через фильтр [15,16].

Нанофльтрационные мембраны способны задерживать соли и органические соединения. Размер пор колеблется от 0,01 до 0,001 мкм. И наконец, самые узкие поры имеют мембраны обратного осмоса. Поэтому выбор энергетических предприятий часто останавливается именно на них. Обратноосмотические мембраны снижают цветность, задерживают практически все соли и органические вещества, содержащиеся в воде. Эффективность улавливания у данного типа мембран составляет 99 % [17,18,19].

Реагентные методы

Суть реагентного метода водоподготовки заключается в образовании новых веществ за счет реакции солей жесткости и другого вещества. За счет этой химической реакции соли жесткости становятся малорастворимыми, выпадает осадок, который затем удаляется в дренажную систему.

В результате химической реакции образуется осадок, который прилипает к стенкам. В этом и заключается главная проблема данного метода, так как удалить этот осадок очень сложно. Да и качество воды оставляет желать лучшего [20].

Еще одним вариантом для энергетических предприятий является применение смолы в катионных фильтрах. Дело в том, что в смоле содержится огромное количество натрия, который не держится в структуре геля и сразу вступает в реакцию с солями жесткости. Реакция протекает естественным путем, дополнительные катализаторы не нужны [2, 21, 22]. Но у такой смолы есть существенный недостаток. Через несколько фильтроциклов заканчивается весь натрий.

На электростанциях катионные фильтры используются без остановки на протяжении длительного времени. Поэтому устанавливают несколько очередей фильтров, чтобы во время работы одних другие регенирировались [23]. Отходы таких водоочистных установок токсичные, утилизируются только на основании заключенного соглашения, что приносит немало неудобств.

Еще одним недостатком является узкая специализация реагентных установок, они предназначены лишь для умягчения. При многократном прохождении воды сквозь фильтр вода насыщается натрием, но удаляются практически все соли.

1.2 Сравнительный анализ методов водоподготовки

В России наиболее широко используется технология химического обессоливания при помощи анионитных и катионитных фильтров для водоподготовки ТЭЦ. Этот метод применяется для мало- и среднеминерализованных вод. Термическое обессоливание применяется при большой концентрации органических соединений и при высокой минерализации. В последнее время при реконструкции старых ВПУ или установке новых всё чаще прибегают к использованию мембранных технологий.

Эффективность противоточных систем зависит от изначального качества воды. Последние годы популярностью пользуются малореагентные методы, в частности мембранные технологии. Многие энергетические предприятия в целях удаления солей жесткости пользуются обратноосмотическими мембранами с предочисткой в осветлителях,

либо в механических фильтрах. Применение одной ступени обратного осмоса позволяет избавиться от 97 % солей.

Производителями мембран к питательной воде, идущей на систему обратного осмоса, предъявляются требования, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Требования к воде, поступающей на установку обратного осмоса.

Показатель	Значение
Температура, °С	до 45
Концентрация свободного хлора, мг/л	до 0,1
Показатель рН во время работы	2 – 11
Показатель рН во время промывки	1 – 12
Концентрация железа, мг/л	до 0,1
Содержание органических веществ по общему органическому углероду (ТОС), мг/л	до 3
Концентрация марганца, мг/л	до 0,1
Мутность, NTH	до 0,1
Концентрация масел и нефтепродуктов, мг/л	до 0,1
Коллоидный индекс SDI	до 5

При анализе этих требований выясняется, что ограничений на концентрацию солей в исходной воде нет. Указания есть только насчет таких веществ, которые в большинстве случаев приводят к забиванию и отравлению оборудования. Современные фирмы-производители мембран для обратного осмоса не смотрят на такие показатели воды, как цветность, мутность, кислотность и т.д. Они не дают достаточной информации о зависимости между производительностью мембраны и забиванием их пор осадками коллоидных частиц. Для точной оценки этой взаимосвязи используется показатель SDI, индекс плотности осадка. Максимально допустимое значение данного индекса – 5. Воды являются проблемными при SDI = 3 – 5, стабильная работа оборудования обеспечивается при показателях индекса меньше 3.

Также должны быть выполнены мероприятия, обеспечивающие предотвращение отложения солей жесткости на поверхности мембраны. С целью достижения требуемых значений, перед УОО необходимо использовать систему предварительной очистки. Ее конфигурации могут варьироваться и иметь в своем наборе различные виды и группы оборудования, которые существенно зависят от источника водоснабжения и качества исходной воды. Корректно подобранная предподготовка позволит избежать проблем и

обеспечить устойчивость в работе УОО, предотвратить аварийные остановки оборудования. Однако, обеспечить вышеуказанные условия во многих случаях не удастся или невозможно. В этих обстоятельствах необходимы специальные исследования и разработки для создания обратноосмотической системы, которая должна обеспечить требуемые проектные и эксплуатационные параметры.

Наиболее целесообразно применение комбинированных схем ВПУ, представляющих ряд различных способов обработки воды, объединенных в общую технологическую схему, отдельные элементы которой подключают для частичной или полной обработки исходной воды в соответствии с тепловым графиком [25].

Комбинация методов позволяет достигнуть оптимальных показателей качества, надежности, эффективности и экономичности эксплуатации [26-28]. Несомненно, в совокупности, достоинства каждого метода при их сочетании позволяют существенным образом снизить или сгладить недостатки.

1.3 Существующая технологическая схема

Технологическая схема процесса водоподготовки производства Электротеплопарогенерации (ЭТПГ) представлена на рисунке 1.

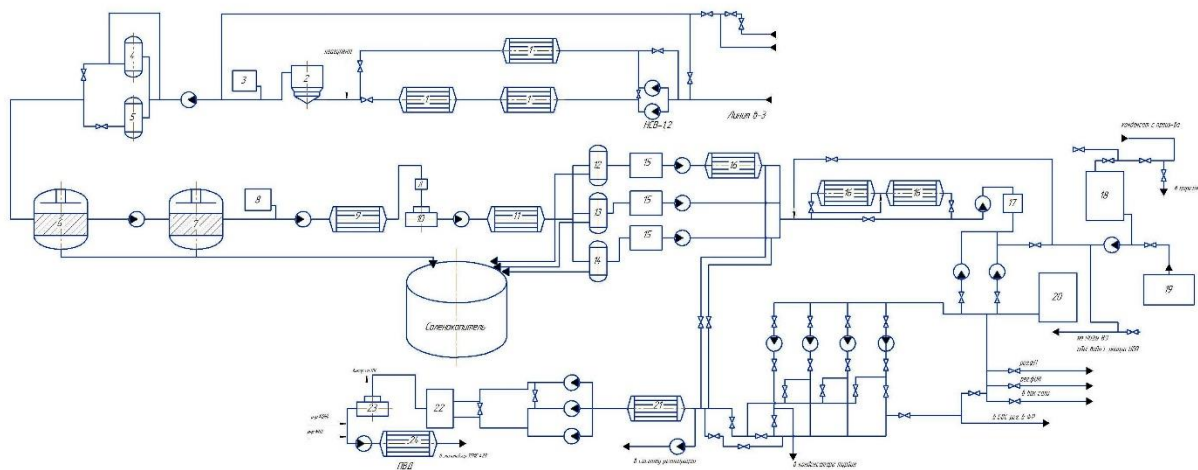


Рисунок 1 – Технологическая схема водоподготовки на ЭТПГ

1 – подогреватель исходной воды; 2 – осветлитель; 3 – бак исходной воды; 4,5 – механические фильтры; 6,7 – Na-катионитовые фильтры I, II очереди; 8 – бак Na-катионитовой воды; 9 – подогреватель Na-катионитовой воды; 10 – декарбонизатор; 11 – подогреватель декарбонизованной воды; 12,13,14 – выпарные батареи 1-3; 15 – бак

неочищенного дистиллята; 16 – охладитель дистиллята с ВУ; 17 – фильтр доочистки; 18 – бак грязного конденсата; 19 – бак низких точек; 20 – бак запаса конденсата; 21 – подогреватель очищенного дистиллята; 22 – подогреватель химически очищенной воды; 23 – деаэратор питательной воды; 24 – подогреватель высокого давления

Уже осветленная вода поступает в водоподготовительный цех ЭТПГ на установку предочистки. Исходная вода подается на три осветлителя (2) типа ВТИ-630 номинальной производительностью 440 м³/час. В осветлителях вода подвергается коагуляции сернокислым алюминием. В результате коагуляции органических веществ образуется шлам, который осаждается и удаляется с продувкой. Непрерывная продувка составляет 2-3 % от нагрузки осветлителя. Коагулированная вода сливается в баки коагулированной воды (3), насосами коагулированной воды подается через механические фильтры (4,5) производительностью 150 м³/час каждый.

Осветленная вода после механических фильтров подается в Na-катионитовые фильтры I ступени I и II очереди (6, 7), затем подается в Na-катионитовые фильтры II ступени I и II очереди. Далее вода поступает в баки Na-катионированной воды (8), после чего насосами Na-катионированной воды подается на выпарные установки (12-14). В качестве ионообменного материала в фильтрах применяется катионит КУ-2-8.

Установка охлаждения дистиллята (УОД) предназначена для охлаждения дистиллята выпарных установок и конденсатов с производства и баков нижних точек (19) перед установкой доочистки, т.к. режим эксплуатации анионита АВ-17-8, которым загружены фильтры последней ступени доочистки, предусматривает охлаждение очищаемой воды до 40 – 45 °С. Для охлаждения используется циркуляционная вода с напора циркуляционных насосов котло-турбинного цеха (КТЦ).

Установка по доочистке (УОД) производственного конденсата и дистиллята выпарной установки (ВУ) общей производительностью 1600 м³/ч предназначена для обезжелезивания и дообессоливания производственного конденсата и дистиллята ВУ.

Загрязненный конденсат с производства, конденсат БНТ турбинного отделения собирается в бак грязного конденсата (18), откуда насосами загрязненного конденсата подается в трубопровод дистиллята ВУ, идущий на установку охлаждения дистиллята и конденсата. После УОД охлажденный до 45 °С дистиллят поступает на установку доочистки (17).

Установка доочистки включает в себя 6 Н-катионитовых (Нд/о) и 6 ОН-анионитовых (ОНд/о) фильтров, 3 фильтра-регенератора (ФР). Фильтры Нд/о загружены катионитом КУ-2-8, регенерация катионита производится в ФР-1, 2 раствором серной кислоты (С - 2-3 %).

Регенерация сильноосновного анионита АВ-17-8, загруженного в фильтры ОНд/о, производится в ФР-3 раствором едкого натра (С – 3-4 %).

Дистиллят, прошедший доочистку, собирается в баки запаса конденсата (20) по 2000 м³ каждый.

2 Экспериментальная часть

Как было сказано выше, что установку обратного осмоса рекомендуется использовать в комбинации методов для обеспечения надежности и эффективности.

При использовании технологии осветления с известкованием целесообразно перед установкой обратного осмоса предусмотреть механическую фильтрацию и Na-катионирование (рисунок 2).

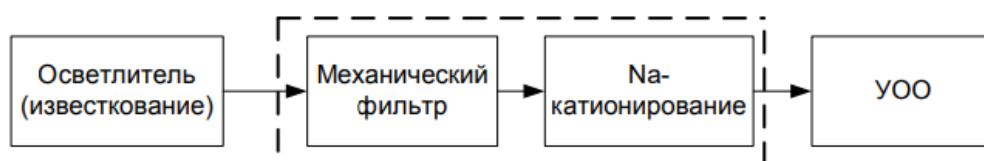


Рисунок 2 – Рассматриваемая технологическая схема

В существующей технологической схеме для предочистки и умягчения исходной воды уже есть данные установки. Поэтому необходимо подобрать установку обратного осмоса под действующее оборудование ВПУ.

Для расчета установки обратного осмоса использовалось ПО NanotechROCAD. Исходные данные на входе в УОО представлены на рисунке 3.

