

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

Институт электронного обучения
Специальность Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов
Кафедра Технология органических веществ и полимерных материалов

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ/РАБОТА

Тема работы
Проект установки водоподготовки в производстве метанола ООО "Сибметакхим"

УДК 661.721:628.165:504.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Э01	Шидловская Юлия Михайловна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мананкова Анна Анатольевна	Кандидат химических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	Кандидат биологических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	ЮсубовМехман Сулейман оглы	Доктор химических наук		

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов

Направление подготовки: химическая технология

Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Юсубов М.С.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3- 5э01	Шидловская Юлия Михайловна

Тема работы:

Проект установки получения синтез - газа

Утверждена приказом директора (дата, номер)

от 28.01.2016 № 410/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (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.).</p>	<p>Объектом исследования является установка водоподготовки в производстве метанола ООО "Сибметакхим". Направление работы: система водоснабжения ООО "Сибметакхим" включает очистку от взвешенных частиц, получение деминерализованной воды и очистку турбинных конденсатов. Разрабатываемый проект стадии водоподготовки представляет собой комплекс сооружений, оборудования и трубопроводов обеспечивающих забор воды из природного источника, очистку и ее обработку, транспортирование и подачу воды потребителю требуемых расходов и качества.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение).</p>	<p>Литературный обзор Описание технологической схемы Инженерные расчеты и их обсуждение Финансовый менеджмент Социальная ответственность Заключение</p>

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Технологическая схема, основной аппарат
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Проект установки водоподготовки	к.х.н., Мананкова А.А.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	к.э.н., Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	к.б.н., Антоневиц А.А.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	11.01.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель	Мананкова А.А.	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5э01	Шидловская Ю.М.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

**«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Группа	ФИО
3-5э01	Шидловская Юлия Михайловна

Студенту:

Институт	Электронного обучения	Кафедра	ТОВМП
Уровень образования	Специалист	Направление/специальность	Охрана О.С. и рац-е исп-е природных ресурсов.280201

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов проекта: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала проекта	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования.
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления проектом: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Определение производственной мощности очистных сооружений. Расчет сырья, материалов, оборудования, фонда оплаты труда. Расчет капитальных вложений. Расчет на складирование и утилизацию отходов. Расчет себестоимости очистки сточных вод. Расчет платы за выбросы
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности проекта очистки сточных вод.

Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Проектная калькуляция себестоимости очистки сточных вод. 2. Расчет технико-экономических показателей 3. Расчёт количества образующихся отходов 4. Размер платы за выбросы до применения очистного оборудования 5. Размер платы за выбросы после установки очистных сооружений
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5э01	Шидловская Юлия Михайловна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5э01	Шидловская Юлия Михайловна

Институт	Кафедра	ТОВПМ
Уровень образования	Направление/специальность	Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов
Специалист		

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><i>Установка водоподготовки в производстве метанола ООО "Сибметахим". Система водоснабжения ООО "Сибметахим" включает очистку от взвешенных частиц, получение деминерализованной воды и очистку турбинных конденсатов. Представляет комплекс сооружений, оборудования и трубопроводов производящий забор воды из природного источника, очистку и ее обработку физико-химическим способом, подачу воды потребителю требуемых расходов и качества.</i></p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p><i>1 Выявление вредных факторов, опасных мест на установке. Действие фактора на организм человека. Коллективные и индивидуальные средства защиты.</i></p> <p><i>Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения :</i></p> <p><i>1.Отравления и химические ожоги серной кислотой,щелочью, серноокислым алюминием)</i></p> <p><i>2.Термические ожоги паром, горячей водой, конденсатом.</i></p> <p><i>3.Механические травмы</i></p> <p><i>4.Поражение электрическим током</i></p> <p><i>5Загорание смазочных и уплотнительных масел</i></p>
--	--

<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); <p>разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</p>	<p><i>2. Воздействие объекта:</i></p> <p><i>1. атмосферу (газовые выбросы),</i></p> <p><i>2. гидросферу (загрязненные сточные воды),</i></p> <p><i>3. литосферу (опасные твердые отходы).</i></p> <p><i>Меры по защите окружающей среды.</i></p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p><i>1. Перечень возможных ЧС. Чрезвычайные ситуации могут возникнуть в любое время, по разным причинам при эксплуатации проектируемого решения.</i></p> <p><i>2. Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС</i></p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p><i>основными условиями безопасного ведения цесса являются соблюдение норм технологического режима и норм ППР родования.</i></p> <p><i>специальные правовые нормы трудового законодательства.</i></p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Антоневич Ольга Алексеевна	Кандидат биологических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5э01	Шидловская Юлия Михайловна		

Реферат

Дипломный проект 132 страниц, 3 рисунок, 1 схема, 43 таблиц, 33 источников, 5 листов графического материала.

Объектом исследования является система водоснабжения ООО «Сибметахим» г. Томск, которая включает очистку от взвешенных частиц, получение деминерализованной воды и турбинных конденсатов.

Разрабатываемый проект стадии водоподготовки представляет собой комплекс сооружений, оборудования и трубопроводов обеспечивающих забор воды из реки Томь, очистку и ее обработку, транспортирование и подачу воды потребителю требуемых расходов и качества

Целью дипломного проекта является разработка усовершенствованной схемы очистки речной воды.

Технологическая схема водоподготовительной установки включает механическую и физико-химическую очистку сточной воды. Основным аппаратом является ионообменные фильтры, размер и количество аппаратов было определено исходя из материального баланса и аппаратного расчета. Так же были проведены расчеты теплового баланса, гидравлического расчета, механического расчета.

Экономическими показателями данного водоподготовительного цеха позволяет покрыть расходы на модернизацию в течении 95 месяцев.

Дипломный проект выполнен в текстовом редакторе Microsoft Word 07.0 шрифтом TimesNewRoma 14 и представлен на бумажном и электронном носителе.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: ЦИТП, 1986. – 72 с. ГОСТ 12.1.007 – 76 Система стандартов безопасности труда. Вредные
2. СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: ЦИТП, 1986. – 72 с
3. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
4. ГОСТ 15.1.012–90 «Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность»
5. ГОСТ 16.1.003– 90 «Система стандартов безопасности труда. Шум»
6. ГОСТ 16.1.003–83 Система стандартов безопасности труда
7. ГОСТ Р 50571.3-94 Электроустановки зданий
8. ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
9. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы.
10. 10.ГОСТ 12.4.026 – 2001 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная.
- 11.СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение
- 12.ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности
- 13.ГОСТ 12.1.012. - 90 ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности.
- 14.ГОСТ 12.1.018-93 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования.
- 15.СНиП 2.04.14-88 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.
16. ГОСТ Р 52857.2-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек

Введение

Водоподготовительные установки являются крупнейшими производителями обессоленной и умягченной воды для собственных нужд, подпитки теплосетей и других потребителей. Хотя новые методы хозяйствования и стимулировали работу по снижению потерь воды, пара и конденсата, водоподготовительные установки ежегодно вырабатывают свыше 260 млн. т. обессоленной воды и свыше 870 млн.т. умягченной. В России, как и подавляющем большинстве других стран, для обессоливания используется либо метод химического обессоливания с применением ионообменных материалов, либо термический с применением энергетических испарителей. Метод умягчения воды на ионообменных фильтрах является основным и используется в 75% случаев [1].

Очистка сточной воды на предприятии – основная задача, которая стоит перед руководством любой компании. Вода, используемая предприятием для обеспечения собственных нужд, содержит очень большое количество вредных механических и органических примесей, а также соли тяжелых металлов, имеет повышенную жесткость, присутствует посторонний запах и вкус, недостаточная прозрачность. В настоящее время применяют современные фильтры, представляют довольно сложные в технологическом плане и высокопроизводительные системы, с помощью высокопроизводительных систем эффективно осуществляется очистка воды от кальция, магния, других металлов и водоподготовку, принцип заключается в удалении органических примесей и механических. С помощью таких фильтров можно осуществлять и более тонкую очистку воды [1].

Технологические схемы водоподготовки разрабатываются на основе ряда данных. Исходят из назначения воды - это требования относительно ее физических, химических и бактериологических показателей, учитывается

качество воды источника, возможность загрязнения хозяйственными и промышленными сточными водами и соединениями [2].

Изменение качество воды, при котором необходимо водоподготовка, может быть вызвано как природными причинами, так и антропогенным воздействием, а также при эксплуатации водопроводных труб и водонагревательного оборудования на их внутренней поверхности образуются различного рода отложения. Вода, проходящая через водопроводные трубы, насыщается продуктами коррозии, «собирает» различные взвеси (окалина, хлопья ржавчины) и ухудшает свои качественные показатели. Все эти негативные процессы может предотвратить лишь качественная водоподготовка и очистка воды [1].

Решение этих проблем, связанных с качеством воды, рассматривает системы водоподготовки. Водоподготовка — это прежде всего комплексный подход к очистки воды. Результатом такого подхода и является надлежащее качество воды [1].

1 Обзор литературы

1.1 Методы очистки сточных вод

Очистка воды от взвесей производится путем коагуляции и осаждения взвешенных частиц с помощью сернокислого алюминия и флокулянта (полиакриламида) при определенном значении температуры воды и показателя рН среды. Стабильное значение рН в процессе коагуляции поддерживается дозировкой раствора щелочи. Процесс предварительной обработки воды (осветление и флокуляция) происходит в осветлителе. Последующая очистка воды от механических примесей осуществляется на песчаных фильтрах. Обессоливание воды (деминерализация) осуществляется методом ионного обмена в катионитовых и анионитовых фильтрах, отдувка углекислого газа из декатионизированной воды происходит в декарбонизаторе.

Глубокое обессоливание воды осуществляется в фильтрах смешанного действия, загруженных катионитной и анионитной смолами [2].

1.2 Ионный обмен

Ионный обмен является одним из основных способов умягчения, опреснения и обессоливания вод, а также способом рекуперации растворенных ионных компонентов.

Ионный обмен (ионообменная сорбция) – процесс обмена между ионами, находящимися в растворе, и ионами, присутствующими на поверхности твердой фазы (ионита). Это извлечение из сточных вод загрязнений с помощью ионитовых фильтров. Иониты подразделяются на природные и искусственные (синтетические). Они заполняются синтетической ионообменной смолой, цеолитами. Метод позволяет извлекать из сточных вод ценные примеси, такие как соединения мышьяка, фосфора, хром, ПАВ, радиоактивные вещества, тяжелые цветные металлы [3].

Иониты или ионообменники представляют собой органические или неорганические вещества практически нерастворимые в воде и большинстве растворителей, содержащие активные (ионогенные) группы с подвижными ионами и способные обменивать эти ионы на эквивалентные количества ионов электролитов при контакте с их растворами [2-3].

Органические иониты:

Синтетические – это активированные угли, ионообменные смолы, органические активированные вещества (бумага, шерсть, хлопок).