NanotechROCAD: [*] new project

Project Case Report Help

Feed Water Editor of Case "unnamed"

Water Sources: Load Save Show result flow

Основной: 100%

Water Type: Wastewater Conv. (SDI<5)

Analyses

pH: 8,4 Osmotic Pressure: 1,12 MPa

Temperature: 45,0 °C

Cations		Anions	
	mg/L	mg/L	meq/L
Ca	516,03	SO ₄	900,00
Mg	120,00	Cl	5850,00
Na	4630,62	F	0,00
K	0,00	NO ₂	100,00
NH ₄	200,00	PO ₄	10,00
Ba	0,00	Br	0,00
Sr	10,00	SiO ₂	0,00
Fe	0,00	B	0,00

Total Cations: 248,36190 Total Anions: 248,36190

TDS: 16002,43 mg/L

Conductivity: 22272,41 μS/cm

Carbonates

HCO ₃	3512,16	57,56052
CO ₃	153,37	5,11141
CO ₂	14,06	

Saturations

Stiff & Davis SI	3,08
CaSO ₄ %	18,2
SrSO ₄ %	13,8
Mg(OH) ₂ %	0,0
Ca ₃ (PO ₄) ₂ SI	1,73

Input TDS / Conductivity

Рисунок 3 – Исходные данные на входе в УОО

Далее был осуществлен расчет установок и подбор мембран (рисунок 4)

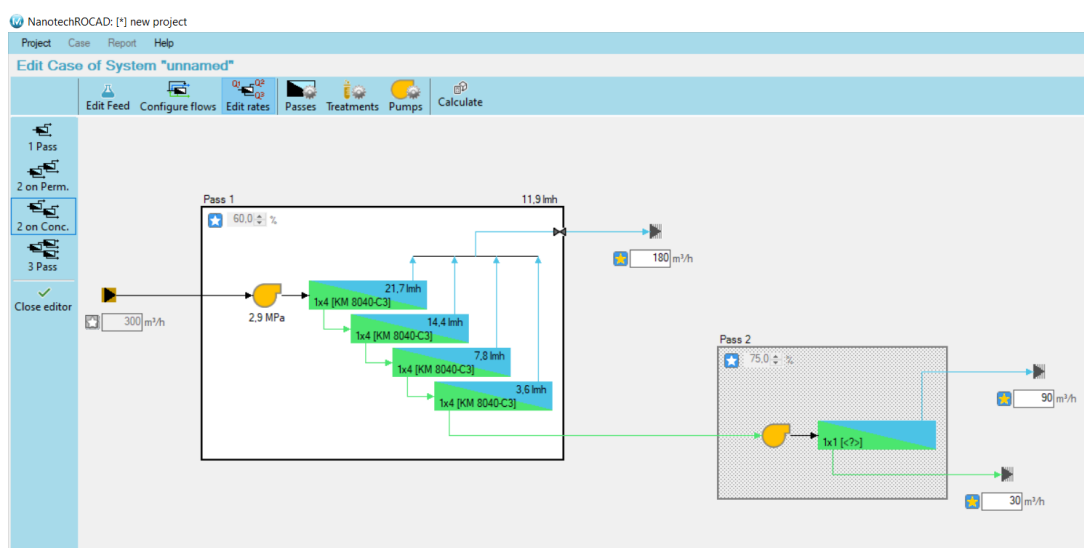


Рисунок 4 – Двухступенчатая УОО

В ПО NanotechROCAD было рассчитано, что на расход 300 м³/ч потребуется 4 аппарата на первой ступени очистки с мембранами типа КМ 8040-С3 и один аппарат на второй ступени.

2.1 Переработка/применение солей

Из анализа технологической схемы мы видим, что засоленные стоки образуются с На-катионитовой и выпарной установок. Исходные данные по стокам, подлежащим переработке представлены в таблицах 2 – 4.

Состав отработанных регенерационных растворов На-катионитовой установки (таблица 2) при расходе растворов 350 т/ч.

Таблица 2 – Состав отработанных регенерационных растворов

Ионы	Значение		Единицы измерения
	На-катионитовая установка	Выпарная установка	
Ca ²⁺	1,6	0,3	моль/м ³
Mg ²⁺	3	0,6	моль/м ³
Na ⁺	5,7	18,8	моль/м ³
Cl ⁻	5,4	1,2	моль/м ³

SO ₄ ²⁻	0,14	6,6	моль/м ³
HCO ₃ ⁻	0,03	1,4	моль/м ³

Исходя из этих данных массовые потоки ионов равны (таблица 3)

Таблица 3 – Массовые потоки ионов

Ионы	Значение		Единицы измерения
	Na-катионитовая установка	Выпарная установка	
Ca ²⁺	224,56	9,1	кг/ч
Mg ²⁺	153,1	6,5	кг/ч
Na ⁺	1062,6	755,1	кг/ч
Cl ⁻	2369,85	110,5	кг/ч
SO ₄ ²⁻	117,6	1163,7	кг/ч
HCO ₃ ⁻	21,3	394,1	кг/ч

Потоки солей в отработанных регенерационных растворах (таблица 4)

Таблица 4 – Соли в отработанных растворах

Элемент	Значение		Единицы измерения
	Na-катионитовая установка	Выпарная установка	
CaCl ₂	621,6	30,9	кг/ч
MgCl ₂	599,8	32,2	кг/ч
NaCl	2516,4	559,8	кг/ч
Na ₂ SO ₄	173,9	1651,0	кг/ч

С целью уменьшения соленых сбросов от химводоочисток предлагаются различные способы предварительной обработки воды, поступающей на водоочистку. Например, на электродиализных установках или на установках обратного осмоса минерализация исходной воды может быть несколько уменьшена. Однако количество соленых стоков и при этих способах остается значительным, так как во всех случаях отбирается чистая вода, а соли, в ней содержащиеся, возвращаются в водоём с тем или иным количеством реагентов.

После смешивания кислых (от Н-катионита) и щелочных (от анионита) стоков возможна обработка их известью и содой для осаждения ионов кальция и магния. Раствор после отделения от образовавшихся осадков будет содержать только соли натрия, хлориды и сульфаты. Этот раствор подвергают электролизу, получая при этом кислые и щелочные растворы. Они направляются взамен привозных кислот и щелочей на регенерацию соответствующих фильтров. Расчёты показывают, что таким способом количество избыточных солей может быть уменьшено в несколько раз [29].

– NaCl может быть использован повторно для регенерации фильтров установки Na-катионирования

– CaCl₂ используется в строительстве в массовом порядке как добавка в бетоны. Это один из самых мощных ускорителей схватывания и твердения бетона, что, в том числе, позволяет эффективно использовать хлорид кальция при зимнем бетонировании как противоморозную добавку [30].

Хлориды готовятся на основе NaCl, CaCl₂ и MgCl₂. Например, ХКМ - хлористый кальций модифицированный, ингибированный. Производится в жидком виде по ТУ 2149-026-13164401-98 под названием «Жидкий противогололедный состав ХКМ; «Биомаг» - модифицированный хлористый магний (бишофит - MgCl₂ 6H₂O), выпускается в твердом и жидком виде по ТУ 2152-001-5356-1075-02 «Противогололедный материал Биомаг - ХММ» [31].

В нашем случае засоленные стоки – это смесь солей, которую необходимо разделять на компоненты. На сегодняшний день существующие разработки в данном направлении не смогут обеспечить должную эффективность и окупаемость.

2.3 Результаты исследования/разработки

1. Модельный расчет показал, что замена выпарных установок на установки обратного осмоса возможен. В ПО NanotechROCAD было рассчитано, что на расход 300 м³/ч потребуется 4 аппарата на первой ступени очистки с мембранами типа KM 8040-C3 и один аппарат на второй ступени.

Применимость метода обратного осмоса для специальных задач обессоливания воды изучается и находит применение. Однако, получение воды, которая соответствует качеству для барабанных котлов 9,8 МПа или 13,8 МПа является достаточно сложной задачей. Поскольку двухступенчатое обессоливание на УОО не всегда позволяет получить требуемые показатели. Зависит от качества предочистки и непосредственно от состава исходной воды.

2. Для смеси солей применение не найдено, существующие способы разделения солей на сегодняшний день недостаточно эффективны и носят по большей части рекламный характер.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
9ДМ11	Яковлевой Юлии Андреевне

Школа	Исследовательская школа химических и биомедицинских технологий	Отделение школы (НОЦ)	Химические технологии
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	18.04.01 Химическая технология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов проекта: материально-технических, финансовых, человеческих	Стоимость установки, вспомогательных материалов для расчетов затрат капитальных и текущих
2. Зарботная плата персонала	Зарботная плата персонала для учета в себестоимости отпуска продукции (подпитка воды)
3. График ремонта оборудования	Календарный график ремонта оборудования для оценки простоев в году
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Капитальные затраты	Расчет капитальных затрат на установку нового оборудования
2. Текущие затраты, связанные с эксплуатацией	Расчет текущих затрат на установку нового оборудования
3. Экономическая эффективность	Расчет экономической эффективности – экономия на условно-постоянных расходах, условно-годовой экономии
4. Техничко-экономические показатели	Расчет срока окупаемости, оценка целесообразности проекта
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
Отсутствует	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
9ДМ11	Яковлева Юлия Андреевна		

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является оценить целесообразность модернизации выпарной установки на установку обратного осмоса с экономической точки зрения.

3.1 Расчет капитальных затрат

Расчет капитальных вложений K_{np} , руб., при проектировании нового оборудования осуществляется по формуле (3.1)

$$K_{np} = K_{об} + K_T + K_M + K_{ст} \quad (3.1)$$

где $K_{об}$ – стоимость приобретаемого нового оборудования, руб.;

K_T – затраты на транспортировку оборудования, руб.;

K_M – затраты на монтаж оборудования, руб.;

$K_{ст}$ – затраты на строительные работы, руб.

Расчет стоимости изготовления оборудования представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Расчет стоимости изготовления оборудования, руб.

Статьи затрат	Сумма, руб.	Примечание
1	2	3
1. Основные материалы	14 750 455,0	Таблица 3.2
2. Покупные полуфабрикаты	988 524,0	Таблица 3.3
3. Зарплата основных рабочих	463 874,6	Формула 3.2
4. Страховые взносы	143 801,1	Формула 3.3
5. Износ инструмента	786 948,9	Формула 3.4
6. Цеховые расходы	1 159 686,5	Формула 3.5
Итого цеховая себестоимость ($K_{об}$)		18 293 290,1

Для определения затрат по статье «Основные материалы» составляется смета затрат, таблица 3.2.

Таблица 3.2 – Смета затрат на основные материалы, руб.

Материалы	Марка	Количество, кг	Цена, руб. за шт.	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
Установка обратного осмоса		5	2 610 700	13 053 500,0
Прочие неучтенные, 5 %				652 675,0
Базовые и транспортные расходы, 8 %				1 044 280,0
Итого				14 750 455,0

Для определения затрат по статье «Покупные полуфабрикаты» составляется смета, таблица 3.3.

Таблица 3.3 – Смета затрат на покупку полуфабрикатов, руб.

Наименование	Характеристика	Количество	Цена, руб./ед.	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
Прокладка	Паронит	12	600,0	7 200,0
Пакет мембран		36	24 100,0	867 600,0
Итого				874 800,0
Прочие неучтенные, 5 %				43 740,0
Базовые транспортные, 8 %				69 984,0
Итого				988 524,0

Нормы времени на сборочные работы представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Нормы времени на сборочные работы установки

Вид работ	Норма времени, нормо-часы	
	Металлоемкие конструкции	Трудоемкие конструкции
1	3	4
Сборочные	0,2-0,4	0,3-0,5

Заработная плата ЗП, руб., рассчитывается по формуле

$$ЗП = ТС_ч \cdot В \cdot K_{доп} \cdot K_{р.к} , \quad (3.2)$$

где $ТС_ч$ – часовая тарифная ставка изготовителя, руб.;

$В$ – затраты времени на изготовление, определяются в зависимости от металлоемкости и нормы времени, нормо-часы (таблица 3.4);

$K_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$K_{р.к}$ – коэффициент, учитывающий районные выплаты (районный коэффициент).

Принимаем $ТС_ч = 80$ руб./час, $K_{доп} = 1,3$, $K_{к.р} = 1,3$.

$$ЗП = 120 \cdot 2287,35 \cdot 1,3 \cdot 1,3 = 463\,874,6 \text{ руб.}$$

По статье «Страховые взносы» $СВ$, руб., принимается сумма в размере 30 % от зарплаты основных производственных рабочих плюс страховые взносы на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний – для производства резиновых изделий 1 %.

$$СВ = (30 \% + 1 \%) \cdot ЗП, \quad (3.3)$$

$$СВ = (30 \% + 1 \%) \cdot 463\,874,6 = 143\,801,1 \text{ руб.}$$

Определим сумму затрат по статье «Износ инструмента».

Отчисление на износ инструмента $ИИ$, руб., равны 5 % от суммы расходов по статьям «Основные материалы» и «Покупные полуфабрикаты»

$$ИИ = 0,05 \cdot (\text{"итого" таблица 4.2} + \text{"итого" таблица 4.3}), \quad (3.4)$$

$$ИИ = 0,05 \cdot (14\,750\,455,0 + 988\,524,0) = 786\,948,9 \text{ руб.}$$

Определим сумму расходов по статье «Цеховые расходы».