Природные – целлюлоза, ископаемые угли.

Неорганические иониты:

Природные – глинистые минералы, апатиты, глаукониты и т.д.

Синтетические – цеолиты с плавленной кристаллической структурой, гелеобразные цеолиты, гидроокиси железа, алюминия, циркония.

Иониты, обладающие кристаллической решеткой, по современным представлениям содержат в узлах решетки ионы, удерживаемые электростатическими силами. Кристаллические решетки могут иметь высокую пористость. Пористую решетку имеют водные алюмосиликаты Ca и Na – цеолиты. Например, шабазит – $(Ca,Na_2) \cdot [Al \cdot Si_2O_6] \cdot 6H_2O$, натролит – $Na_2[Al_2 \cdot Si_3O_{10}] \cdot 2H_2O$ [3].

Замещение в каркасе кристаллической решетки Si_4^+ на Al_3^+ сообщает каркасу отрицательный заряд, который компенсируется подвижными ионами Ca_2^+ или Na^+ . Наличие «пустот» в каркасе цеолита создает условия для обмена подвижных катионов на катионы раствора [3].

Широкое применение находят синтетические ионообменные смолы, представляющие собой гели полиэлектролитов.

В каждом ионите можно выделить каркас, который несет положительный или отрицательный заряд. Активные группы жестко неподвижно связанные с этим каркасом или, как иногда называют, с матрицей ионита называются фиксированными ионами (рис. 1) [3].

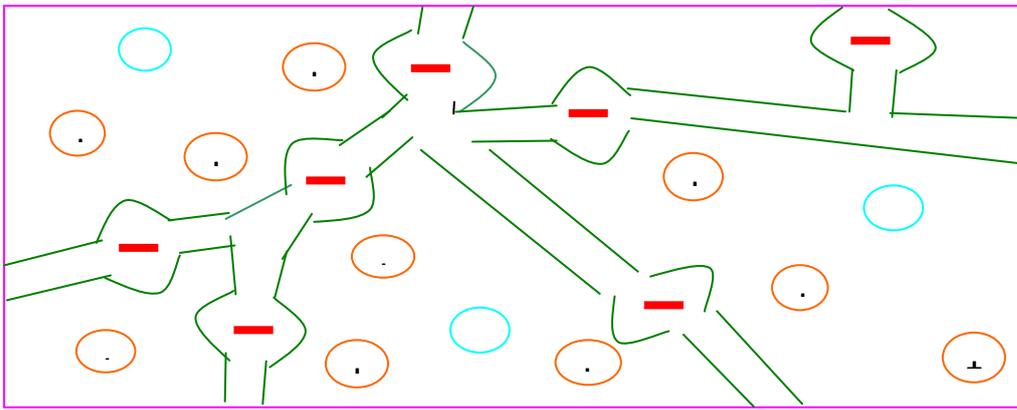


Рисунок 1 - Рисунок зерна ионита

Имеющийся заряд каркаса компенсируется зарядом ионов противоположного знака, так называемых противоионов. Подвижные противоионы имеют место быть в процессе обмена заменены на противоионы другого вида, но того же знака заряда. Поэтому выполняется условие электронейтральности ионита. При помещении ионита в раствор в его поры проникает растворитель и в какой-то степени растворенные вещества. Поглощение растворителя обуславливает набухание ионита [3].

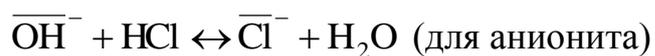
Таблица 1 - Активные группы ионообменных смол.

Катиониты		Аниониты	
Фиксированный ион	Противоин	Фиксированный ион	Противоин
SO_3^-	H^+	$-\text{NH}_3^+$	OH^-
COO^-	H^+	$=\text{NH}_2^+$	OH^-
PO_3^{2-}	H^+	$\equiv\text{NH}^+$	OH^-

Частично в ионит проникают и ионы, имеющие заряд, одинаковый с зарядом фиксированных ионов. Такие ионы называют коионами. В таблице 1 приведены активные группы ионообменных смол [4].

При контакте ионообменных смол с растворами электролитов подвижные противоионы замещаются на эквивалентные количества ионов раствора электролита:





В зависимости от противоиона, которым насыщена ионообменная смола, различают: Н-форму, Cl-форму для анионитов [4].

Кроме катионитов и анионитов существуют иониты, содержащие кислые и основные группы одновременно – амфотерные иониты (амфолиты).

Ионообменные смолы, содержащие одного вида фиксированные ионы называются - монофункциональными. Иониты, имеющие различные группы фиксированных ионов – полифункциональными.

1.3 Ионообменная емкость

При количественной оценке сорбционных свойств ионита различают полную и равновесную обменную емкость.

Полная обменная емкость устанавливает обменную емкость ионита по всем активным группам. Полная обменная емкость для данного ионита – постоянная величина. У полифункциональных ионитов полная обменная емкость складывается из полных обменных емкостей по отдельным типам активных групп. Для полифункциональных ионитов может быть определена полная обменная емкость по отдельным типам активных групп [4].

Суммарное количество мг-экв противоионов всех типов, приходящихся на 1 см³ набухшего ионита (мг-экв/см³) [4].

Объемная емкость не постоянна и зависит:

- от количества растворителя в ионите,
- от типа противоионов,
- состава равновесного раствора и других факторов, влияющих на набухание ионита [4].

Методы определения обменной емкости

Набухший ионит в Н или ОН-форме представляет собой поликислоту или полиоснование, то обменная емкость определяется путем титрования. По установлению равновесия измеряют рН равновесного раствора в присутствии

ионита. На рис.3 приведены кривые потенциометрического титрования [4].

Полная обменная емкость у сильнодиссоциирующих катионитов и анионитов определяется из кривых потенциометрического титрования, как количество мг-экв добавленной щелочи или кислоты до скачка рН.

У слабодиссоциированных ионитов полная обменная емкость определяется количеством мг-экв добавленной щелочи или кислоты до рН 14 (для катионитов) и рН 1 для анионитов [4].

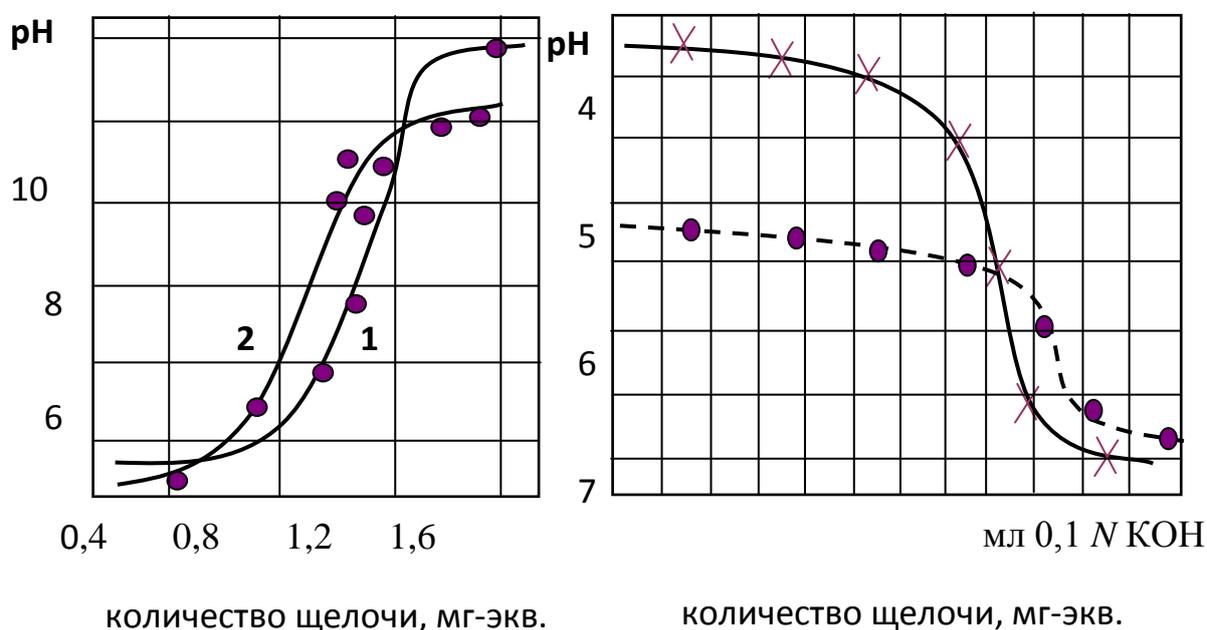


Рисунок 2 - Кривые потенциометрического титрования

Полная обменная емкость определяется и динамическим путем при снятии выходной кривой.

Для регистрации выходной кривой навеску катионита в Н-форме помещают в колонну и пропускают через слой ионита раствор NaOH в случае катионита или HCl в случае анионита.

Раствор пропускают до тех пор, пока концентрация электролита в фильтре станет равной исходной [4].

Для построения выходной кривой на оси ординат откладывается содержание NaOH (для катионитов) в фильтрате, а на оси абсцисс объем прошедшего раствора [4].

Адсорбционная емкость связана с молекулярной сорбцией веществ из растворов. При обмене ионов в растворах электролита – это необменно-поглощенный электролит. Адсорбционная емкость учитывает количество вещества, которое поглощено ионитом сверх того числа противоионов, которое необходимо для нейтрализации активных групп [4].

Емкость ионитов. Концентрация противоионов и фиксированных ионов при нахождении полной и равновесной обменной емкости выражается через массовую емкость, объемную емкость и молярность [4].

Массовая емкость – количество мг-экв противоионов всех типов, приходящихся на навеску абсолютно сухого ионита массой в 1 г (мг-экв/г).

1.4 Оборудование для очистных сооружений

Водоподготовительная установка состоит из очистного оборудования и включает следующие основные способы обработки:

- **осветление** (осветлитель, удаление коллоидных, взвешенных частиц из воды коагуляцией), отстаиванием.

Осветлитель представляет собой круглый резервуар, выполненный из бетона. Он состоит из внутреннего цилиндра (зона коагуляции) и наружной кольцевой (отстойной) зоны. Внутренний цилиндр разделен на нижнюю смесительную камеру и верхнюю камеру реакции [4].

Осветлитель снабжен специальной мешалкой, которая перемешивает воду и шлам в нижней смесительной камере, что способствует коагуляции. Мешалка обеспечивает также создание потока воды, который поднимается от дна смесительной зоны и снова подает полученный ранее шлам в зону реакции через специально предусмотренные отверстия в бетонной стенке, обеспечивая непрерывную циркуляцию шлама. Далее вода поднимается в зону осветления. На выходе из зоны реакции в зону осветления в воду добавляется флокулянт. Твердые частицы, подвергшиеся коагуляции и флокуляции оседают и собираются в зоне осаждения шлама, а очищенная

вода поднимается вверх и поступает в канал для осветленной воды. В наружной зоне осветлителя установлен непрерывно вращающийся скреперный мостик, который подает шлам, осевший на дне, в два бункера для шлама. По мере накопления шлама в осветлителе, он удаляется через выпускные клапаны, при помощи переключателя [5].

-фильтрация (скоростные песчаные фильтры, удаление коллоидальных и суспензированных загрязнений);

Скоростные песчаные фильтры представляют собой открытые прямоугольные емкости, выполненные из бетона. Дно каждого фильтра выполнено из специально сконструированных «М-блоков», которые образуют нижнюю часть фильтра. Такая конструкция позволяет эффективно собирать отфильтрованную воду и создает хорошее распределение воздуха и воды при обратной промывке фильтров.

В фильтре вода постепенно проходит сверху вниз через слой песка и гравия, где взвешенные частицы отделяются от осветленной воды. По мере ухудшения фильтрации (накопление осадка) увеличивается уровень воды над фильтрующим слоем, который регулируется уровнемерами. Уровень воды над фильтрующим слоем поддерживается в диапазоне 15- 85 % шкалы прибора путем открытия-закрытия клапанов[5].

Поток, проходящий через каждый фильтр, измеряется расходомером. Отфильтрованная вода из фильтра передается в емкость хранения отфильтрованной воды, которая разделена на две секции. В первой секции находится только отфильтрованная вода для обратной промывки скоростных песчаных фильтров.

- умягчение (ионообменная установка, устранение жёсткости воды удаление солей кальция и магния, известью и содой или удаление их из воды катионированием);

Катионитный фильтр представляет собой цилиндрический сосуд со сферическим днищем, заполненный смолой. Внутри фильтра имеется верхняя и нижняя распределительные системы. Верхняя распределительная

система расположена в верхней части фильтра и выполнена в виде перфорированного патрубка, в отверстия которого вставляются колпачки. Верхняя распределительная система служит для равномерного распределения входной воды во время работы и для равномерного отвода регенерационных стоков во время регенерации [5].

Нижняя распределительная система расположена в нижней цилиндрической части и выполнена по всей площади фильтра в виде перфорированной решетки, в отверстия которой вставлены колпачки. Нижняя распределительная система служит для равномерного отвода воды во время работы и для равномерного распределения раствора кислоты во время регенерации и во время обратной промывки. В корпусе фильтра имеется нижний люк для монтажа и ревизии распределительных систем фильтра, смотровое стекло для контроля за уровнем смолы. На входе в катионитный фильтр предусмотрена система показаний и суммирования местных расходов за фильтроцикл [5].

Анионитный фильтр представляет собой цилиндрический сосуд со сферическими днищами, заполненный ионообменной смолой. Устройство фильтра, аналогично устройству катионитного фильтра. В анионитный фильтр загружается два вида ионообменной смолы. Верхний слой - слабоосновная смола. Нижний слой – сильноосновная смола.

- обессоливание и обескремнивание (фильтр смешенного действия, ионный обмен или дистилляцией в испарителях) [5].

Фильтр смешенного действия представляет собой цилиндрический сосуд со сферическими днищами, заполненный смолой. Общая высота загрузки катионита и анионита равна 1,4 м. Внутри фильтра имеется верхняя и нижняя распределительная (дренажная) системы, устройство которых аналогичны катионитным, анионитным фильтрам. Верхняя дренажная система служит для равномерного распределения потока входной воды во время работы фильтра, для равномерного распределения по поверхности

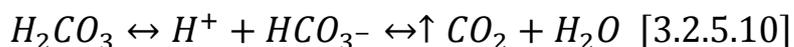
фильтра раствора щелочи во время регенерации и для отвода воды во время взрыхления.

На границе раздела катионита и анионита имеется средняя дренажная система, которая состоит из трех труб диаметром 89 мм, с отверстиями в трубе $d_{\text{отв}}=12$ мм через 80 мм четыре ряда. Сверху трубы обтянуты сеткой из нержавеющей стали и сшиты вулканизированной резиновой полосой, размер ячеек сетки 0,3мм.

Один конец трубы крепится на фланце к стенке фильтра, другой конец трубы зажимается фланцами, укрепленными на стенке фильтра, в трубу для герметичности вставляется пробка из мягкой резины и вулканизируется в трубе [5]. Электропроводность воды измеряется на выходе из каждого фильтра и регистрируется на щите управления.

Расход воды, поступающей на фильтры смешенного действия, измеряется на выходе каждого фильтра и регистрируется на щите управления. На выходном коллекторе фильтров расположена ловушка для смолы, а также указатель местного перепада. Из фильтров ФСД деминерализованная вода поступает в емкость хранения. Расход воды, поступающий на фильтры, регулируется клапаном, приводимым в действие регулятором, в зависимости от уровня в емкости хранения. Далее вода центробежным насосом подается потребителю на производство метанола [5]. Время работы ФСД зависит от количества и качества воды, поступающей на очистку, и составляет: 1-2 недели (для фильтров смешанного действия). Состояние фильтров зависит от нагрузки производства по деминерализованной воде, состояния ионообменных смол и определяется по анализам воды в течение работы [1].

Декарбонизатор представляет собой аппарат колонного типа, загруженный кольцами Палля. В декарбонизаторе удаляется CO_2 по реакции:



Большая часть свободного CO_2 , находящегося в растворе, удаляется воздухом, который подается с низу воздуходувкой, через насадку навстречу потоку воды.

2 Объекты и методы исследования

2.1 Общая характеристика производства

Установка деминерализации воды производства метанола.

Предварительная очистка воды (осветление) рассчитана на переработку максимально 283 м³/ч речной воды (при отсутствии технологического конденсата), нормально - 187 м³/ч речной воды.

Очистка технологического конденсата рассчитана на обработку 187 т/ч. Ионообменная очистка рассчитана на обработку 260 м³/ч фильтрованной воды.

Очистка турбинного конденсата рассчитана на обработку 228 т/ч.

Очистка на фильтрах смешанного действия (ФСД) рассчитана на обработку 424 т/ч смеси обессоленной воды и конденсата [5].

Управление процессом осветления и деминерализации воды осуществляется с пульта управления отделения деминерализованной воды.

Количество технологических линий

Очистка воды от взвесей до стадии фильтрации выполнена одной технологической линией, на стадии фильтрации разделяется на три нитки (3 песчаных фильтра).

Ионообменное обессоливание воды выполнено тремя технологическими линиями[5].

Характеристика изготавливаемой продукции

Вода, очищенная от взвесей, при отсутствии технологического конденсата, выдаваемая на подпитку оборотного цикла и на дальнейшую очистку. Состав фильтрованной и деминерализованной воды представлено в таблице 2.

Таблица 2 - Состав фильтрованной воды

Показатель	Массовая концентрация
Na ⁺	10 мг/дм ³
Ca ⁺⁺	70 мг/дм ³
Mg ⁺⁺	25 мг/дм ³
Cl ⁻	40 мг/дм ³
SO ₄ ⁻⁻	70 мг/дм ³
NO ₃ ⁻	по факту
SiO ₂	20 мг/дм ³
окисляемость	30 мг KMnO ₄ /дм ³
Fe ⁺⁺	5 мг/дм ³

Деминерализованная (обессоленная) вода.

Таблица 3- Состав деминерализованной воды

Показатель	Массовая концентрация
SiO ₂	0,01 мг/дм ³ , не более
Fe	0,02 мг/дм ³ , не более
Удельная электрическая проводимость	- 1,0 мкСм/см, не более

При $t = 25^{\circ}\text{C}$ рН = 6,5 – 7,5

Температура от 15 до 40 °С

Твердые частицы – 0

Основные физические свойства воды:

- температура кипения - 100 °С
- температура замерзания - 0 °С
- динамическая вязкость при температуре 25 °С- $92 \cdot 10^{-5}$ Па · с [1].

Сырье и его характеристика

Таблица 4 - Сырье и его характеристика

Наименования сырья, материала, полупродуктов	ГОСТ ТУ	Показатели, обязательные Для проверки передиспользованием	Регламентируемые показатели
Речная вода		Ca ²⁺ не более 70 мг/дм ³	Не регламентируется. возможны отклонения по ржаниюотдельных компонентов
		Mg ²⁺ не более 25 мг/дм ³	
		K ⁺ не более 10 мг/дм ³	
		Cl ⁻ не более 40 мг/дм ³	
		SO ₄ ²⁻ -«- 50 мг/дм ³	
		NO ₃ -«- 1 мг/дм ³	
		SiO ₂ -«- 20 мг/дм ³	
		ее солесод-е350 мг/дм ³	
		оводимость-32мкСм/см	
		Масло – 0,8 мг/дм ³	
		Окисляемость – не более 30 мг KMnO ₄ /дм ³	
		РН - 6,5 -8,5	
		веш-е в-ва до 50 мг/дм ³	
Fe не более 5 мг/дм ³			
Технологический конденсат		CO ₂ не более 10 мг/дм ³	
		NH ₃ не более 25 мг/дм ³	
		Fe макс. 0,2 мг/дм ³	
		Метанол- следы	
		T - 50 °С	
		P _{изб} – 0,16 МПа	
Кислота серная техническая «А» H ₂ SO ₄	ГОСТ 2184-77	Наличие паспорта	Моногидрат H ₂ SO ₄ – овая доля 95 %
Едкий натр	ГОСТ 11078-78	Наличие паспорта	NaOH – массовая доля 25 % Fe в пересчете на Fe ₂ O ₃ – массовая доля 0,0015%
Сернокислый алюминий	ГОСТ 966-67	Наличие паспорта	Окись алюминия Al ₂ O ₃ -массовая дол –15% Fe в пересчете на Fe ₂ O ₃ массовая доля 0,04 –0,7 % Свободная серная кислота –H ₂ SO ₄ -массовая доля 0,05-1% Нерастворенные В-ва , массовая доля 0,7 %

Песок кварцевый фракционный марки «Ф» Размер фракций 1 – 2,5 мм	ТУ 030-74		Содержание кремнезема SiO ₂ -массовая доля 94– 98 Содержание Глинистой составляющей массовая доля до 5 %.
Гравий по дробимости марки Др8; по истираемости И-1, размер фракции 3 - 40 мм	ГОСТ 8268	Наличие паспорта	
Катионит Ку-2-8 И его аналоги		Наличие паспорта	
Анионит АВ-17-8		Наличие паспорта	

2.2 Инвентаризация выделяющихся загрязняющих веществ

Загрязняющими веществами на установке является сточная вода и вредные выбросы в атмосферу на предприятии. Наименование указано в таблице