Отчисление по статье «Цеховые расходы» равны 250 % от суммы расходов по статье «Зарплата основных рабочих». Следовательно, $ЦР$, руб., определяются по формуле

$$ЦР = 2,5 \cdot ЗП, \quad (3.5)$$

$$ЦР = 2,5 \cdot 463\,874,6 = 1\,159\,686,5 \text{ руб.}$$

По данным таблицы 3.1 цеховая себестоимость нового оборудования равна $K_{об} = 18\,293\,290,1$ руб.

Затраты на транспортировку оборудования K_T , руб., определяются по формуле

$$K_T = 0,15 \cdot K_{об} , \quad (3.6)$$

$$K_T = 0,15 \cdot 18\,293\,290,1 = 2\,743\,993,5 \text{ руб.}$$

Затраты на монтаж оборудования K_M , руб., рассчитываются по формуле

$$K_M = 0,1 \cdot K_{об} , \quad (3.7)$$

$$K_M = 0,1 \cdot 18\,293\,290,1 = 1\,829\,329 \text{ руб.}$$

Затраты на строительные работы $K_{стр}$, руб., можно найти по формуле

$$K_{стр} = 0,1 \cdot K_{об} , \quad (3.8)$$

$$K_{стр} = 0,1 \cdot 18\,293\,290,1 = 1\,829\,329 \text{ руб.}$$

Расчет капитальных вложений $K_{пр}$, руб., рассчитывается по формуле (3.1)

$$K_{пр} = 18\,293\,290,1 + 2\,743\,993,5 + 1\,829\,329 + 1\,829\,329 = 24\,695\,941,6 \text{ руб.}$$

По данным предприятия балансовая стоимость базового оборудования составила 30 000 000,0 руб.

4.2 Расчет текущих затрат, связанных с эксплуатацией оборудования

Режим работы оборудования и баланса рабочего времени оборудования необходимы для расчёта эффективного фонда времени работы оборудования. Баланс рабочего времени оборудования на 2023 год представлен в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Баланс рабочего времени оборудования на 2023 г.

Показатели	Оборудование			
	Базовое		Проектируемое	
1	2	3	4	5
	Дни	Часы	Дни	Часы
Календарный фонд времени	365	8 760	365	8 760
Планируемые целодневные остановки в работе и перерывы:				
1) Праздничные дни	-	-	-	-
2) Выходные дни	-	-	-	-
3) Общие остановки предприятия	-	-	-	-
Номинальный (режимный) фонд времени	365	8 760	365	8 760
Остановы на ремонт:				
1) капитальный	16	384	-	-
2) Текущий	-	-	-	-
3) Осмотры	-	-	-	-
Эффективный фонд времени	349	8 376	365	8 760

Расчет годовой производительности оборудования $M_{год}$, кг/год, осуществляется по формуле

$$M_{год} = q_{ч} \cdot T_{эф}, \quad (3.9)$$

где $q_{ч}$ – часовая производительность, т/ч;

$T_{эф}$ – эффективный фонд рабочего времени оборудования (принимается по балансу рабочего времени оборудования – таблица 3.5).

$$M_{год}^{баз} = 300 \cdot 8376 = 2\,512\,800,0 \text{ т/год.}$$

$$M_{год}^{пр} = 300 \cdot 8760 = 2\,628\,000,0 \text{ т/год.}$$

Баланс рабочего времени одного рабочего в год составляется для определения эффективного фонда рабочего времени. Этот фонд необходим для расчёта численности основных производственных рабочих, обслуживающих оборудование и их фонд заработной платы. Баланс составляется для двух – и трёхсменной, а также односменной работы, т.к. ремонтный персонал, как правило, работает в одну смену (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Баланс рабочего времени одного рабочего в 2023 году

Показатели	При односменной работе	При двух- или трехсменной работе
1	2	3
Календарный фонд времени, дн.	365	365
Нерабочие дни:		
– выходные	104	183
– праздничные	14	-
Номинальный фонд времени, дн.	247	182
Планирование целодневных невыходов:		
– очередные и дополнительные отпуска	36	52
– по болезни	5	5
– выполнение государственных обязанностей	1	1
– отпуска в связи с учебой без отрыва от производства	-	-
– с разрешения администрации	2	2
Эффективный фонд времени, дн.	203	122
Средняя продолжительность смены, ч	8	12
Внутрисменные потери времени, ч	-	0,2
Планируемое количество рабочих часов (эффективное время)	1 624	1 439,6

Расчет фонда заработной платы рабочих проводится следующим образом. Фонд состоит из основной и дополнительной заработной платы (ночное, вечернее время и праздничные дни). Для профессии слесарь технологического оборудования и электрик расчёт доплат за ночное, вечернее время и праздничные дни не ведётся, так как работа проходит в одну смену.

Явочная численность рабочих $Ч_я$, чел., определяется по профессиям

$$Ч_я = n \cdot S, \quad (3.10)$$

где $Ч_я$ – явочная численность рабочих;

$n = 4$ – число рабочих мест;

$S = 3$ – сменность работы.

$$Ч_я = 4 \cdot 3 = 12 \text{ чел.}$$

Процент премии принимается как доплата за ночные часы работы по тарифному соглашению на предприятии. Доплата за работу в ночное $Д_n$, руб., и вечернее $Д_в$, руб., время рассчитывается по формуле

$$D_{н/в} = K \cdot TC_{ч} \cdot Ч_{я} \cdot n \cdot T_{прод.см}, \quad (3.11)$$

где $K = 0,4$, $K = 0,2$ – доплата за работу в ночное и вечернее время соответственно;

$TC_{ч}$ – часовая тарифная ставка рабочего, руб;

n – годовое число ночных и вечерних смен;

$T_{прод.см}$ – продолжительность смены, ч;

$$D_{н} = 0,4 \cdot 150 \cdot 4 \cdot 122 \cdot 12 = 51\,360,0 \text{ руб.},$$

$$D_{в} = 0,2 \cdot 150 \cdot 4 \cdot 122 \cdot 12 = 175\,680,0 \text{ руб.}$$

Доплата за работу в праздничные дни $D_{п}$, руб., рассчитывается по формуле

$$D_{п} = TC_{ч} \cdot T_{прод.см} \cdot П \cdot Ч_{яв}, \quad (3.12)$$

где $П$ – число праздников в году;

$Ч_{яв} = 1$ – явочное число рабочих одной смены.

$$D_{п} = 150 \cdot 12 \cdot 14 \cdot 1 = 25\,200,0 \text{ руб.}$$

Расчет фонда заработной платы рабочих представлен в таблице 3.7.

Процент премии принимается как доплата за ночные часы работы по коллективному договору на предприятии. Дополнительная заработная плата в процентном отношении $ЗП_{доп}$, %, определяется по формуле

$$ЗП_{доп} = \frac{T_o + T_{г} + T_a + T_y + T_n}{T_{эф}} \cdot 100, \quad (3.13)$$

где T_o – очередной и дополнительный отпуск, ч;

$T_{г}$ – выполнение государственных обязанностей, ч;

T_a – с разрешения администрации, ч;

T_y – в связи с учёбой, ч;

T_n – перерывы кормящим матерям и т.п., ч;

$T_{эф}$ – эффективный фонд рабочего времени, ч.

$$\text{ЗП}_{\text{доп}} = \frac{1248+24+48}{2928} \cdot 100 = 45 \%,$$

$$\text{ЗП}_{\text{доп}} = \frac{864+24+48}{4872} \cdot 100 = 20 \%.$$

Расчет годового фонда зарплаты выполняется по форме, приведенной в таблице 3.8.

Среднемесячная заработная плата $ЗП_{ср.мес}$, руб., одного рабочего

$$ЗП_{ср.мес} = \frac{ГФПЗ}{12 \cdot Ч_{об}}, \quad (3.14)$$

где $Ч_{об}$ – общее количество работников (таблица 4.7), чел.;

$ГФПЗ$ – годовой фонд заработной платы (таблица 4.8), руб.

$$ЗП_{ср.мес} = \frac{3\,842\,750}{12 \cdot 12} = 26\,685,8 \text{ руб.}$$

Расчет амортизационных отчислений A , руб., проводится по проектируемому (новому) и базовому вариантам с учетом утвержденных нормативов по формуле

$$A = \frac{\Phi \cdot N_a}{100}, \quad (3.15)$$

где Φ – стоимость оборудования, руб.;

N_a – норма амортизации, %.

Принимаем $N_a = 5\%$.

Базовая амортизация A , руб.

$$A = \frac{30\,000\,000 \cdot 5}{100} = 1\,500\,000 \text{ руб.}$$

Проектируемая амортизация A , руб.

$$A = \frac{24\,695\,941,6 \cdot 5}{100} = 1\,234\,797,1 \text{ руб.}$$

Расчет стоимости материалов, запчастей на проведение ремонтных работ и технического обслуживания (ТО) оборудования приведен в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Расчет затрат материалов и запчастей на проведение ремонтных работ

Материалы	Количество материальных ресурсов	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4
Базовый вариант			

Болт	300	190	57 000
Гайка	300	60	18 000
Шайба	300	4	1 200
Прокладка	10	600	6 000
Итого			82 200

Смета затрат на ремонт оборудования представлена в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Смета затрат на ремонт оборудования

Статья расходов	Сумма	
	Базовый вариант	Проектируемый вариант
1	2	3
1.Материалы и запчасти (из табл.4.9)	82 200	-
2.Основная и дополнительная зарплата рабочих	43 008	-
3.Страховые взносы	13 332,5	-
4.Цеховые расходы (50% от зарплаты рабочих, производящих ремонт)	21 504	-
Итого	160 044,5	-

3.3 Составление годового графика ремонта оборудования

Составление графика начинается с определения длительности ремонтного цикла и межремонтных периодов структуры ремонтного цикла для соответствующего вида оборудования.

Время простоя оборудования в ремонте также устанавливается по нормативам системы ремонтов.

График ремонта приводится в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Годовой график планово-предупредительных ремонтов оборудования

Наименование и марка оборудования	Ремонтный цикл, межремонтный период, ч Продолжительность одного ремонта, ч			Трудоемкость ТО и ремонта, чел.ч			Вид и порядковый номер ремонтных работ по месяцам 2021 года												Простои в ремонте за год, ч	
	К	Т	О	К	Т	О	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь		
1	2			3			4												5	
Базовый вариант	1720 384	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	КР	-	-	-	384
Проектируемый вариант	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Основная зарплата рабочих $ZП_{осн}$, руб., занятых на ремонте оборудования, рассчитывается по формуле

$$ZП_{осн} = TC \cdot T, \quad (3.16)$$

где TC – тарифная ставка ремонтного рабочего, руб.;

T – годовая трудоемкость всех видов ремонтных работ (табл. 4.11), чел. ч.

Принимаем $TC = 70$ руб.

Дополнительная зарплата рабочих, занятых на ремонте оборудования, принимается от 60 до 100 % основной зарплаты.

Базовый вариант $ZП_{осн}$, руб.

$$ZП_{осн} = 70 \cdot 384 = 26\,880,0 \text{ руб.},$$

$$ZП_{дон} = 0,6 \cdot 26880 = 16\,128,0 \text{ руб.},$$

$$ZП_{общ} = 26\,880 + 16\,128 = 43\,008,0 \text{ руб.}$$

Смета затрат на содержание и эксплуатацию оборудования представлена в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Смета затрат на содержание и эксплуатацию оборудования

Статья	Сумма, руб.		Примечание
	Базовый вариант	Проектируемый вариант	
1	2	3	4
1.Содержание оборудования			
а) зарплата дежурного персонала	800 566,0	800 566,0	Таблица 4.8
б) страховые взносы	248 175,5	248 175,5	31 %
в) затраты на смазочные и обтирочные материалы	-	-	
г) услуги других цехов	300 000,0	53 040,6	1 % от стоимости оборудования
2.Текущий ремонт оборудования:			
а) Зарплата ремонтного персонала	269 388,0	269 388,0	Таблица 4.8
б) страховые взносы	83 510,3	83 510,3	31 %
в) затраты на ремонт	160 044,4	-	Таблица 4.10
г) прочие расходы	76 941,4	52 935,0	(а + б + в)·15 %
3.Амортизационные отчисления	1 500 000,0	1 234 797,1	Формула 4.15
4.Расход энергии	7 592 000,0	3 796 000	
5.Зарплата основных рабочих	2 772 796,0	2 772 796,0	Таблица 4.8
6.Страховые взносы	95 867,5	95 867,5	31 %
7. Плата за воду	50 189 033,36	50 189 033,36	
8. Топливо	708 390 330,64	-	
9. Реагенты	43 882 739,51	43 882 739,51	
10.Итого затрат	816 361 392,55	103 478 848,87	
11.Производительность оборудования, т/год	2 512 800,0	2 628 000,0	Формула 4.9
12.Себестоимость обработки единицы продукции, т	324,9	39,4	

3.4 Расчет показателей экономической эффективности

Расчет условно-годовой экономии $\mathcal{E}_{\text{уг}}$, руб., определяется на основе изменения себестоимости обработки единицы продукции по формуле

$$\mathcal{E}_{yz} = (S_1 - S_2)M_2, \quad (3.17)$$

где S_1, S_2 – себестоимость обработки единицы продукции по базовому и проектному вариантам (удельная себестоимость), руб.;

M_2 – годовая производительность проектируемого оборудования, кг/год.

$$\mathcal{E}_{yz} = (324,9 - 39,4) \cdot 2\,628\,000 = 750\,294\,000,0 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений $T_{ок}$, лет, можно рассчитать по формуле

$$T_{ок} = \frac{K_{пр}}{\mathcal{E}_{yz}}, \quad (3.18)$$

$$T_{ок} = \frac{24\,695\,941,6}{750\,294\,000,0} = 0,3 \text{ года.}$$

Расчет экономии на условно-постоянных расходах \mathcal{E}_{ynp} , руб., проводится в случае увеличения производительности оборудования, и сумма экономии определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{ynp} = \left(\frac{УПР}{M_1} - \frac{УПР}{M_2} \right) \cdot M_2, \quad (3.19)$$

где $УПР$ – сумма условно-постоянных расходов (расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, цеховые расходы) при производстве продукции в базовом периоде, тыс. руб.;

M_1 – годовая производительность оборудования в базовом варианте, т/год;

M_2 – годовая производительность проектируемого оборудования, т/год.