Таблица 5– Сточные воды

Наименование стока, отделения, аппарат.	Куда сбрасывается	Количество стоков	Периодичность сброса	Состав выброса
Шламовые воды от продувки осветлителя поз.1, от обратной промывки песчаных фильтров поз. 2	В канализацию	175 м ³ /ч	Периодически: От механических фильтров-15 мин с интенсивностью 150 м ³ /ч; 7,5 мин с интенсивностью 300 м ³ /ч через каждые 13,5 ч Из осветлителя 1 мин один раз в месяц	Среднее содержание взвешенных веществ – 100 мг/дм ³ Пиковое в течение 3-4 мин 1300 мг/дм ³ взвешенных веществ – 5000 мг/дм ³ (регулируемая постоянная) рН - 6,5-8 ед. рН
Стоки от регенерации ионообменных фильтров поз.2,4,7,10. по кан	На узел нейтрализации поз. 23,24 и далее в общезаводск	360460 м ³ /ч	94 мин через каждые 6,25 часа с интенсивностью 60 м ³ /ч	Na ₂ SO ₄ -3,9 г/дм ³ NaCl-0,04 г/дм ³ Na ₂ CO ₃ - 0,3 г/дм ³ Na ₂ SiO ₃ - 0,14 г/дм ³ (NH ₄) ₂ SO ₄ -1,22 г/дм ³

алам сбрасываются в дренажный бак поз. 22	ую сеть химзагрязненной канализации			CaSO ₄ – 2,2 г/дм ³ MgSO ₄ -0,3 г/дм ³ H ₂ SO ₄ -2,3 г/дм ³ pH -6,5-8,5 ед.
---	-------------------------------------	--	--	---

Таблица 6 - Выбросы в атмосферу

Наименование выброса, отделения, аппарата, диаметр и высота выброса	Кол-во источников выбросов	Суммарный объем отходящих газов, м ³ /ч	Периодичность	Характеристика выброса		
				Температура, °С	Состав выброса, г/м ³	Допустимое количество нормируемых компонентов вредных веществ, сбрасываемых в атмосферу, кг/час
Атмосферный воздух с углекислотой (CO ₂) от декарбонизатора диаметром 1500 мм, высота выброса 8 м от уровня земли.	1	3700	постоянно	20-25	CO ₂ - 5	отсутствуют

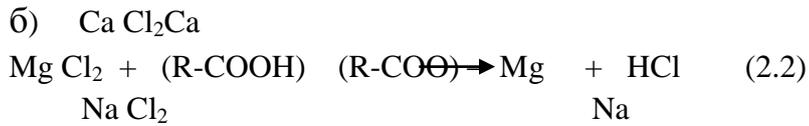
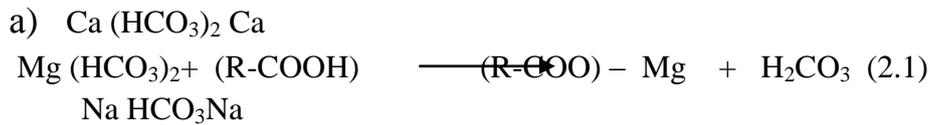
2.3 Теоретические основы процесса очистки

Теоретические основы ионного обмена

Суть деминерализации сырой воды посредством ионообмена заключается в удалении ионов солей, растворенных в сырой воде, за счет их обмена на ионы ионообменной смолы по мере прохождения потока воды через ионообменный слой [6].

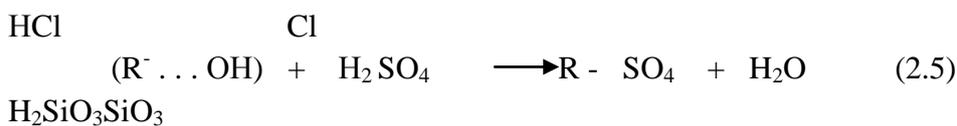
В основе вещества ионообменной смолы лежит, как правило, органический полимер, в состав которого входят связанные функциональные группы. Функциональная группа смолы несет на себе положительный или отрицательный заряд, при этом она связана со свободными ионами противоположного заряда, которые могут быть с легкостью замещены.

В ходе катионного обмена функциональная группа отдает ион H⁺ взамен на эквивалентный катион, содержащийся в воде [6].



Аналогично анионит обменивает ион OH^- на растворенные в воде эквивалентные анионы.

Этот процесс представляет собой средство удаления солей из воды.



Бикарбонатные ионы (HCO_3^-), присутствующие в отфильтрованной воде, либо же образованные в процессе катионообмена из карбонат анионов фильтрованной воды и H^+ иона, отданного смолой ($\text{H}^+ + \text{CO}_3^- \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-$) удаляются, в основном, во время десорбции двуокиси углерода:

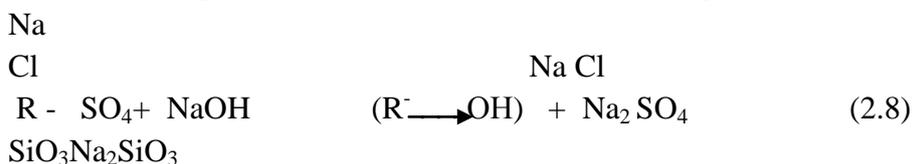
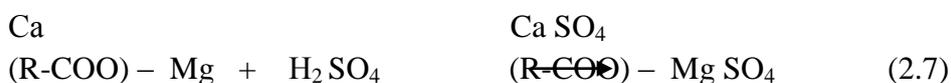


Это достигается за счет продувки воздуха сквозь насадку декарбонизатора, через которую стекает вода. За счет насадки поверхность воды существенно увеличивается, в результате чего поверхностное натяжение воды уменьшается, а это в свою очередь позволяет двуокиси углерода, находящейся внутри воды и частично растворенной в ней, выйти наружу [2-5].

По мере насыщения ионообменных смол анионами и катионами, содержащимися в фильтрованной воде, их рабочие характеристики ухудшаются. Продолжительность рабочего цикла ионитовых фильтров

определяется обменной емкостью ионита, т.е. его способностью к ионному обмену. После использования обменной емкости ионита до заданного предела необходимо восстановить его работоспособность путем удаления из ионитов поглощенных ионов воды и замены их на активные ионы, содержащиеся в регенерационных растворах (на ионы водорода H^+ для катионитов и на ионы гидроксила OH^- для анионитов). Этот процесс называется регенерацией ионита.

Насыщенный катионит регенерируется раствором серной кислотой, в то время как регенерация анионита производится раствором едкого натра.



Регенерация катионообменных и анионообменных узлов осуществляется на принципе противотока по системе «Econex». Эта система основана на использовании синтетического гранулированного материала, образующего уплотнительный слой, который заполняет свободное пространство над ионообменной смолой в фильтре, таким образом, обеспечивает статическую устойчивость смолы. Такое устройство обменных фильтров предотвращает переворачивание слоя смолы во время процесса регенерации при потоке, движущемся снизу вверх. Предусмотрен один объем уплотнительного слоя для катионообменных и один объем – для анионообменных фильтров. Этот объем используется поочередно для удержания слоя в тех фильтрах, которые выводятся на регенерацию [6].

Ионообменные смолы представляют собой нерастворимые высокомолекулярные соединения с функциональными ионогенными группами, способными вступать в реакции обмена с ионами раствора. Некоторые типы ионов обладают способностью вступать в реакции

комплексообразования, окисления-восстановления, а также способностью к физической сорбции ряда соединений.

В зависимости от степени диссоциации активных групп ионообменные смолы разделяются на сильные и слабые кислоты и основания. Иониты сильнокислотные поддаются обмену ионов в щелочной, нейтральной и кислой среде (рис. 3) [6].

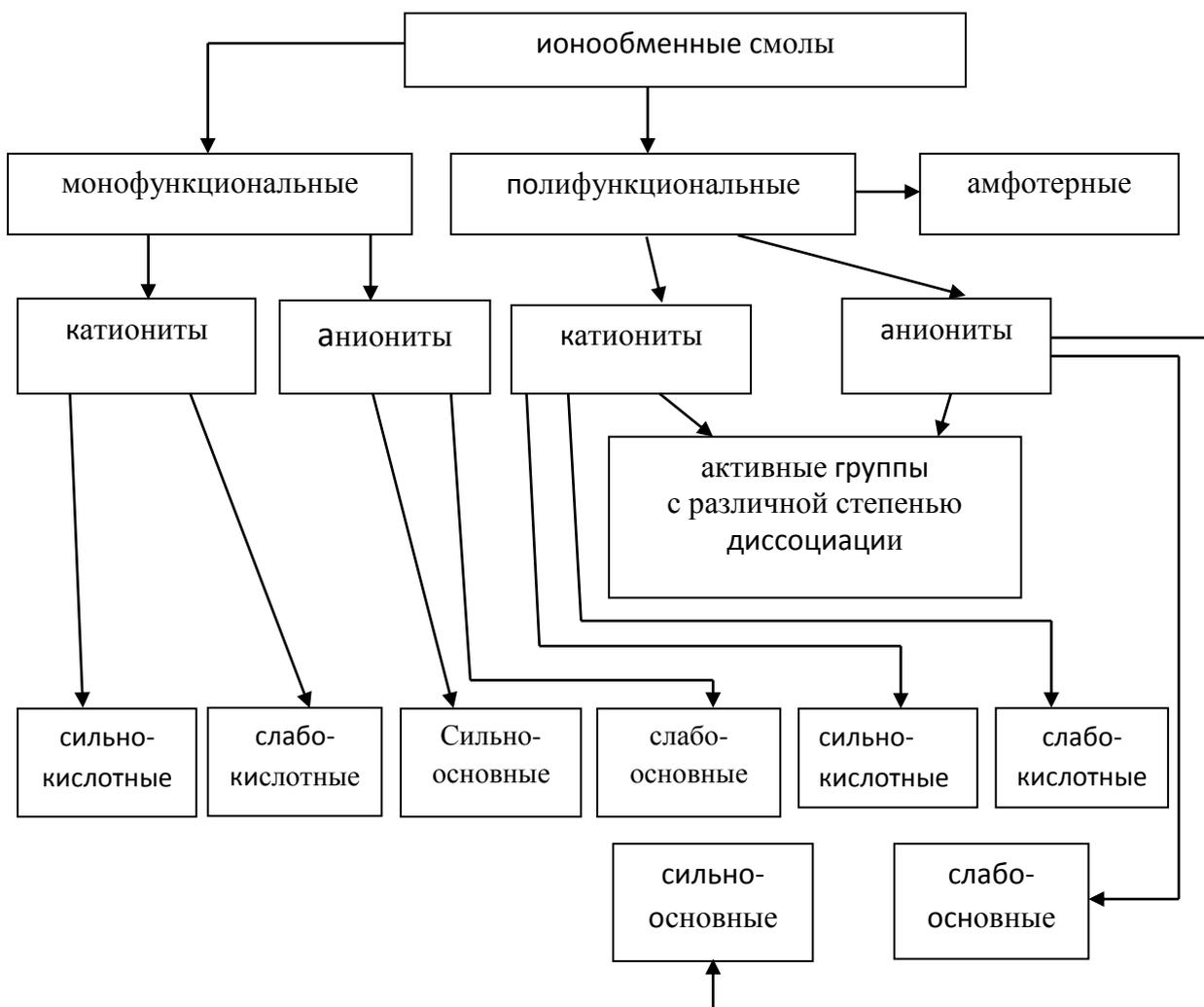


Рисунок 3 - Классификация ионитов

- сильноосновные, способные к обмену анионов любой степени диссоциации в растворах при любых значениях pH;

- слабоосновные, способные к обмену анионов из растворов кислот при pH 1–6;

- промежуточной и смешанной активности.

Катиониты подразделяются на:

- сильнокислотные, обменивающие катиониты в растворах при любых значениях pH;

- слабокислотные, способные к обмену катионитов в щелочных средах при $\text{pH} > 7$ [4].

Как правило, иониты выпускаются в солевых (натриевая, хлоридная) или смешанно – солевых формах (натрий – водородная, гидроксильно-хлоридная). Кроме того, выпускаются иониты, практически полностью переведенные в рабочую форму (водородную, гидроксильную и др.). Выпускаются также готовые смеси ионитов для использования в фильтрах смешанного действия (ФСД) смесь сильных и слабых кислот или оснований.

Гетерогенный ионный обмен, или ионообменная сорбция, - процесс обмена между ионами, находящимися в растворе, и ионами, присутствующими на поверхности твердой фазы - ионита.

Иониты практически не растворимы в воде. Те из них, которые способны поглощать из растворов электролитов положительные ионы, являются катионитами, поглощать отрицательные ионы - анионитами. Катиониты обладают кислотными свойствами, а аниониты - основными свойствами. Если иониты обменивают и катионы, и анионы, их называют амфотерными [6].

К неорганическим природным ионитам относятся цеолиты, глинистые минералы, полевые шпаты, различные слюды. Их катионообменные свойства обусловлены присутствием алюмосиликатов типа $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Ионообменными свойствами обладают также фторапатит $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3]\text{F}$ и гидроксида-патит. К неорганическим синтетическим ионитам относятся силикагели, пермутиты, труднорастворимые оксиды и гидроксиды некоторых металлов (алюминия, хрома, циркония). Катионообменные свойства, например силикагеля, обусловлены обменом ионов водорода гидроксидных групп на катионы металлов, проявляющиеся в щелочной среде. Катионообменными свойствами обладают и пермутиты, получаемые сплавлением соединений, содержащих алюминий и кремний [6].

Ведущая роль принадлежит синтетическим органическим ионитам - ионообменным смолам с развитой поверхностью, представляющим собой высокомолекулярные соединения, углеводородные радикалы которых образуют пространственную сетку с фиксированными на ней ионообменными функциональными группами. Пространственная углеводородная сетка (каркас) называется матрицей, а обменивающиеся ионы - противоионами. Каждый противоион соединен с противоположно заряженными ионами, называемыми фиксированными, или анкерными ионами. При сокращенном написании ионита матрицу обозначают в общем виде, а активную группу указывают полностью. Например, сульфокатиониты записывают как RSO_3H . Здесь R - матрица, H - противоион, SO_3 - анкерный ион[6].

Катиониты в качестве противоионов могут содержать не ионы водорода, а ионы металлов, т.е. находиться в солевой форме. Точно так же и аниониты могут быть в солевой форме, если в качестве противоионов они содержат не ионы гидроксида, а ионы кислот.

Свойства ионитов. Важнейшим свойством ионитов является их поглотительная способность, так называемая обменная емкость, которая определяется числом эквивалентов ионов, поглощаемых единицей массы или объема ионита. Различают полную, статическую и рабочую (динамическую) обменные емкости [6].

2.4 Описание технологической схемы

Процесс состоит из следующих стадий:

- подогрев воды;

Предварительная очистка воды:

- коагуляция и флокуляция в осветлителе;
- приготовление и ввод растворов коагулянта, флокулянта;
- фильтрация воды на песчаных фильтрах.

Узел охлаждения и очистки конденсата

Узелдионизированной воды:

Узел получения деминерализованной водына фильтрах смешанного действия ФСД [5].

Подогрев воды

Для улучшения процесса коагуляции сырая вода, поступающая на установку, нагревается в холодное время года до 15-30 °С в подогревателе сырой воды. Температура регулируется подачей пара низкого давления [5].

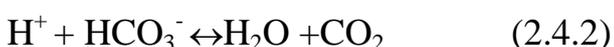
Расход сырой воды регулируется автоматически с коррекцией по уровню в емкостифильтрованной воды.

При нагреве воды снижается растворимость воздуха в воде и происходит образование пузырьков, которые удаляются в воздухоотделителе в атмосферу за счет разрыва потока воды, так как пузырьки воздуха ухудшают процесс осаждения взвесей в осветлителе [5].

Предварительная очистка воды

Обработка речной воды начинается с очистки ее от грубодисперсных и коллоидных примесей в осветлителе,которые могут быть причиной образования накипи, загрязнения ионитов. В результате осветления в воде снижается содержание взвешенных и коллоидных частиц, увеличивается прозрачность воды, снижается ее окисляемость, происходит обесцвечивание воды.

Содержащиеся в воде коллоидные частицы очень мелкие и под действием силы тяжести не осаждаются. Укрупнение частиц достигается в процессе коагуляции.В качестве коагулянта применяется сернокислый алюминий $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$. При введении раствора коагулянта происходит его гидролиз с образованием гидроокиси алюминия и ионов водорода. Содержащиеся в речной воде бикарбонаты связывают ионы водорода с образованием воды и углекислого газа:



В молекулярной форме эти реакции можно выразить уравнением:



Гидроокись алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$ выпадает в осадок в виде хлопьев, имеющих рыхлую пористую поверхность. Хлопья белого или желтоватого цвета появляются через несколько минут после ввода коагулянта [5].

Прежде чем образуются видимые хлопья, частицы гидроокиси алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$ проходят коллоидную стадию дисперсности. Коллоидные частицы $\text{Al}(\text{OH})_3$ коагулируют, соединяются в более крупные частицы - микрохлопья. Микрохлопья сцепляются, захватывая грубодисперсную взвесь, образуя сильно обводненные аморфные хлопья. Центрами хлопьеобразования являются взвешенные в воде механические примеси. На поверхности образующихся хлопьев происходит адсорбция загрязняющих воду примесей. Крупные хлопья под действием силы тяжести осаждаются, более мелкие под действием восходящего потока воды остаются во взвешенном состоянии, и задерживаются в слое ранее выделившихся частиц контактной среды, а также отфильтровываются при проходе воды через зернистую загрузку механического фильтра [5].

На стабильное формирование процесса коагуляции влияют основные факторы:

- качество речной воды,
- величина дозы коагулянта,
- величина рН среды,
- условия перемешивания воды с коагулянтном,
- температура обрабатываемой воды,
- скорость потока воды в осветлителе,
- применение вспомогательных реагентов, их дозы и порядок ввода в воду.

Доза коагулянта зависит от качества речной воды (щелочности, содержания органических и взвешенных веществ, солевого состава). Доза коагулянта определяется экспериментально при сезонном изменении состава речной воды.

Большое влияние на скорость и полноту гидролиза $Al_2(SO_4)_3$ оказывает величина рН коагулируемой воды. Оптимальное значение единиц рН находится в пределах от 6,5 до 8,0[5].

Точное значение рН устанавливается лабораторными опытами.

Температура коагулированной воды должна быть достаточна для быстрого и полного гидролиза сернокислого алюминия. С повышением температуры степень гидролиза $Al_2(SO_4)_3$ увеличивается вследствие увеличения степени диссоциации воды, но уменьшается адсорбция примесей воды на частицах осадка. Вследствие уменьшения вязкости воды при повышении температуры более благоприятно происходит отделение слоя шлама от обрабатываемой воды. Оптимальная температура находится в пределах от 15 до 30 °С.

При коагуляции большое значение имеет не только абсолютное значение температуры воды, но и стабильность температуры в осветлителе. Колебания температуры приводят к образованию местных токов и помутнению воды, поэтому заданная температура должна поддерживаться автоматически с допустимым изменением значения температуры ± 1 °С за час.

Большой расход (свыше 280 м³/ч) воды через осветлитель отрицательно сказывается на процессе коагуляции, поскольку увеличивается скорость потока воды, в результате возрастает унос взвешенных частиц к поверхности воды [5],

Для ускорения образования и укрупнения хлопьев применяются флокулянты - вещества, ускоряющие слипание агрегативно неустойчивых частиц, что приводит к интенсификации процесса образования хлопьев и увеличению их размеров. В качестве флокулянта применяется полиакриламид.

Очередность ввода реагентов влияет на свойства образующегося осадка. Флокулянт следует вводить спустя 1- 3 минуты после ввода коагулянта, чтобы к этому времени в основном были завершены процессы образования микрохлопьев и сорбции на них удаляемых веществ [5].

Приготовление растворов коагулянта и флокулянта

В качестве коагулянта используется сернокислый алюминий.

Сернокислый алюминий доставляется в отделение на машинах и разгружается в емкость приготовления коагулянта, представляющую собой железобетонную емкость поз.14, размером 4000·1500 мм, разделенную на две камеры, внутренняя поверхность бака защищена кислотостойкими материалами. В емкости приготавливается концентрированный раствор коагулянта, откуда насосом-дозатором поз.9 подается в мерную емкость коагулянта поз.15 в пределах от 30 до 40 % по уровнемеру, до объема от 80 до 90 % разбавляется водой[5].

Предусмотрено перемешивание раствора, по линии рециркуляции, насосом[5]. Перемешивание раствора коагулянта проводится в течение пяти минут мешалкой для получения раствора с удельным весом 1,085 - 1,1 кг/дм³.

Приготовленный раствор коагулянта подается насосом-дозатором поз.10 в коллектор сырой воды перед входом её в осветлитель поз.1. Скорость подачи раствора коагулянта устанавливается вручную изменением хода плунжера насосов-дозаторов поз.10 в зависимости от качества речной воды.

В качестве флокулянта используется полиакриламид или другие аналоги полиакриламида [5].

Для приготовления раствора флокулянта необходимо заполнить емкость приготовления флокулянта поз.16 водой до объёма 80 %, включить мешалку, создавая «воронку» в воде. Порошок флокулянта просеивать непосредственно в «воронку». Полное растворение будет завершено через 1-2 часа, после чего мешалку отключить. Приготовленный раствор флокулянта подается насосом – дозатором поз.11 в осветлитель[5].

Фильтрация воды на песчаных фильтрах

Из осветлителя вода подается к скоростным фильтрам-отстойникам поз.2, где она разделяется на три одинаковых потока, идущих к каждому фильтру [5]. Поток, проходящий через каждый фильтр, измеряется расходомером. Отфильтрованная вода из фильтра передается в емкость хранения отфильтрованной воды поз.3, затем смешивается с

отфильтрованным технологическим конденсатом, который поступает после фильтров-полишеров, которые с помощью ручного клапана можно переключить на очистку любого из поступающих конденсатов [5].