Определяем сумму условно постоянных расходов $УПР$, руб.

$УПР$ принимается как сумма 40 % «Износа инструмента» (таблица 3.1), 60 % «Итого затрат базового варианта» (таблица. 3.12) и 40 % «Цеховые расходы базового варианта» (таблица. 3.12).

$$\text{УПР} = 0,4 \cdot 786\,948,9 + 0,6 \cdot 6\,307\,289,1 + 0,4 \cdot 300\,000 = 4\,219\,153 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_{\text{упр}} = \left(\frac{4\,219\,153}{251\,280,0} - \frac{4\,219\,153}{262\,800,0} \right) \cdot 262\,800,0 = 193\,428,2 \text{ руб.}$$

3.5 Основные технико-экономические показатели

Основные технико-экономические показатели представлены в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Сводная таблица основных технико-экономических показателей

Показатели	Результат	
	Базовый вариант	Проектируемый вариант
1	2	3
1. Годовая производительность оборудования	251 280,0	262 800,0
2. Списочный состав рабочих		
– основные	1	1
– вспомогательные	2	2
3. Сумма капитальных затрат, руб.	30 000 000,0	24 695 941,6
4. Годовой фонд зарплаты, руб.	3 845 750,0	3 845 750,0
5. Себестоимость обработки единицы продукции, руб.	2,5	2,1
6. Затраты на ремонт оборудования, руб.	160 044,4	-
7. Амортизационные отчисления, руб.	1 500 000,0	1 234 797,1
8. Расход энергии, руб.	7 592 000,0	3 796 000,0
9. Среднемесячная зарплата одного рабочего, руб.	26 685,8	26 685,8
10. Условно-годовая экономия, руб.	-	750 294 000,0
11. Экономия на условно-постоянных расходах, руб.	-	4 219 153,0
12. Срок окупаемости капитальных затрат, лет	-	0,3

Рассчитанный срок окупаемости капитальных вложений составляет 0,3 лет и не превышает 5 лет, следовательно, модернизация выпарной установки целесообразна.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 9ДМ11		ФИО Яковлева Юлия Андреевна	
Школа	Исследовательская школа химических и биомедицинских технологий	Отделение (НОЦ)	Исследовательская школа химических и биомедицинских технологий
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	18.04.01 Химическая технология

Тема ВКР:

Концепция нулевого сброса. Оптимизация схемы очистки водооборотной воды на производстве «Электротепло-парогенерация»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение

- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.
- Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации

Объект исследования: Выпарная установка
Область применения: энергетика, электростанции
Рабочая зона: производственное помещение
Размеры помещения: 30x40 м
Количество и наименование оборудования рабочей зоны: Выпарные установки x 3шт., теплообменные аппараты x9 шт., насосы x9 шт.
Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: контроль параметров работы со щита, переключение оборудования, плановые обходы.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Приказ № 536 от 15.12.2020 г. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением;
 ТК РФ Статья 351.6. Особенности регулирования труда работников в сфере электроэнергетики, сфере теплоснабжения, в области промышленной безопасности, области безопасности гидротехнических сооружений;
 ТК РФ Статья 100. Режим рабочего времени;
 ТК РФ Раздел VI. Оплата и нормирование труда
 ТК РФ Статья 147. Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда
 Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда (ред. 28.12.2022 г.)
 СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда»;
 ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя.
 Общие эргономические требования.
 ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования;
 ГОСТ 22269-76 Система «человек-машина».

	<p>Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.</p>
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора 	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Аномальные параметры микроклимата - Аномальное освещение - Повышенный уровень шума - Повышенная вибрация - Монотонность работы - Эмоциональные нагрузки <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Опасность поражения электрическим током - Механическое оборудование с движущимися и вращающимися частями - Работа с сосудами под давлением - Термические ожоги <p>Средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: Тепловая изоляция трубопроводов и оборудования, защитные ограждения, средства защиты органов слуха (наушники, беруши), каска, специальная обувь, специальная одежда, средства защиты органов зрения (очки), перчатки, диэлектрические перчатки</p> <p>Расчет: система искусственного освещения</p>
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации:</p>	<p>Воздействие на сельтебную зону: парниковый эффект, выбросы оксида азота, канцерогенов</p> <p>Воздействие на литосферу: химическое загрязнение грунтовых вод, утилизация отработавшего оборудования, люминесцентных ламп и макулатуры</p> <p>Воздействие на гидросферу: сброс нагретых вод, сброс засоленных сточных вод (смесь CaCl_2, MgCl_2, NaCl)</p> <p>Воздействие на атмосферу: выбросы дымовых газов (оксид азота), тепловое воздействие вследствие испарения части охлаждающей воды</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:</p>	<p>Возможные ЧС: Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); Техногенные аварии (отказ систем безопасности, пожары)</p> <p>Наиболее типичная ЧС: взрыв газовой смеси, взрыв котла с перегретой водой</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата

9ДМ11	Яковлева Юлия Андреевна		
-------	-------------------------	--	--

4 Социальная ответственность

Объектом исследования в данной выпускной квалификационной работе является выпарная установка производства «Электротеплопарогенерации» предприятия ООО «ЗапСибНефтехим».

Данное оборудование и его эксплуатация создает опасные и вредные факторы. При работе с представленным оборудованием необходимо строго соблюдать технику безопасности, а также должны применяться всевозможные меры для обеспечения безопасных условий труда для рабочего персонала.

Данный раздел выпускной квалификационной работы предусматривает анализ условий труда, выявление вредных и опасных факторов, определение порядка проведения мероприятий по технике безопасности, мероприятия по противопожарной профилактике на рабочем месте сотрудников предприятия.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации

К трудовой деятельности в сфере теплоснабжения, согласно трудовому кодексу РФ (статья 351.6), допускаются лица, прошедшие у работодателя подготовку и получившие у него подтверждение готовности к работе, а в случаях, предусмотренных федеральными законами, также прошедшие аттестацию по вопросам безопасности в сфере электроэнергетики, аттестацию в области промышленной безопасности [32].

Основные положения, касающиеся отношений между организацией и сотрудниками, содержатся в трудовом кодексе РФ.

На промышленных предприятиях предполагается проведение специальной оценки труда для выявления вредных и опасных факторов на рабочем месте, оценки уровня их воздействия на работника и разработки мероприятий с целью улучшения условий труда.

Основным рабочим местом оператора выпарной установки является щит управления. Так, согласно ТК РФ [32] и ФЗ РФ «О специальной оценке условий труда», [33] рабочее место оператора выпарной установки относится к 3 классу опасности условий труда, в связи с этим предусмотрено:

–Режим рабочего времени устанавливается правилами внутреннего трудового распорядка в соответствии с трудовым законодательством и иными нормативными

правовыми актами, содержащими нормы трудового права, коллективным договором, соглашениями (ТК РФ ст.100);

– Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере (ТК РФ ст.147);

– Минимальный размер повышения оплаты труда работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, составляет 4 процента тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда (ТК РФ ст.147);

– Конкретные размеры повышения оплаты труда устанавливаются работодателем с учетом мнения представительного органа работников в порядке, установленном статьей 372 настоящего Кодекса для принятия локальных нормативных актов, либо коллективным договором, трудовым договором (ТК РФ ст.147).

В соответствии с СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» в помещениях, предназначенных для круглосуточной работы, а также в помещениях без естественного проветривания, должны быть предусмотрены средства, обеспечивающие не менее половины от требуемого воздухообмена и заданную температуру в холодный период года [34].

Рабочее место оператора должно быть организовано согласно требованиям, представленным в [35-37]:

– На рабочем месте, предназначенном для работы в положении сидя, производственное оборудование и рабочие столы должны иметь пространство для размещения ног высотой не менее 600 мм, глубиной - не менее 450 мм на уровне колен и 600 мм на уровне стоп, шириной не менее 500 мм;

– Органы управления и функционально связанные с ними индикаторы необходимо располагать вблизи друг друга функциональных групп таким образом, чтобы орган управления или рука оператора при манипуляциях с ним не закрывала индикатора. При этом органы управления должны располагаться в соответствии с последовательностью действий, выполняемых оператором;

– Очень часто используемые средства отображения информации, требующие точного и быстрого считывания показаний, следует располагать в вертикальной плоскости под углом +/- 15° от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом +/- 15° от сагиттальной плоскости.

4.2 Производственная безопасность

В целях обеспечения производственной безопасности необходимо выявить и устранить (или предусмотреть специальные методы защиты) опасные и вредные производственные факторы. Выбор факторов производится с использованием классификации в Системе стандартов безопасности труда [38], выявленные факторы перечислены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте

№	Факторы	Нормативные документы
1	Аномальные параметры микроклимата	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [39]
2	Аномальное освещение	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение [44]
3	Повышенный уровень шума	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [40]
4	Повышенная вибрация	ГОСТ Р 1.12-2020 Стандартизация в Российской Федерации [42]
5	Монотонность работы	МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности» [41]
6	Эмоциональные нагрузки	МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности» [41]
7	Опасность поражения электрическим током	ГОСТ Р 58698-2019 Защита от поражения электрическим током [48]
8	Механическое оборудование с движущимися частями	ГОСТ Р 54125-2010 Безопасность машин и оборудования [50]
9	Работа с сосудами под давлением	ГОСТ Р 52630-2012 Сосуды и аппараты стальные сварные [51]

10	Термические ожоги	СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов [52]
----	-------------------	--

4.2.1 Аномальные параметры микроклимата

Выпарные установки находятся как на закрытой площадке. Закрытая площадь оборудована отопительной системой, поэтому температура не превышает допустимых норм температур в зимний период [39].

Санитарные правила и нормы [39] устанавливают определённый микроклимат на закрытой производственной площадке (цех). Оптимальные показатели микроклимата производственных помещений согласно [39] приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Оптимальные показатели микроклимата производственных помещений

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	21-23	40-60	0,1
Теплый	22-24	40-60	0,1

В операторных установлена система кондиционирования для охлаждения помещения в летний период. С целью защиты персонала от неблагоприятных рабочих условий в теплый период, необходимо реализовать следующие рекомендации:

- установить на здании, в котором располагается исследуемое оборудование, оросительную систему, которая за счет распыления воды будет снижать общую температуру здания.

4.2.2 Аномальное освещение

Около 80 % из общего объема информации человек получает через зрительный аппарат. Неудовлетворительное в количественном или качественном отношении освещение рабочей зоны развивает утомляемость, что увеличивает вероятность ошибочных действий.

При недостатке на рабочем месте естественного освещения можно выполнить следующие мероприятия:

- уменьшение времени пребывания работника в данном помещении;
- улучшение условий, создаваемых искусственным освещением;
- анализ степени загрязнения стекол в светопроемах, их чистка и последующие контрольные измерения;
- косметический ремонт помещения с использованием светлых отделочных материалов.

Освещенность на производственном объекте (цех) нормируется [44] и относится к IVa разряду. Наименьший размер объекта различения равен интервалу 0,5 - 1,0 мм, величина нормируемой освещенности равна $E = 300$ лк общего освещения.

Размеры помещения: длина $A = 30$ м; ширина $B = 40$ м; высота $H = 7$ м. Высота рабочей поверхности составляет $h_{рп} = 1,5$ м.

Коэффициент отражения стен $\rho_c = 30$ %, потолка $\rho_n = 30$ % [45]. Т.к. помещение относится к помещениям со средним выделением пыли, то коэффициент запаса примем равным $k = 1,8$ [45], коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп примем равным $Z = 1,1$ [45].

Определим систему общего освещения, в качестве источника искусственного освещения примем двухламповые уплотнённые светильники ПВЛ с $\lambda = 1,5$ [45].

Определим площадь помещения по формуле 4.1:

$$S = A \cdot B = 30 \cdot 40 = 1200 \text{ м}^2 \quad (4.1)$$

Примем, что светильники вплотную крепятся к потолку, тогда высота от потолка до рабочей поверхности составит (формула 4.2):

$$h = H - h_{рп} = 7 - 1,5 = 5,5 \text{ м} \quad (4.2)$$

Расчетная длина между двумя рядами светильников определяется по [45].

Примем люминесцентные лампы типа ПВЛ-1, мощностью 65 Вт, со световым потоком 4600 лм [45]. Определим расстояние между светильниками по формуле 4.3:

$$L = \lambda \cdot h = 1,5 \cdot 5,5 = 8,25 \text{ м} \quad (4.3)$$

Определим число рядов светильников по формуле 4.4:

$$n = \frac{B}{L} = \frac{40}{8,25} \approx 5 \quad (4.4)$$

Индекс помещения равен (формула 4.5):

$$i = \frac{S}{(A+B) \cdot h} = \frac{1200}{(30+40) \cdot 5,5} \approx 3 \quad (4.5)$$

Т.к. светильник содержит две лампы, то его световой поток составляет $\Phi = 9200$ лм. Коэффициент использования потока [45] примем равным $\eta = 0,38$.

По [45] определим необходимое число ламп для освещения по формуле 4.6:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot k}{\Phi \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 1200 \cdot 1,1 \cdot 1,8}{9200 \cdot 0,38} \approx 205 \quad (4.6)$$

Проведем проверку результатов расчета по уравнениям 4.7, 4.8:

$$\Phi_p = \frac{E \cdot S \cdot Z \cdot k}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 1200 \cdot 1,1 \cdot 1,8}{205 \cdot 0,38} = 9150 \text{ лм} \quad (4.7)$$

$$-10\% \leq \frac{\Phi_c - \Phi_p}{\Phi_c} \cdot 100\% \leq +20\% \quad (4.8)$$

$$-10\% \leq 5,4\% \leq +20\%$$

На рисунке 4.1 представлена схема расположения светильников.

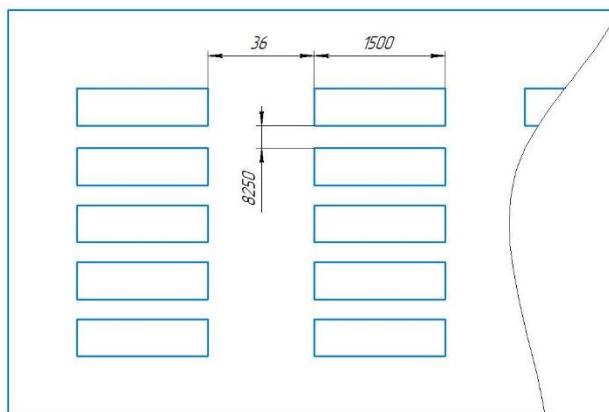


Рисунок 4.1 – Схема расположения светильников

В ходе расчета, представленного выше, было выявлено, что освещение в цехе соответствует нормам и содержит 104 светильников типа ПВЛ-1, расположенных в два ряда. При длине светильника 1,5 м, их общая длина составляет 78 м. Расстояние между светильниками в ряду составляет 3,6 мм

4.2.3 Повышенный уровень шума

Основным источником шума, возникающим при эксплуатации выпарных установок, является движение жидкости по трубопроводам, а также движение жидкости внутри выпарных батарей. Шум также возникает при эксплуатации вентиляторов и электродвигателей рабочих механизмов. Шум является результатом колебания тел, передаваемого непосредственно или на расстояние другим объектам.

Частота колебаний от 16 до 20000 в секунду воспринимается органами слуха как шум [40], колебания с частотой свыше этого предела не ощущаются человеком, и называются ультразвуками.

В целях снижения уровня шума в производственных помещениях до допустимых значений в соответствии с [40] предусмотрено:

1. установка вентагрегатов в отдельных выгороженных помещениях - венткамерах, расположенных в удаленных от рабочих мест частях здания;
2. подбор диаметров воздуховодов по средним скоростям в магистральных воздуховодах для уменьшения сопротивления сети (4 - 8 м/с);
3. плавное соединение воздуховодов с вентиляционным агрегатом при помощи переходов и гибких вставок;
4. монтаж насосов и другого оборудования беспрокладочным методом с применением установочных винтов, удаляемых после подливки;
6. подвод питания к электродвигателям по гибким кабелепроводам.

На исследуемой выпарной установке для устранения, приведенных ранее, источников шума необходимо, помимо уже существующих средств защиты использовать гибкие вставки в узлах воздуховодов.

4.2.4 Повышенная вибрация

Шум от вибрации отличается частотой колебаний в секунду. Если число колебаний в секунду не превышает 16, то они воспринимаются человеком как сотрясения и называются вибрацией [42].

Ответственность за соблюдение установленных гигиенических нормативов по вибрации на рабочих местах лежит на работодателе. Для этого он должен оценить риск, связанный с воздействием вибрации на рабочих, и принять меры, необходимые для снижения вибрационной нагрузки. Эти меры включают в себя, в частности [43]:

- проектирование рабочих мест с учетом максимального снижения вибрации;
- использование машин с меньшей виброактивностью;
- использование материалов и конструкций, препятствующих распространению вибрации и воздействию ее на человека;
- оптимальное размещение виброактивных машин, минимизирующее вибрацию на рабочем месте;
- создание условий труда, при которых вредное воздействие вибрации не усугубляется наличием других неблагоприятных факторов (ГОСТ 31192.1);
- использование в качестве рабочих виброопасных профессий лиц, не имеющих медицинских противопоказаний, и обеспечение прохождения ими регулярных медицинских обследований;

– обучение рабочих виброопасных профессий правильному применению машин, уменьшающему риск получения вибрационной болезни;

– оповещение рабочих виброопасных профессий о мерах, принимаемых работодателем, позволяющих снизить риск ухудшения состояния здоровья рабочего вследствие неблагоприятного воздействия вибрации, и санкциях, которые могут быть наложены на рабочего при несоблюдении указанных мер;

– контроль за правильным использованием средств виброзащиты;

Для цеха водоподготовки рекомендуется заменить виброизоляцию насосов (пружинных амортизаторов) для уменьшения воздействия на работников.

4.2.5 Монотонность работы/эмоциональные нагрузки

При работе на пульте управления оператор должен быть сконцентрирован и внимателен. Во время смены работник сталкивается с умственной и зрительной нагрузками, монотонностью труда.

При умственной нагрузке необходима длительность сосредоточенного внимания, выраженная ответственность, плотность сигналов и сообщений в единицу времени по МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности» [41].

При зрительной нагрузке необходима высокая координация сенсорных и моторных элементов зрительной системы. Вызывает головную боль, ухудшение зрения, астенопию – патологического состояния, связанного с быстрым переутомлением глаз.

Для устранения накопленной усталости и нагрузки на организм человека необходимо выполнять комплекс физических упражнений на координацию движений, концентрацию внимания, комплекс упражнений на глаз, использовать методику психической саморегуляции.

4.2.6 Опасность поражения электрическим током

Источником поражения током является: электрические провода, вспомогательное оборудование, работающее от электричества. Безопасность при работе обеспечивается применением различных технических и организационных мер [48]:

- установка оградительных устройств;
- изоляция токопроводящих частей и её непрерывный контроль (согласно ПУЭ, сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 - 10 Ом·м);
- защитное заземление, использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов.

К работе с электрооборудованием допускаются лица, прошедшие специальное обучение и имеющие соответствующую группу допуска по электробезопасности. Весь состав рабочего персонала проходит инструктаж по электробезопасности. Для защиты от поражения электрическим током персонала необходимо использовать следующие средства индивидуальной защиты [49]:

- диэлектрические перчатки и галоши (дежурные);
- резиновые коврики;
- изолирующие подставки.

Для защиты от электрической дуги и металлических искр при сварке необходимо использовать [49]:

- защитные костюмы;
- защитные каски;
- очки и т.п.

4.2.7 Механическое оборудование с движущимися частями

На каждом производстве есть оборудование с движущимися частями и механизмами, которые представляют опасность для человека и могут повлечь за собой серьезные травмы вплоть до летального исхода. Для обеспечения безопасности работников должны выполняться следующие требования:

- Допуск к эксплуатации только квалифицированного персонала;
- Использование средств индивидуальной защиты;
- Установка защитных ограждений.

4.2.8 Работа с сосудами под давлением

Конструкция сосудов должна быть технологичной, надежной в течение установленного в технической документации срока службы, обеспечивать безопасность при изготовлении, монтаже и эксплуатации, предусматривать возможность осмотра (в

том числе внутренней поверхности), очистки, промывки, продувки и ремонта, контроля технического состояния сосуда при диагностировании, а также контроля за отсутствием давления и отбора среды перед открытием сосуда [47].

Для обеспечения безопасности опрокидываемые сосуды должны иметь приспособления, предотвращающие самоопрокидывание.

4.2.9 Термические ожоги

Меры безопасности при высоких температурах оборудования во избежание термических ожогов:

– Теплоизоляционная конструкция должна обеспечивать параметры теплохолодоносителя при эксплуатации, нормативный уровень тепловых потерь оборудованием и трубопроводами, безопасную для человека температуру их наружных поверхностей;

– Материалы, используемые в теплоизоляционных конструкциях, не должны выделять в процессе эксплуатации вредные, пожароопасные и взрывоопасные, неприятно пахнущие вещества, а также болезнетворные бактерии, вирусы и грибки, в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации, установленные в санитарных нормах.

4.3 Экологическая безопасность

Основными загрязнителями атмосферы на производстве являются выбросы дымовых газов (оксид азота), тепловое воздействие вследствие испарения части охлаждающей воды, литосферы – химическое загрязнение грунтовых вод, утилизация отработавшего оборудования, люминесцентных ламп и макулатуры, гидросферы – сброс нагретых вод, сброс засоленных сточных вод (смесь CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl), селитебную зону – парниковый эффект, выбросы оксида азота, канцерогенов.

Повышение экологической безопасности является не только вынужденной, но и необходимой мерой. Ввиду того, что выпарная установка, строилась еще в СССР, то некоторые аспекты ее экологической безопасности уже не удовлетворяют современным требованиям. Поэтому необходимо принять ряд профилактических и технологических мер для повышения экологической безопасности на данной установке.

Общие профилактические мероприятия, которые помогут сократить количество вредных выбросов и уменьшить воздействие на атмосферу, гидросферу и литосферу [46]:

- поддержание в полной технической исправности и герметичности резервуаров и емкостей, технологического оборудования и трубопроводов;
- контроль сварных стыков физическими методами и с использованием специализированного оборудования;
- гидравлическое и пневматическое испытание трубопроводов, резервуаров и оборудования на прочность и герметичность;

Общие технологические мероприятия, которые помогут сократить количество вредных выбросов и уменьшить воздействие на атмосферу:

- покрытие оборудования и трубопроводов антикоррозионной изоляцией;
- система постоянного контроля регламентированных значений технологических параметров, автоматическое регулирование и система ПАЗ при отклонении от заданных параметров для предупреждения аварийных ситуаций.

С целью снижения неорганизованных выбросов вредных веществ в атмосферу, гидросферу и литосферу через неплотности аппаратов, арматуры, фланцевых соединений необходимо предусмотреть следующие мероприятия:

- применение герметичных аппаратов и трубопроводов под давлением;
- использование системы предохранительных клапанов для защиты аппаратов и трубопроводов от превышения давления;
- непрерывный контроль загазованности в местах максимально возможных выделений углеводородов (опорная обечайка, фланцевое соединение крышки и корпуса аппарата);
- периодический контроль максимально разовой ПДК не реже 1 раза в квартал (для веществ III, IV классов опасности), не реже 1 раза в месяц (для веществ II класса опасности).

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации (ЧС) – обстановка на определенной территории сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь за собой человеческие жертвы,

ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [53].