Узел охлаждения и очистки конденсата

Технологический конденсат из отпарной колонны подается на воздушный холодильник, где охлаждается до температуры 50°C , а затем поступает на распределительную гребенку и подается либо на очистку в фильтры поз.12, либо непосредственно в емкость фильтрованной воды поз.3.

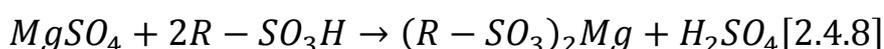
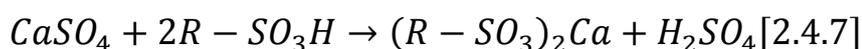
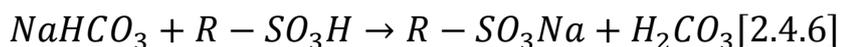
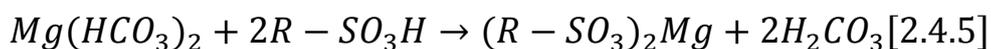
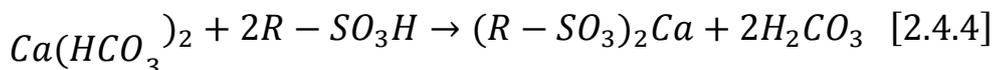
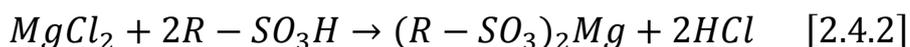
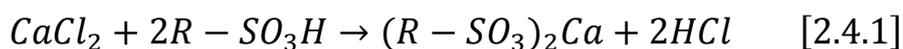
Конденсат подается к элементам снаружи во внутрь и проходит снизу вверх, поступая в часть сосуда с отфильтрованной средой. Очистка конденсата осуществляется за счет задержки механических частиц на шинельном сукне. Осевшие взвешенные частицы железа удаляются с фильтрующих элементов путем обратной промывки. Обратная промывка представляет собой быстрое переключение направления потока через фильтр. Для промывки используется смесь конденсата и воздуха, подаваемого из ресивера воздуха [5].

В работе находится два фильтра, третий в резерве.

Процесс фильтрации прекращается, когда перепад давления на фильтре достигнет $1,5 - 2,0 \text{ кг/см}^2$ и содержание железа на входе и выходе уравнивается. Регенерация конденсатных фильтров осуществляется обратной промывкой потоком воды сверху вниз [5].

Узел деминерализации

Смесь фильтрованной воды и очищенного технологического конденсата из емкости фильтрованной воды поз.3 насосом поз.3 подается на катионитные фильтры поз.4 сверху вниз. В зависимости от нагрузки два фильтра находятся в работе один либо в резерве, либо на регенерации. Ионный обмен на Н-катионитных фильтрах заключается в удалении катионов солей, растворенных в воде, за счет их обмена на ионы водорода ионообменной смолы по мере прохождения потока воды через ионообменный слой. Обмен проходит по следующим реакциям:



где R- органический полимер катионита

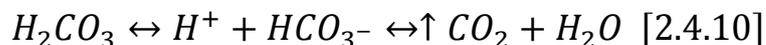
SO₃H - функциональная группа катионита

В катионитовых фильтрах поз.4 удаляется большая часть катионов, присутствующих в воде при помощи сильнокислотной катионообменной смолы. По мере насыщения ионообменной смолы катионами фильтрованной воды ее рабочие характеристики ухудшаются. При проведении регенерации смолы ее характеристики восстанавливаются [5].

На общем выходном коллекторе из фильтров установлена ловушка поз.1 для смолы, а также указатель местного перепада давлений, который указывает на наличие смолы в ловушке.

Расход фильтрованной воды на фильтры регулируется клапаном в зависимости от уровня в емкости дионизированной воды поз 7, регулятором уровня. Для обеспечения статической устойчивости смолы в ионообменном фильтре, который находится в режиме регенерации, свободное пространство над смолой заполнено синтетическим гранулированным материалом – уплотнительным слоем, который предотвращает переворачивание слоя смолы.

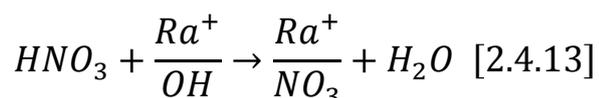
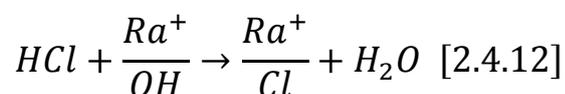
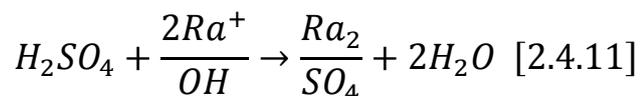
Из катионитных фильтров вода поступает в атмосферный декарбонизатор поз.6, где она в противотоке входит в соприкосновение с воздухом, проходящем через насадку Палля. В декарбонизаторе удаляется CO_2 по реакции:



Большая часть свободного CO_2 , находящегося в растворе, удаляется воздухом, который подается с низу воздуходувкой поз. 4, через насадку навстречу потоку воды. Воздух, забираемый воздуходувкой, проходит через подогреватель, где подогревается до температуры $30^\circ C$. Температура подогретого воздуха замеряется прибором.

Для подогрева воздуха в подогреватель из заводской сети подается теплофикационная вода. На выходе теплофикационной воды из подогревателя, замеряется температура. Из декарбонизатора поз.6, вода самотеком поступает в бакдекарбонизованной воды поз.7. Декарбонизованная вода из емкости центробежным насосом поз. 5 подается на анионитные фильтры поз.8. В зависимости от нагрузки два фильтра находятся в работе, один либо в резерве либо на регенерации [5].

При обработке воды на анионитных фильтрах, анионы (SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^{2-}) обмениваются на группу OH^- , находящуюся на поверхности ионообменной смолы, по реакции:



где Ra- органический полимер анионита [1].

Электропроводность воды измеряется на выходе из каждого фильтра анализатором и регистрируется на пульте управления, предусмотрена световая сигнализация высокой электропроводности.

На выходе каждого фильтра установлена система показаний и суммирования местного расхода за фильтроцикл [5].

На общем выходном коллектореанионитных фильтров расположена ловушкадля смолы, а также указатель местного перепада давления.

Расход воды, проходящей черезанионитные фильтры поз. 8, регулируется клапаном, который приводится в действие регулятором по уровню в промежуточной емкостидеонизированной воды поз.7. Изанионитных фильтров вода поступает в емкость хранения деонизированной воды поз.10, из которой часть подается для регенерации ионообменных фильтров. Из емкости хранения водапоз. 10 перетекает в емкостьдеонизированной воды поз.11.

Время работы ионообменных фильтров зависит от количества и качества воды, поступающей на очистку, и составляет: не более 12,5 часов (для катионо-анионообменной установки) [5].

Узел получения деминерализованной водына фильтрах смешанного действия ФСД

Вода из емкости хранения деонизированной воды поз.10, центробежнымнасосом поз.7подается в фильтр смешанного действия. Два фильтра находятся в работе, один фильтр в резерве либо на регенерации.

На фильтрах смешенного действия получают деминерализованную воду, контрольза качеством воды осуществляется по показаниям электропроводности и результатам аналитического контроля SiO_2 . Глубокая очистка воды проходит в смешанном слое ионообменной смолы, которая состоит из сильнокислотной (катионообменной) смолы и сильноосновной (анионообменной) [5].

Время работы ФСД зависит от количества и качества воды, поступающей на очистку, и составляет:1-2 недели (для фильтров смешанного действия). Состояние фильтров зависит от нагрузки производства по деминерализованной воде, состояния ионообменных смол и определяется по анализам воды в течение работы [5].

2.4.1 Характеристика работы водоподготовительной установки

Обратная отмывка механических фильтров

Предполагаемое время между обратными промывками составляет не более 36 часов. На необходимость обратной промывки песчаных фильтров указывает повышение уровня воды над фильтрующим слоем и срабатывание при этом сигнализаторов уровня при значении 80 % уровня шкалы прибора ($0,8 \text{ кг/см}^2$). Сигнализаторы расположены на местном щите управления [5].

Переключение фильтров из режима «работа» в режим «обратная промывка» осуществляется с помощью ручного кнопочного управления, установленного на местном щите управления. Последовательность операций при промывке также устанавливается с помощью ручной кнопочной системы управления. Обратная промывка осуществляется в следующей последовательности:

- 1) Подача воздуха для взрыхления фильтрующего слоя в течение одной минуты.
- 2) Медленная промывка + подача воздуха в течение 10-15 минут с расходом воды $150 \text{ м}^3/\text{ч}$.
- 3) Интенсивная промывка в течение 5-10 минут с расходом воды $300 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Вода для промывки подается насосом поз.1 обратной промывки фильтра. Величины двух промывочных потоков устанавливаются с помощью двухпозиционного управляющего клапана. Воздух для очистки фильтрующего слоя подается воздуходувкой [5].

Регенерация катионо-анионообменных фильтров

Смолы, поглощающие катионы и анионы из обрабатываемой воды, постепенно истощаются и подлежат регенерации. На истощение смолы указывает высокая удельная электрическая проводимость на выходе из анионитовых фильтров (достигающая значения не более 5 мкСм/см) или высокий проскок натрия из катионитовых фильтров (достигающий значения

не более 0,5 мг/дм³). Переключение – автоматическое или дистанционное. Каждая пара катионо-анионообменных фильтров регенерируется одновременно, по принципу противотока по системе «Econex»[5].

Регенерация катионитовых фильтров. Вода для проведения регенераций подается из емкости хранения деонизированной воды поз.10 центробежным насосом поз.6к эжектору поз.3. Концентрированная серная кислота (массовая доля 92 % H₂SO₄) для приготовления регенерационного раствора хранится в баке-мернике поз.17, который заполняется самотеком из емкости хранения кислоты поз.21. Из мерного бака кислота эжектируется водой и разбавляется до концентрации с массовой долей 3 %. Для получения раствора серной кислоты с массовой долей 1,5 % дополнительно подается вода от регенерационных насосов по байпасной линии мимо эжектора. Начало регенерации необходимо проводить раствором кислоты с массовой долей 1,5 % с целью предотвращения выпадения гипса (CaSO₄). После того, как пройдет через слой смолы половина объема кислоты, концентрация серной кислоты увеличивается до концентрации с массовой долей 3 % путем перекрытия клапана на байпасной линии. Разбавленная кислота подается на катионитовый фильтр снизу вверх[6].

При опорожнении мерного бака до минимального уровня подача кислоты прекращается и начинается промывка фильтра потоком той же самой воды до остаточной кислотности, не более 1 мг/дм³, определяемой аналитическим методом [5].