В энергетических производствах возможны следующие чрезвычайные ситуации природного характера:

- природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.);
- геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.);
- техногенные аварии (отказ систем безопасности, пожары).

Наиболее вероятной ЧС может быть взрыв взрыв газовой смеси с последующим пожаром.

При возникновении чрезвычайной ситуации на выпарной установке были разработаны следующие действия:

- в случае ЧС персонал, незадействованный на работах по ликвидации чрезвычайной ситуации, а также лица, оказавшиеся на месте аварии, эвакуируются из зоны действия поражающих факторов;
- по периметру опасной зоны выставляется оцепление;
- персонал, участвующий в проведении работ по ликвидации ЧС и работающий в загазованной области, обеспечивается средствами защиты органов дыхания;
- медицинское обеспечение организуется в целях своевременного оказания первой помощи рабочим и служащим, а также эвакуации их в лечебные учреждения;
- для оказания первой помощи пострадавшим из числа обслуживающего персонала силами дежурного медицинского персонала разворачивается санитарный пост, оснащенный всеми необходимыми медикаментами для оказания экстренной помощи. Здесь осуществляется первая доврачебная помощь пострадавшим. При этом важно своевременно и правильно оказать пострадавшему первую помощь (до оказания помощи медицинским работником);
- с прибытием к месту аварии профессиональных бригад скорой помощи оказание медицинской помощи осуществляется в тесном взаимодействии медицинских работников и членов санитарной дружины. При необходимости пострадавшие доставляются в ближайшее медучреждение автомобильным транспортом.

На производстве действия персонала при авариях регламентируются планом ликвидации аварий.

В данном разделе рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при работе на исследуемой выпарной установке.

Выявлены вредные и опасные факторы, а также разработаны мероприятия по снижению или ликвидации действия данных факторов на работников завода. Описано возможное влияние выбросов установки на окружающую среду, рассмотрены способы минимизации их воздействия. Также рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации и выделено наиболее вероятное ЧС (взрыв), а также порядок действий при его ликвидации. На любом производстве, а тем более на энергетическом необходимо строго следовать правилам безопасности для минимизации рисков возникновения ЧС, а также для его предотвращения

Заключение

В данной работе был проведен анализ литературы по методам водоподготовки в энергетике, с целью модернизации технологической схемы водоподготовки на производстве «Электрот«парогенерации» компании ООО «ЗапСибНефтехим».

В результате проведенного аналитического анализа был подобран наиболее оптимальный метод очистки воды, исходя из специфики производства.

В качестве оптимального решения была смоделирована в программе NanoTech установка обратного осмоса, для покрытия объемов производства необходимым расходом воды (300 м³/ч) понадобится 5 установок, тип мембран КМ 8040-С3.

Замена выпарной установки на обратный осмос позволит улучшить эффективность процесса, уменьшит металлоемкость в 8 раз, сократятся расходы на собственные нужды.

Так же в ходе работы был проведен анализ литературы по использованию засоленных стоков. Данный вопрос остался в дальнейшей разработке по причине сложности разделения смеси солей для дальнейшего применения.

Далее была посчитана экономическая часть, оценена целесообразность модернизации, срок окупаемости составил 0,3 года.

Так же были выявлены вредные и опасные факторы на производстве, прописаны рекомендуемые мероприятия для снижения рисков, рассмотрены вопросы экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Список использованных источников

1. Поташников Ю.М. Утилизация отходов производства и потребления. Тверь: Издательство ТГТУ, 2004. 107 с.
2. Амосова Э.Г., Долгополов П.И. Методы декарбонизации и умягчения воды для подпитки тепловых сетей // Энергосбережение и водоподготовка. - 2000г. С.59-62.
3. Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. М.: ДеЛи принт, 2004. 328 с.
4. Инженерно-экологический справочник / под ред. А.С. Тимонина. Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003. Т.2. 884 с.
5. Пуск системы водоподготовки ПГУ-410 на Краснодарской ТЭЦ / А.А. Пантелеев, А.В. Жадан, С.Л. Громов [и др.] // Теплоэнергетика. 2012. №7. С.37–39.
6. Михалева З.А., Коптев А.А., Таров В.П. Методы и оборудование для переработки сыпучих материалов твердых отходов. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. ун-та, 2002. 64 с.
7. Алексеев Л.С. Контроль качества воды: Учебник. 3-е изд., перераб и доп. М.: ИНФРА-М, 2004. 154 с.
8. Жадан, А.В. Практическая реализация противоточной технологии ионного обмена // А.В. Жадан, Е.Н. Бушуев / Вестник ИГЭУ. Вып. 5, 2012, С.10–15.
9. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод / Учебник для вузов. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. 704 с.
10. Обобщение опытов предварительной очистки воды на ТЭС / В.Н. Виноградов, А.В. Жадан, Б.А. Смирнов [и др.] // Вестник ИГЭУ. Вып. 1, 2011, С.10–16.
11. Лаптев А.Г., Фарахов М.И. Гидромеханические процессы в нефтехимии и энергетике. Казань: Изд-во Казанск. гос. ун-та, 2008. 729 с.
12. Бушуев, Е.Н. Анализ современных технологий водоподготовки на ТЭС / Е.Н. Бушуев, Н.А. Еремина, А.В. Жадан // Вестник ИГЭУ. Вып. 1, 2013, С.8–14.
13. Григорян М.Г., Свергузова С.В. Очистка железо- и цинксодержащих сточных вод шлаком // Экология и промышленность России. 2010. №9. С.45-47.
14. Лупандина Н.С., Кирюшина Н.Ю., Свергузова Ж.А., Ельников Д.А. Использование производственных отходов для очистки сточных вод // Экология и промышленность России. 2010. №5. С. 38-41.

15. Сорбент для удаления нефтехимических загрязнений из жидких сред и способ его получения: пат 2459660 Рос. Федерация. № 2010145676/05; заявл. 09.11.2010; опубл. 27.08.2012, Бюл. № 24. 9 с.
16. Марченко Л.А., Боковикова Т.Н., Белоголов Е.А., Марченко А.А. Новый неорганический сорбент для очистки сточных вод // Экология и промышленность России. 2010. №1. С. 57-59.
17. Медведев В.Т. Инженерная экология. М.: Гардарики, 2002. 687 с.
18. Крылов И. О., Луговская И. Г., Коровушкин В. В., Макеев Д. Б. Влияние термической обработки на сорбционные и каталитические свойства шунгитовых пород // Экология и промышленность России. 2008. № 10. С.24- 27.
19. Ермаков Д.В., Свиридов А.В., Ибатулина Ю.Р. Извлечение катионов меди (II) с помощью коллоидных сорбентов // Известия Челябинского научного центра УрО РАН. 2004. № 1. С. 164-167.
20. Свиридов А.В., Ганебных Е.В., Елизаров В.А. Алюмосиликатные сорбенты в технологиях очистки воды // Экология и промышленность России. 2009. № 11. С. 28-30.
21. Гранулированный наносорбент и способ его получения: пат. 2428249 Рос. Федерация. № 2009126840/05; заявл. 13.07.2009; опубл. 10.09.2011, Бюл. № 25. 10 с.
22. Боковикова Т.Н., Пирузян А.В., Найденов Ю.В. Сорбционная очистка сточных вод мясоперерабатывающих предприятий // Экология и промышленность России. 2009. № 6. С. 26-27.
23. Ксеник Т.В., Юдаков А.А., Перфильев А.В. Новый сорбент для очистки сточных вод от органических загрязнений // Экология и промышленность России. 2009. № 4. С. 19-21.
24. Wang Y.P. and Smith R. Wastewater minimisation Department of Process Integration, UMIST, PO Box 88, Manchester M60 1QD, U.K. Chemical Engineering Science, Vol. 49, No. 7. pp. 981-1006, 1994.
25. Venkatesh G. Water pinch analysis – a review of recent journal publications. Department of Engineering and Chemical Sciences, Karlstad University, 651 88 Karlstad. Vatten–Journal of Water Management and Research 74: 3. 2018
26. ГОСТ 8.134-98 Шкала рН водных растворов. –М:Стандартинформ, 2007. – 7 с.
27. РД 52.24.402-2005 Массовая концентрация хлоридов в водах. Методика выполнения измерений меркуриметрическим методом. – М., 2005. – 15 с.
28. ГОСТ 4011-72 Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа. – М.: Стандартинформ, 2008. – 7 с. 130

29. Федяева О.А. Промышленная экология. / Экологическая характеристика производств / – Текст электронный. – URL: https://ekolog.org/books/16/5_21_2.htm
30. Adamantchemical / Применения хлористого кальция / – Текст электронный. – URL: <https://adamantchemical.com/articles/sol/primenenie-khloristogo-kaltsiya/>
31. Использование жидких химических реагентов и рассолов / – Текст электронный. – URL: https://bstudy.net/894410/tehnika/ ispolzovanie_zhidkih_himicheskikh_reagentov_rassolov
32. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023). Дата введения: 21.12.2001 г. – Текст электронный. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/
33. Федеральный закон N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда». Дата введения: 28.12.2013 г. – Текст электронный. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156555/
34. СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда». Дата введения: 01.10.1996 г. – Текст электронный. – URL: <https://sudact.ru/law/sanpin-224548-96-224-fizicheskie-factory-proizvodstvennoi-sredy/gigienicheskie-trebovaniia-k-mikroklimatu-proizvodstvennykh/>
35. ГОСТ 22269-76 Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования (актуализирован 07.11.2012г.). Дата введения: 01.01.1978г. – Текст электронный. – URL: <https://gost.ruscable.ru/Index/33/33818.htm>
36. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. (переиздание апрель 2001г.). Дата введения: 26.04.1978г. – Текст электронный. – URL: <http://gisnpa-dnr.ru/npa/1203-12-2-032-78-19780426/>
37. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования (актуализирован 07.11.2012г.). Дата введения: 01.01.1982г. – Текст электронный. – URL: <https://gost.ruscable.ru/Index/30/30653>
38. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Дата введения: 01.03.2017г. – Текст электронный. – URL: <https://marsbbz.ru/wp-content/uploads/2021/05/gost-12.0.003-2015-sistema-standartov-bezopasnosti-truda-ssbt>.
39. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Дата утверждения: 01.10.1996 г. Постановлением Госкомсанэпиднадзора России. – Текст электронный. – URL: <https://sudact.ru/law/sanpin->

224548-96-224-fizicheskie-factory-proizvodstvennoi-sredy/gigienicheskie-trebovaniia-k-mikroklimatu-proizvodstvennykh/

40. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (Актуализирован 01.06.2022 г./01.01.2023 г.). – Текст электронный. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/59159/>

41. МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ от 18.12.2007) – Текст электронный. – URL: <https://legalacts.ru/doc/mr-2292311-07-229-sostojanie-zdorovja-rabotaiushchikh-v/>

42. ГОСТ 12.1.012-2004 Вибрационная безопасность. Общие требования (Актуализирован 06.04.2015 г.). – Текст электронный. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/44030>

43. ГОСТ 26568-85. Вибрация. Методы и средства защиты. Классификация (с Изменением N 1, актуализирован 06.04.2015 г.) – Текст электронный. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/20231/>

44. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение – Текст электронный. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/20231/>

45. Безопасность жизнедеятельности. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех направлений и специальностей ТПУ. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 20 с

46. Белов, Сергей Викторович. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва: Юрайт ИД Юрайт, 2015. - 703 с.

47. Приказ № 536 от 15.12.2020 г. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением" – Текст электронный. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573275722>

48. ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. М.: Стандартиформ, 2019. 57.

49. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001

50. ГОСТ Р 54125-2010 Безопасность машин и оборудования – Текст электронный. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573275722>
51. ГОСТ Р 52630-2012 Сосуды и аппараты стальные сварные – Текст электронный. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573275722>
52. СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов – Текст электронный. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573275722>
53. Федеральный закон от 21.12.1994 N 68-ФЗ (ред. от 08.12.2020) “О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера”.
54. Miller JE (2003) Review of water resources and desalination technologies. Sandia National Labs Unlimited Release Report SAND-2003-0800.
55. Hasan Z, Jeon J, Jhung SH (2012) Adsorptive removal of naproxen and clofibric acid from water using metal-organic frameworks. *Journal of Hazardous Materials, Elsevier* 209-210: 151-157.
56. Heberer T (2002) Occurrence, fate, and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment: a review of recent research data. *Toxicology Letters Elsevier* 131(1-2): 5-17.
57. Deegan AM, Shaik B, Nolan K, Urell K, Oelgemöller M, et al. (2011) Treatment options for wastewater effluents from pharmaceutical companies. *International Journal of Environmental Science & Technology, Springer* 8(3): 649-666.
58. Chen S, Zou Y, Yan Z, Shen W, Shi S, et al. (2009) Carboxymethylated-bacterial cellulose for copper and lead ion removal. *Journal of Hazardous Materials, Elsevier* 161(2-3): 1355-1359.
59. Chen Y, Pan B, Li H, Zhang W, Lv L, et al. (2010) Selective removal of Cu (II) ions by using cation-exchange resin-supported polyethyleneimine (PEI) nanoclusters. *Environmental Science & Technology, ACS Publications* 44(9): 3508-3513.
60. Ivanov V, Tay JH, Tay ST, Jiang HL (2004) Removal of micro-particles by microbial granules used for aerobic wastewater treatment. *Water Science and Technology, IWA Publishing* 50(12): 147-154.
61. Sincero A P, Sincero GA (2002) Physical-chemical treatment of water and wastewater CRC press.
62. Chakinala AG, Gogate PR., Burgess AE, Bremner DH (2009) Industrial wastewater treatment using hydrodynamic cavitation and heterogeneous advanced Fenton processing. *Chemical Engineering Journal, Elsevier* 152(2-3): 498-502.

63. Abdul JM, Vigneswaran S, Shon HK, Nathaporn A, Kandasamy J (2009) Comparison of granular activated carbon bio-sorption and advanced oxidation processes in the treatment of leachate effluent. *Korean Journal of Chemical Engineering*, Springer 26(3): 724-730.
64. Acharya J, Sahu JN, Sahoo BK, Mohanty CR, Meikap BC (2009) Removal of chromium (VI) from wastewater by activated carbon developed from Tamarind wood activated with zinc chloride. *Chemical Engineering Journal*, Elsevier 150(1): 25-39.
65. Ademiluyi FT, Amadi SA, Amakama NJ (2009) Adsorption and Treatment of Organic Contaminants using Activated Carbon from Waste Nigerian Bamboo. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management* 13(3): 39-47.
66. Best G, Singh M, Mourato D, Chang YJ (2001) Application of immersed ultrafiltration membranes for organic removal and disinfection by-product reduction. *Water Science and Technology: Water Supply*, IWA Publishing 1(5): 221-231.
67. Choksuchart P, Héran M, Grasmick A (2002) Ultrafiltration enhanced by coagulation in an immersed membrane system. *Desalination*, Elsevier 145(1-3): 265-272.
68. Bade R, Lee SH (2011) A review of studies on micellar enhanced ultrafiltration for heavy metals removal from wastewater. *J Water Sustain* 1: 85-102.
69. Adamczak H, Materna K, Urbański R, Szymanowski J (1999) Ultrafiltration of micellar solutions containing phenols. *Journal of Colloid and Interface Science*, Elsevier 218(2): 359-368.
70. Ahmad AL, Puasa SW (2007) Reactive dyes decolourization from an aqueous solution by combined coagulation/micellar-enhanced ultrafiltration process. *Chemical Engineering Journal*, Elsevier 132(1-3): 257-265.
71. Aoudia M, Allal N, Djennet A, Toumi L (2003) Dynamic micellar enhanced ultrafiltration: use of anionic (SDS)–nonionic (NPE) system to remove Cr³⁺ at low surfactant concentration. *Journal of Membrane Science*, Elsevier. 217(1-2): 181-192.
72. Bade R, Lee SH (2007) Micellar enhanced ultra-filtration and activated carbon fibre hybrid processes for copper removal from wastewater. *Korean Journal of Chemical Engineering*, Springer 24(2): 239-245.
73. Bade R, Lee SH (2008) Chromate Removal from Wastewater Using Micellar Enhanced Ultrafiltration and Activated Carbon Fibre Processes. *Environmental Engineering Research* 13(2): 98-104.
74. Bade R, Lee SH, Jo S, Lee H, Lee S (2008) Micellar enhanced ultrafiltration (MEUF) and activated carbon fibre (ACF) hybrid processes for chromate removal from wastewater 229(1-3): 264-278.

75. Azoug C, Steinchen A, Charbit F, Charbit G (1998) Ultrafiltration of sodium dodecylsulfate solutions. *Journal of Membrane Science*, Elsevier 145(2): 185-197.
76. Syamal M, De S, Bhattacharya PK (1997) Phenol solubilization by cetyl pyridinium chloride micelles in micellar enhanced ultrafiltration. *Journal of Membrane Science*, Elsevier 137(1-2): 99-107.
77. Samper E, Rodríguez M, De la Rubia MA, Prats D (2009) Removal of metal ions at low concentration by micellar-enhanced ultrafiltration (MEUF) using sodium dodecyl sulfate (SDS) and linear alkylbenzene sulfonate (LAS). *Separation and Purification Technology*, Elsevier 65(3): 337-342.
78. Talens-Alession FI (2007) Behavior of SDS micelles bound to mixtures of divalent and trivalent cations during ultra-filtration. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Elsevier 299(1-3): 169-179.
79. Trivunac K, Stevanovic S (2006) Removal of heavy metal ions from water by complexation-assisted ultra • ltration. *Chemosphere*, Elsevier 64(3): 486-491.
80. Byhlin H, Jönsson AS (2003) Influence of adsorption and concentration polarisation on membrane performance during ultrafiltration of a non-ionic surfactant. *Desalination*, Elsevier 151(1): 21-31.
81. Cañizares P, Pérez Á, Camarillo R (2002) Recovery of heavy metals by means of ultrafiltration with water-soluble polymers: calculation of design parameters. *Desalination*, Elsevier 144(1-3): 279-285.
82. Kowalska I, Majewska-Nowak K, Kabsch-Korbutowicz M (2006) Influence of temperature on anionic surface active agent removal from a water solution by ultrafiltration. *Desalination*, Elsevier 198(1-3): 124-131.
83. Bohdziewicz J, Sroka E, Korus I (2003) Application of ultrafiltration and reverse osmosis to the treatment of the wastewater produced by the meat industry. *Polish Journal of Environmental Studies*, HARD Publishing 12(3): 269-274.
84. Mehta KP (2015) Design of Reverse Osmosis System for reuse of waste water from Common Effluent Treatment Plant. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* 2(4): 983-991.
85. Shon H, Phuntsho S, Chaudhary DS, Vigneswaran S, Cho J (2013) Nanofiltration for water and wastewater treatment-a mini review. *Drinking Water Engineering and Science*, Copernicus GmbH (Copernicus Publications) on behalf of the Del University of Technology (TU Del).

86. Bowen WR, Mukhtar H (1996) Characterisation and prediction of separation performance of nanofiltration membranes. *Journal of Membrane Science*, Elsevier 112(2): 263-274.
87. Bowen WR, Welfoot JS (2002) Modelling the performance of membrane nanofiltration-critical assessment and model development. *Chemical Engineering Science*, Elsevier 57(7): 1121-1137.
88. Barakat MA (2011) New trends in removing heavy metals from industrial wastewater. *Arabian Journal of Chemistry*, Elsevier 4(4): 361-377.
89. Maximous NN, Nakhla GF, Wan WK (2010) Removal of Heavy Metals from Wastewater by Adsorption and Membrane Processes : a Comparative Study 4(4): 125-130.
90. Semerjian L, Ayoub GM (2003) High-pH–magnesium coagulation–flocculation in wastewater treatment. *Advances in Environmental Research*, Elsevier 7(2): 389-403.
91. Abhang RM, Wani KS, Patil VS, Pangarkar BL, Parjane SB (2013) ISSN 2249 – 9695 Review Article Nanofiltration for Recovery of Heavy Metal Ions from Waste Water - A Review 3(1): 29-34.
92. Shamas NK Coagulation and Flocculation. 2004. *Physicochemical Treatment Processes IV Series: Handbook of Environmental Engineering*.
93. Mikulášek P, Cuhorka Jiri (2016) Removal of Heavy Metal Ions from Aqueous Solutions by Nanofiltration 47: 379-384.
94. Lee HJ, Sarfert F, Strathmann H, Moon SH (2002) Designing of an electrodialysis desalination plant. *Desalination*, Elsevier 142(3): 267-286.
95. Hell F, Lahnsteiner J (2002) The application of electrodialysis for drinking water treatment. *Water Resources Quality*, Springer 315-327.
96. Akhter M, Habib G, Qamar SU (2018) Application of Electro dialysis in Waste Water Treatment and Impact of Fouling on Process Performance 8(2).
97. Caprarescu S, Purcar V, Vaireanu DI (2012) Separation of copper ions from synthetically prepared electroplating wastewater at different operating conditions using electro dialysis. *Separation Science and Technology*, Taylor & Francis. 47 (16): 2273-2280.
98. Abdel-Raouf MS, Abdul-Raheim ARM (2016) Removal of heavy metals from industrial waste water by biomass-based materials: a review. *Journal of Pollution Effects & Control* 5: 1-13.
99. Crini G, Badot PM (2010) Sorption processes and pollution: Conventional and non-conventional sorbents for pollutant removal from wastewaters. *Presses Univ Franche-Comté*.

100. Hashem A, A. MA, El-Alfy EA, Hebeish A (2005) Synthesis, characterization and saponification of poly (AN)-starch composites and properties of their hydrogels. Am J Appl Sci 2(3): 614-621.

101. Yehia A. Shebl. Reverse Osmosis in Industrial Wastewater Treatment Units

Приложение А

Раздел 1 Литературный обзор

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
9ДМ11	Яковлева Юлия Андреевна		

Консультант ИШХБМТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШБМХ	Кукурина О.С.	к.х.н.		

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) школы иностраннных языков:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Гончарова Л.А.	к.п.н.		

Literature review

Wastewater is categorized and defined according to its origin [54]. Generally, it involves two major categories:

1. The term “domestic wastewater” refers to flows discharged principally from residential sources generated by such activities as food preparation, laundry, cleaning and personal hygiene.

2. Industrial/commercial wastewater is flow generated and discharged from manufacturing and commercial activities such as printing, food, pharmaceuticals and beverage processing and production [55, 56, 57].

The treatment of wastewater is talented by four fundamental techniques; physical, mechanical, biological and chemical [58, 59, 60]. They are summarized in Figure 1.

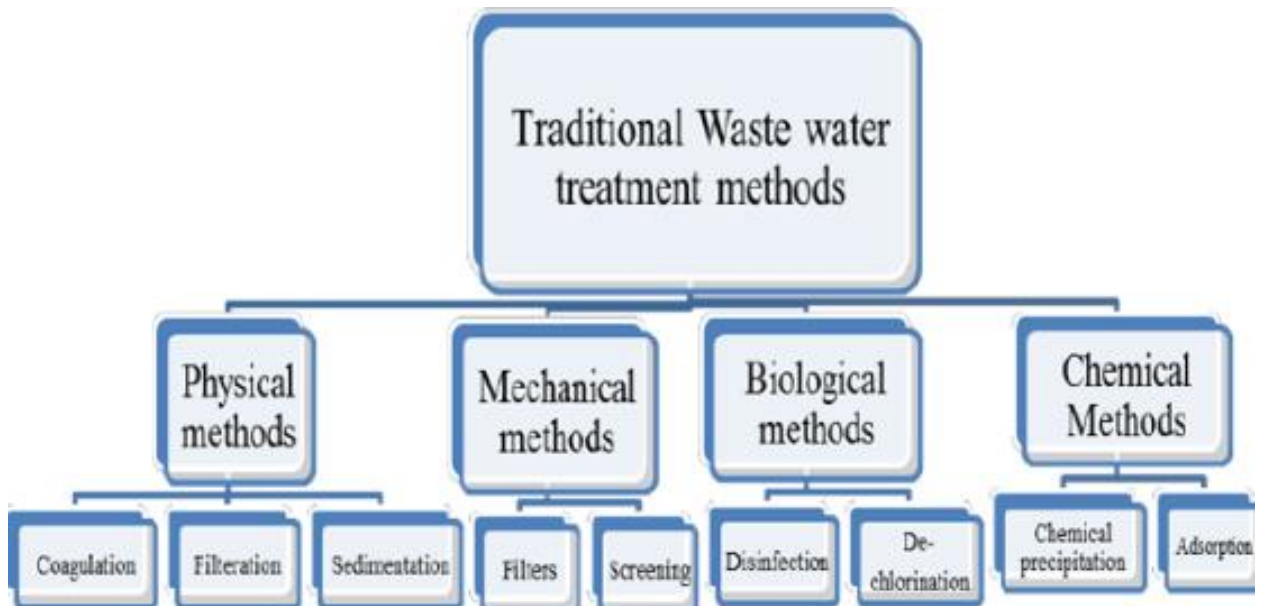


Figure 1 – Traditional Waste Water Treatment Methods

Chemical Precipitation

The precipitation of heavy metals takes place by reaction with certain of chemicals to form insoluble precipitates. The resultant precipitates can be removed from the water by sedimentation or filtration. The treated water is then decanted and appropriately discharged or reused. Among the chemical coagulants that are commonly used in waste-water treatment: alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), ferric chloride ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), ferric sulfate ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), ferrous sulfate ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) and lime ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) [61, 62].