Регенерация анионитовых фильтров. Раствор щелочи (с массовой долей 2 %) приготавливается аналогично. Раствор щелочи для регенерации (с массовой долей 20 %) хранится в баке-мернике поз.19, который заполняется из емкости хранения щелочи поз.22. Разбавление раствора щелочи до концентрации с массовой долей 2 % происходит с помощью эжектора водой от насосов. Раствор щелочи (с массовой долей 2 %) подается на анионитовый фильтр поз.8 снизу вверх до опорожнения бака-мерника поз.18.

Для осуществления полной регенерации узла необходимо выполнить следующие операции:

- 1) отключение линии (автоматический переключатель или дистанционное переключение);
- 2) регенерация;
- 3) перенос уплотнительного слоя в катионитовые и анионитовые фильтры, которые отключаются на регенерацию;
- 4) подача раствора серной кислоты (с массовой долей 1,5 %), поток снизу вверх
- 5) подача раствора серной кислоты (с массовой долей 3 %), поток снизу вверх;
- 6) медленное вытеснение кислоты – промывка, поток снизу вверх (только) до остаточной кислотности не более 1 мг/дм^3 , определяемой аналитическим методом;
- 7) подача раствора щелочи (с массовой долей 2 %), поток снизу вверх;
- 8) медленное вытеснение раствора каустика- промывка, поток снизу вверх до остаточной щелочности, не более 1 мг/дм^3 , определяемой аналитическим методом;
- 9) интенсивная промывка, поток сверху вниз до достижения требуемой удельной электрической проводимости не более 50 мкСм/см ;
- 10) отключение линии, регенерация закончена;
- 11) включение линии (автоматический переключатель или дистанционное переключение) в работу [5].

Регенерация фильтра смешанных слоев. На истощение фильтров смешанных слоев указывает высокая удельная электрическая проводимость (не более 15 мкСм/см) или содержание двуокиси кремния на выходе (не более $0,01 \text{ мг/дм}^3$). Для осуществления процесса регенерации обе смолы, находящиеся в слое, разделяются друг от друга путем обратной промывки. За счет разных удельных весов получается полное послойное разделение. Следующая стадия – обработка смол реагентами. Вода для

приготовления реагентов подается из бака насосом поз.18.к эжекторам разбавления реагентов: щелочи и кислоты [5].

Баки – мерники кислоты поз.18 и щелочи поз.20 автоматически или дистанционно заполняются самотеком соответственно из баков поз.20 и поз.21. Раствор серной кислоты (с массовой долей 6 %) и раствор щелочи (с массовой долей 4 %) получают путем разбавления водой, подаваемой к эжекторам.

Полная регенерация осуществляется в следующем порядке:

1) Отключение линии (автоматический переключатель или дистанционное переключение).

2) Регенерация:

- а) обратная промывка, поток вверх – разделение смол;
 - б) пропуск раствора едкого натра (с массовой долей 4 %) – сверху к середине;
 - в) медленное вытеснение остатков едкого натра сверху к середине до остаточной щелочности не более 2 мг/дм^3 , определяемой аналитически;
 - г) пропуск кислоты (с массовой долей 6%) – снизу к середине; водяной заслон – сверху к середине;
 - д) вытеснение кислоты (промывка) – снизу к середине до остаточной кислотности не более 1 мг/дм^3 ; водяной заслон – сверху к середине;
 - е) дренаж;
 - ж) перемешивание смол с помощью воздуха от воздуходувки;
 - з) медленное заполнение водой сверху;
 - и) окончательное удаление воздуха;
 - к) интенсивная промывка сверху вниз.
 - л) Отключение линии, регенерация завершена.
- 4) Включение фильтров, требуемых для работы: быстрая промывка до тех пор, пока не будет достигнута установленная удельная электрическая проводимость (автоматическое включение) менее $0,15 \text{ мкСм/см}$.

5) Включение линии (автоматический переключатель или дистанционное переключение)

Ожидаемое время регенерации не более 200 минут [5].

Очистка конденсатов

Очистка конденсата от взвешенных частиц железа производится посредством механической фильтрации конденсата через слой фильтрующего материала (шинельное сукно), натянутого на фильтровальных свечах (трубчатые фильтрующие элементы).

Жидкость подается к этим элементам снаружи вовнутрь и проходит снизу вверх. Твердые частицы, находящиеся в жидкости, осаждаются на поверхности фильтрующего материала.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данной дипломной работе, разрабатывается проект очистных сооружений хозяйственно-бытовых и производственных стоков для предприятия, производительностью 424 м³/ч или 10176 м³/сут

В ходе проектирования был выполнен расчет технологических параметров процессов очистки. На основании технологического расчета, определены размеры и конструкция аппаратов, подобрано насосное оборудование [33].

В данном разделе дипломного проекта выполнен расчет производственной мощности очистных сооружений, инвестиционных затрат на их строительство и годовых эксплуатационных затрат, а также расчет себестоимости годовой продукции.

А также дана оценка экономической и экологической целесообразности.

5.1. Расчет производственной мощности

Производственная мощность очистных сооружений (М) определяется по основному технологическому оборудованию (катионитный фильтр) и рассчитывается по формуле:

$$M = P_{\text{час}} * T_{\text{эф}} * K_{\text{об}}, (5.1),$$

где $P_{\text{час}}$ - часовая производительность катионитного фильтра, равная $10176 \text{ м}^3 / \text{сут}$

$T_{\text{эф}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования (часы);

$K_{\text{об}}$ – количество однотипного оборудования, установленного в цехе.

Очистные сооружения работают непрерывно в течение всего календарного года, поэтому $T_{\text{эф}} = 365$ дней или 8760 часов [29].

$$M = 10176 * 8760 * 3 = 267425280 \text{ м}^3 \text{ в год} = 267.425.28 \text{ тыс. м}^3.$$

Расчет себестоимости годовой продукции по действующему производству

Расчет численности рабочих является базой для расчета и разработки плана по труду и заработной платы. Различают явочную, штатную и списочную численность работников. Под явочной численностью понимают фактическое число работников, занятых на предприятии в течение суток. Штатная численность больше явочной на число работников, необходимых в непрерывных производствах для подмены неработающих в выходные и праздничные дни [33].

Численность явочная в сутки определяется путем умножения численности явочной в смену на количество смен в сутки и определяется по формуле:

$$Ч_{яв/сут} = Ч_{яв/смен} * n, (5.2.1),$$

где n – число смен в сутки

Численность штатная дополнительно учитывает подмену на выходные дни.

Для сменного персонала:

$$Ч_{штат} = Ч_{яв/сут} * T_{кал.} / T_{ном}(5.3.2)$$

Для дневного персонала:

$$Ч_{штат} = Ч_{яв/сут}$$

Списочная численность в сутки рассчитывается путем умножения явочной численности в сутки на коэффициент списочного состава:

Количество сменной бригады – 4.

Время смен: Утренняя 8:00 – 20:00 /Ночная 20:00 – 8:00

$$Ч_{сп/сут} = Ч_{яв/сут} * K_{сп} (5.3.4).$$

$$Ч_{сп/сут} = 4 * 1,8 = 7 \text{ чел}$$

Расчет численности основных и вспомогательных рабочих представлено в таблице 25. [33].

Таблица 25 - Расчет численности персонала основных и вспомогательных рабочих

	Тарифный разряд	Число смен в сутки	Штатная численность	Явочная численность		Списочная численность в сутки
				в смену	в сутки	
1	2	3	4	5	6	7
Основные рабочие:						
Аппаратчик	5	2	8	2	4	6
Аппаратчик	4	2	4	1	2	3
Итого основные рабочие	-	4	12	-	6	9
Вспомогательные рабочие:						
Слесарь по оборудованию и КИП	5	2	2	1	1	2
Слесарь ремонтник	6	2	4	1	1	2
Лаборант	4	2	12	3	3	6
Электрик	6	2	3	1	1	2
Итого вспомогательные рабочие	-	8	21	-	6	12
Всего рабочих	-	12	33	8	12	21

Расчет численности ИТР и МОП представлена в таблице 26.

Таблица 26 - Расчет численности ИТР и МОП

Должность	Тарифный разряд	Численность штатная	Количество смен в сутки	Штатная численность
Начальник цеха	12	1	1	1
Заведующий химической лабораторией	10	1	1	1
Мастер смены	9	2	1	1
Механик участка	10	1	1	1
Начальник участка	12	1	1	1
Механик цеха	11	1	1	1
Табельщик	5	1	1	1

Кладовщик	3	1	1	1
Итого	-	-	-	8

Расчет баланса эффективного годового времени одного среднесписочного работника.

Режим работы основного производства – непрерывный, в 2 смены по 12 часов.

Режим работы ИТР и МОП – односменный, 5 дней в неделю по 8 часов с остановками в выходные и праздничные дни.

1) Количество выходных дней в году, ночных смен определяется в соответствии с графиком сменности.

График четырех бригадный двухсменный с двенадцати часовым постоянным рабочим днем представлено в таблице 27.

Таблица 27 – График сменности

Смена	Дни									
	Пн.	Вт.	Ср.	Четв.	Пт.	Сб.	Воск.	Пн.	Вт.	Ср.
А	4	8/4	8	0	0	12	12	0	4	8/4
Б	12	0	4	8/4	8	0	0	12	12	0
В	0	12	12	0	4	8/4	8	0	0	Г12
Г	8	0	0	12	12	0	4	8/4	8	0

2) Номинальный фонд рассчитывается по разности между количеством календарных дней и количеством выходных и праздничных дней:

$$T_n = 365 - 116 = 249 \text{ дней}$$

3) Эффективный фонд рабочего времени рассчитывается как разность между номинальным фондом рабочего времени и всеми выходными:

$$T_{эф} = 249 - 49 = 200 \text{ дней.}$$

4) Коэффициент списочного состава определяется делением календарного времени на эффективный фонд рабочего времени:

Для расчета численности применяется коэффициент равный 1,8. Разница между коэффициентами оформляется внутренним совместительством с установлением до премирования [33].

$$K_{сп} = 365 / 200 = 1,8$$

Таблица 28- Баланс эффективного времени одного среднесписочного работника

№	Показатели	Дни	Часы
---	------------	-----	------

1.	Календарный фонд рабочего времени	365	(8760)
2.	Нерабочие дни:	116	2784
	- выходные	104	2496
	- праздничные	12	288
3.	Номинальный фонд рабочего времени ($T_{ном}$)	249	1992
4.	Планируемые невыходы:	49	392
	-очередные и дополнительные отпуска	42	336
	- невыходы по болезни	7	56
	- отпуск в связи с учебой без отрыва от производства	-	-
	-выполнение гос. обязанностей	-	-
5.	Эффективный фонд рабочего времени ($T_{эф}$)	200	1600
6.	Коэффициент списочного состава работника	200	-

Расчет годового фонда зарплаты основных рабочих, вспомогательных рабочих, ИТР и МОП.