Adsorption with Activated Carbon

Adsorption is the process of collecting soluble substances within a solution on a proper surface [63, 64, 65]. In wastewater treatment, adsorption with activated carbon a solid interface usually follows normal biological treatment, and is aimed at removing a portion of the remaining dissolved organic matter.

Advanced Techniques for Wastewater Treatment

Recently, researchers developed numerous techniques for achieving maximum efficiency and minimum cost. They include membrane filtration, ion-exchange, electrolysis, adsorption, etc.

Membrane filtration

The most common membrane processes used to remove metals from the wastewater are the following: Ultra- filtration, reverse osmosis, Nano filtration, and electro-dialysis.

Ultrafiltration (UF), Figure 2 is a membrane technique working at low trans membrane pressures for the removal of dissolved and colloidal material [66, 67]. The use of ultra filtration technology for wastewater applications is a relatively recent concept. Although in the beginning, it is already commonly used in many industrial applications such as food or pharmaceutical industries. Since the membrane pore sizes are larger than dissolved metal ions in the form of hydrated ions or as low molecular weight complexes, these ions can pass easily through. To obtain high removal efficiency of metal ions, the micellar enhanced ultrafiltration (MEUF) and polymer enhanced ultrafiltration (PEUF) was proposed [68].

Micellar enhanced ultra filtration (MEUF) process has been used for the removal of copper, chromate, zinc, nickel, cadmium, serinium, arsenate, and organics like phenol, o-cresol [69, 70, 71, 72].

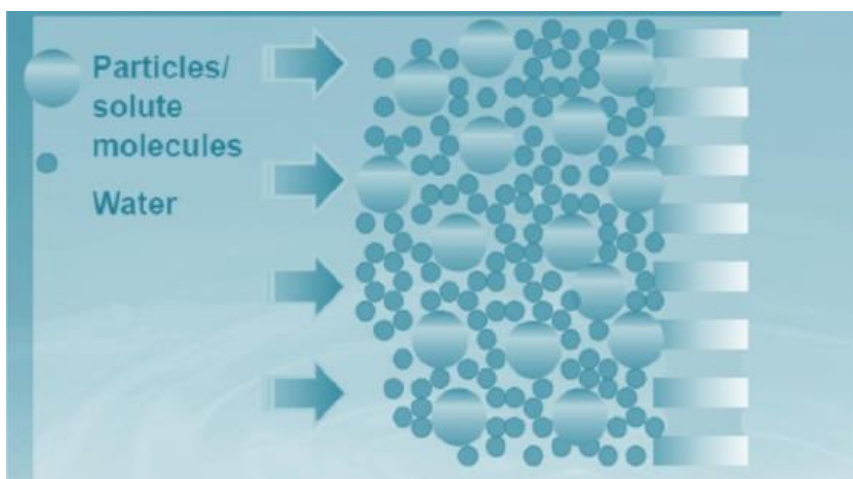


Figure 2 – Pressure driven membrane separation

Metals removal was enhanced by combining the MEUF treatment with electrolysis or with powdered activated carbon (PAC) [73, 74, 75]. Cetylperidinium Chloride (CPC) and Sodium dodecyl sulphate (SDS) surfactants removal from the MEUF was also enhanced by the MEUF-ACF (activated carbon fibre) combined treatment [76]. Surfactant has been recovered from the MEUF retentate solution by treating the retentate with HNO₃, H₂SO₄, HCl, NaOH solution but retentate solution needs further treatment [77]. Electrolysis was found better in the separation of metal and surfactant from the MEUF retentate solution [78, 79, 80]. The main parameters affecting PEUF are metal and polymer type, the ratio of metal to polymer, pH and existence of other metal ions in the solution [81, 82, 83].

Reverse Osmosis

For the last few years, a great attention has been paid on the development of unconventional methods for wastewater treatment, such as pressure driven membrane operations, namely ultra-filtration which helps eliminate colloids, suspended and macromolecular matter, and reverse osmosis, which helps remove mineral substances and low-molecular organic compounds [84]. The reverse osmosis (RO) process uses a semi-permeable membrane, allowing the liquid that is being purified to pass through it, while rejecting the contaminants. RO is one of the techniques able to remove a wide range of dissolved species from water, Figure 3. It accounts for more than 20 % of the world's desalination capacity [85].

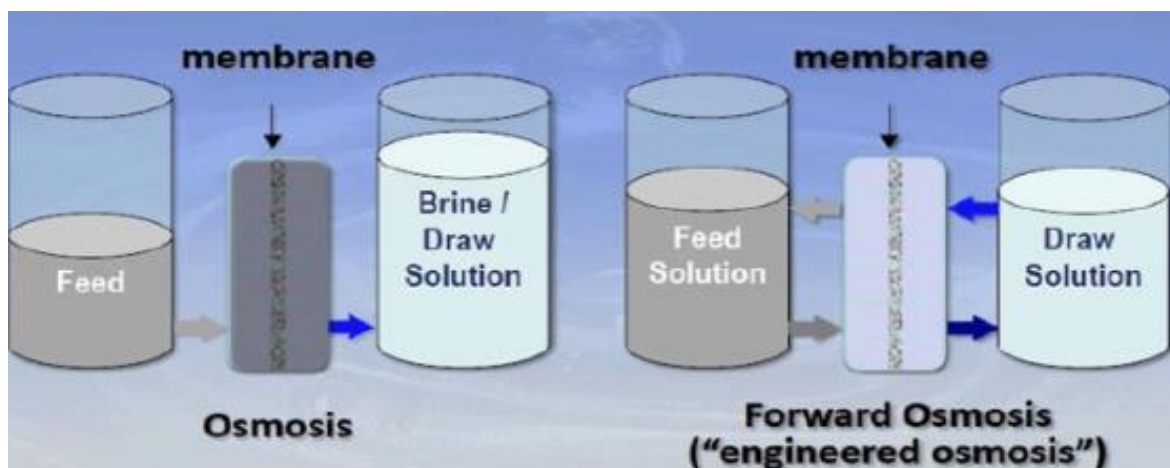


Figure 3 – Osmotically driven membrane process

Nano-Filtration

The application of membrane separation methodology in water and wastewater treatment is growing due to stringent water quality standards. Nano-filtration (NF) is one of

the widely used membrane processes for water and wastewater treatment in addition to other applications such as desalination. NF has replaced reverse osmosis (RO) membranes in many applications due to lower energy consumption and higher flux rates [86, 87, 88].

Nano-filtration (NF) is the intermediate process between UF and RO. NF is an attractive technology for the elimination of heavy metal ions such as nickel, chromium, copper and arsenic from wastewater [89, 90, 91]. There are many reports on the removal of heavy metal by NF and RO membrane [92, 93, 94]. Mikulasek and Cuhorka [95] studied the performance of different NF and RO membranes in removing toxic lead ions from wastewater. The influence of the operational variables, i.e. the pressure applied, feed solution pH, and feed solution concentration, on the ability of the NF membranes to remove ions was evaluated.

Electro dialysis

Electro dialysis (ED)- Figure 4 – is one of the first commercially available large scale water desalination processes based on membranes and is still widely used all over the world. In ED electric potential is used as a driving force and ion exchange membrane is applied between anode and cathode [96, 97]. The membrane is defined as a selective barrier between two phases and it can be formed from natural and synthetic material including organic and inorganic polymer, ceramic and metal material. The membranes are essentially of two main types: cation- exchange and anion-exchange membranes [98]. This process has been widely used for the production of drinking and process water from brackish water and seawater, treatment of industrial effluents, recovery of useful materials from effluents and salt production [99]. Removal of copper ions by the application of ED system was study by Caprarescu et al [100]. In order to achieve copper ions removal two different ion exchange membranes were used.

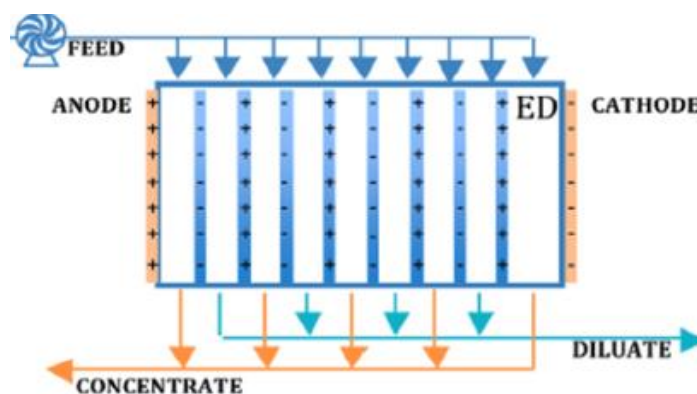


Figure 4 – Electro-dialysis and reverse electro-dialysis

Industrial wastewater treatment is a general concept, and reuse is a particular case where after applying the recommended treatment method to remove different contaminants, the question remains, is this water suitable for the type of application that will be reused through it? Possibly one of the substantial and essential treatment methods is the removal of salts through reverse osmosis (RO) membrane technology.

Despite the wide use of reverse osmosis (RO) membrane technology in the treatment of industrial wastewater for reuse, this requires several critical challenges, one of which is; due to the higher sensitivity of these membranes; they require complex primary treatment, which is considered not only every industry has its industrial wastewater case or every factory, but every stream inside the factory is evaluated as a certain case study and needs unique treatment methods that achieve the best-needed quality with the lowest costs. While the other is how to safely dispose of the resulting concentrated solution, whether by achieving the principle of minimum liquid discharge (MLD) using evaporation lakes, deep injection wells, or drainage on seawater after fulfilling the necessary environmental conditions, or thermal evaporation and crystallization achieving the principle of zero liquid discharge (ZLD), while the resulting desalinated water may not be suitable for use directly in some cases, and it needs certain additions or additional treatments before using it, depending on the type of application. On the other hand, the selection of the RO unit's proper design recovery, membrane types, flux, and configuration is another one of the most important points for sustainable RO technology application in industrial wastewater treatment and reuse [101].

Hardness in industrial wastewater is often caused by high concentrations of calcium, magnesium, carbonate, and sulfate ions, which can come from various industrial processes. These ions can cause various problems, including scale formation in pipes and equipment, and can interfere with the effectiveness of wastewater treatment and reuse in certain industrial processes. Softening industrial wastewater before it is treated with RO can help to increase the operated recovery of the RO unit with less dosage of antiscalant, so increasing the wastewater reused.

Hardness in industrial wastewater can come from a variety of sources, including:

- Industrial processes: Many industrial processes, such as power generation, oil and gas production, and metal finishing, can produce wastewater with high levels of hardness.
- Cooling water: Water used for cooling industrial equipment, such as cooling towers blowdown, can become hard due to the accumulation of calcium and magnesium ions depending on the cycle of concentration (COC).

– Boiler water: Boiler blowdown involves the removal of hard water from a boiler to maintain specific parameters within certain limits and prevent issues such as corrosion, scale, and carryover. It is also used to remove suspended solids that may be present in the system.

– Groundwater: In some cases, the source of raw feed water used in industrial processes may have a naturally high hardness level, like the groundwater.

Several methods can be used to remove hardness from industrial wastewater, including:

– Chemical treatment: This involves adding chemicals such as lime or soda ash to the wastewater, which can react with the calcium and magnesium ions to form a precipitate that can be separated from the water.

– Ion exchange: This involves passing the wastewater through a bed of resin beads that are charged with sodium ions. The calcium and magnesium ions in the water are attracted to the resin beads and exchange places with the sodium ions, leaving the water with a lower hardness level.

– Nano-filtration: This filtration process uses a membrane to remove ions and other contaminants from the water. It effectively removes hardness but requires a comprehensive pretreatment like RO membranes.

– Electrodialysis: This process uses an electric current to separate ions in the water based on their charge. It effectively removes hardness but is expensive and requires specialized equipment.

Conclusions

It is important to choose the most appropriate method for removing hardness from industrial wastewater based on the specific needs and constraints of the application.

Industrial wastewater treatment and reuse are gaining high importance in many parts of the world. The conclusion also describes the various pretreatment technologies and techniques that can be used to prepare industrial wastewater. Finally, the conclusion notes that there is no one-size-fits-all treatment scheme for industrial wastewater and that the specific pretreatment steps required will depend on the characteristics of the wastewater and the specific requirements of the RO system being used.