Расчет производится на основании их окладов согласно штатному расписанию.

1) Общий фонд заработной платы рабочих за год, рассчитывается по формуле:

$$Z_{год} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (5.5.1), \text{ где}$$

$Z_{осн}$ – основной фонд заработной платы рабочих, тыс.руб;

$Z_{доп}$ – дополнительный фонд заработной платы рабочих, тыс.руб.

2) Основной фонд заработной платы для рабочих повременников:

$$Z_{осн} = Z_{тар} + P_p + D_{н.вр} + D_{пр.дни} + D_{бриг} \quad (5.5.2), \text{ где}$$

$Z_{тар}$ – тарифный фонд заработной платы, тыс.руб.;

P_p – оплата премий, тыс.руб.;

$D_{н.вр}$ – доплата за работу в ночное время, тыс.руб.;

$D_{\text{пр.дни}}$ – доплата за работу в праздничные дни, тыс.руб.;

$D_{\text{бриг}}$ – доплата не освобожденным бригадирам, тыс.руб., не применяется в данных профессиях, $D_{\text{бриг}} = 0$.

3) Тарифный фонд заработной платы:

$$Z_{\text{тар}} = \sum C_{\text{сп}} * T_{\text{ст}} * T_{\text{эф.раб.}} (5.5.3), \text{ где}$$

$C_{\text{сп}}$ – списочная численность рабочих данного разряда, чел.;

$T_{\text{ст}}$ – дневная тарифная ставка данного разряда, тыс.руб.;

4) Дополнительная заработная плата:

$$Z_{\text{доп}} = (D_{\text{н}} * Z_{\text{осн}}) / T_{\text{эф.раб}} (5.5.4), \text{ где}$$

$D_{\text{н}}$ – количество дней невыхода на работу по планируемым причинам (отпуск).

Фонд заработной платы основных рабочих.

График работы – сменный, продолжительность смены – 12 часов, без перерыва для отдыха и питания, выходные дни по скользящему графику.

$$C_{\text{СП}} = 9 \text{ чел.};$$

$$T_{\text{ст}} = 14800 / 166,45 = 88,91 \text{ руб.},$$

где 14800 руб. – оклад основного рабочего;

166,45 руб. коэффициент по балансу рабочего времени, исходные данные предприятия.

Так как данный персонал работает по сменному графику, то

$$T_{\text{эф.раб}} = 2000 \text{ часов/год}$$

$$Z_{\text{тар.}} = 9 * 88,91 * 2000 = 160038 \text{ тыс.руб./ год}$$

По отношению к тарифному фонду заработной платы доплата за работу в ночное время составляет 40% [30].

$$D_{\text{н.вр.}} = 88,91 * 40 / 100 * 2000 = 101001 \text{ тыс.руб./год, где}$$

2000 часов/год – количество ночных часов;

$$D_{\text{пр.дни}} = 88,91 * 336 = 29873 \text{ тыс.руб./год.}$$

Размер премии принимаем равной 30% от тарифного фонда заработной платы:

$$P_{\text{р}} = (Z_{\text{тар}} + D_{\text{н.вр.}}) * 30 / 100 = (160038 + 101001) * 0,3 = 783,11 \text{ тыс.руб./год}$$

$$Z_{\text{осн}} = 160038 + 783.11 + 101.001 + 29.87 = 339.37 \text{ тыс.руб./год}$$

$$Z_{\text{доп}} = (49 * 339.3) / 2000 = 83.12 \text{ тыс.руб./год}$$

$$Z_{\text{год}} = 339.37 + 83.12 = 422.49 \text{ тыс.руб./год}$$

Районный коэффициент для Томской области – 1,3

$$Z_{\text{год}} = 42249 * 1,3 = 549.23 \text{ тыс.руб./год}$$

Отчисления на социальные нужды на зарплату – 30% от $Z_{\text{год}}$.

Отчисления на соц.нужды:

$$42249 * 30/100 = 12674 \text{ руб./год [33].}$$

Фонд заработной платы вспомогательных рабочих

Фонд заработной платы вспомогательных рабочих.

График работы – сменный, продолжительность смены – 12 часов, без перерыва для отдыха и питания, выходные дни по скользящему графику.

$$Ч_{\text{сп}} = 12 \text{ чел.};$$

$$T_{\text{ст}} = 18600 / 166,45 = 111.74 \text{ руб.},$$

где 18600 руб. – оклад вспомогательного рабочего;

166,45 руб. – коэффициент по балансу рабочего времени, исходные данные предприятия [33];

Так как данный персонал работает по сменному графику, то

$$T_{\text{эф.раб}} = 2000 \text{ часа}$$

$$Z_{\text{тар.}} = 12 * 111.74 * 2000 = 2681 \text{ тыс.руб./год}$$

По отношению к тарифному фонду заработной платы доплата за работу в ночное время составляет 40%.

$$D_{\text{н.вр.}} = 111.74 * 40/100 * 2000 = 44.696 \text{ тыс.руб./год}$$

где 2000 часов/год – количество ночных часов;

$$D_{\text{пр.дни}} = 111.74 * 336 = 37544 \text{ тыс.руб./год}$$

Размер премии принимаем равной 30% от тарифного фонда заработной платы:

$$P_{\text{р}} = (Z_{\text{тар.}} + D_{\text{н.вр.}}) * 30/100 = (2681 + 44.696) * 0,3 = 817.70 \text{ тыс.руб./год}$$

$$Z_{\text{осн}} = 2681 + 817.70 + 49,77 + 37.544 = 35809 \text{ тыс.руб./год}$$

$$Z_{\text{доп}} = (49 * 35809) / 2000 = 87.7 \text{ тыс.руб./год}$$

$$Z_{\text{год}} = 3580 + 87.7 = 36677 \text{ тыс.руб./год}$$

Районный коэффициент для Томской области – 1,3

$$Z_{\text{год}} = 36677 * 1,3 = 4768 \text{ тыс.руб./год}$$

Отчисления на социальные нужды на зарплату – 30% от $Z_{\text{год}}$.

Отчисления на социальные нужды:

$$36677 * 30/100 = 1100 \text{ тыс.руб./год [33].}$$

Фонд заработной платы ИТР и МОП

Фонд заработной платы по должности начальника цеха.

График работы односменный, пятидневная рабочая неделя, продолжительность ежедневной работы 8 часов, перерыв для отдыха и питания 1 час, выходные – суббота, воскресенье.

$$Ч_{\text{СП}} = 1 \text{ чел.};$$

$$T_{\text{ст}} = 35000/166,45 = 210.273 \text{ руб.}, \text{ где}$$

35000 руб. – оклад начальника цеха;

166,45 руб. – коэффициент по балансу рабочего времени, исходные данные предприятия;

Так как данный персонал работает посменно, то $T_{\text{эф.раб}} = 1600$ часа

$$Z_{\text{тар.}} = 1 * 210.27 * 1600 = 336.432 \text{ тыс.руб./год}$$

Размер премии принимаем равной 30% от тарифного фонда заработной платы:

$$P_r = Z_{\text{тар.}} * 30/100 = 336.432 * 0,3 = 100.92 \text{ тыс.руб./год}$$

$$Z_{\text{осн}} = 336.432 + 100.92 = 437.36 \text{ тыс.руб./год}$$

$$Z_{\text{доп}} = (49 * 437.36) / 1600 = 13.39 \text{ тыс.руб./год}$$

$$Z_{\text{год}} = 437.36 + 13.39 = 450.75 \text{ тыс.руб./год}$$

Районный коэффициент для Томской области – 1,3

$$Z_{\text{год}} = 450.75 * 1,3 = 585.98 \text{ тыс.руб./год}$$

Отчисления на социальные нужды на зарплату – 30% от $Z_{\text{год}}$.

Отчисления на социальные нужды:

$$450.75 * 30/100 = 135.225 \text{ тыс.руб./год}$$

Фонд заработной платы по должности заведующий химической лабораторией.

График работы односменный, пятидневная рабочая неделя, продолжительность ежедневной работы 8 часов, перерыв для отдыха и питания 1 час, выходные – суббота, воскресенье.

$$Ч_{\text{сп}} = 1 \text{ чел.};$$

$$T_{\text{ст}} = 24000/166,45 = 144.18 \text{руб.}, \text{ где}$$

24000. – оклад заместителя начальника цеха;

166,45 руб. – коэффициент по балансу рабочего времени, исходные данные предприятия;

Так как данный персонал работает по односменному графику, то

$$T_{\text{эф.раб}} = 1600 \text{ часа}$$

$$З_{\text{тар.}} = 1 * 144.18 * 1600 = 230.688 \text{тыс.руб./год}$$

Размер премии принимаем равной 30% от тарифного фонда заработной платы:

$$П_{\text{р}} = З_{\text{тар}} * 30/100 = 230.688 * 0,3 = 69.20 \text{тыс.руб./год}$$

$$З_{\text{осн}} = 230.68 + 69.20 = 299.8 \text{тыс.руб./год}$$

$$З_{\text{доп}} = (49 * 299.8) / 1600 = 9.18 \text{тыс.руб./год}$$

$$З_{\text{год}} = 299.8 + 9.18 = 308.9 \text{ тыс.руб./год}$$

Районный коэффициент для Томской области – 1,3

$$З_{\text{год}} = 308.9 * 1,3 = 401.67 \text{тыс.руб./год}$$

Отчисления на социальные нужды на зарплату – 30% от $Z_{\text{год}}$.

Отчисления на социальные нужды:

$$308.9 * 30/100 = 92.67 \text{тыс.руб./год}$$

Фонд заработной платы по должности кладовщик.

График работы односменный, пятидневная рабочая неделя, продолжительность ежедневной работы 8 часов, перерыв для отдыха и питания 1 час, выходные – суббота, воскресенье.

$$Ч_{\text{СП}} = 1 \text{ чел.};$$

$$T_{\text{ст}} = 8400/166,45 = 50.46 \text{ руб.}, \text{ где}$$

8400 руб. – оклад кладовщика;

166,45 руб. – коэффициент по балансу рабочего времени, исходные данные предприятия;

Так как данный персонал работает по сменно, то $T_{эф.раб} = 1600$ часа

$$Z_{тар.} = 1 * 50.46 * 1600 = 80.736 \text{ тыс.руб./год}$$

Размер премии принимаем равной 30% от тарифного фонда заработной платы:

$$P_p = Z_{тар.} * 30/100 = 80.736 * 0,3 = 24.222 \text{ тыс.руб./год}$$

$$Z_{осн} = 80.736 + 24.222 = 104.95 \text{ тыс.руб./год}$$

$$Z_{доп} = (49 * 104.95) / 1600 = 3.21 \text{ тыс.руб./год}$$

$$Z_{год} = 104.95 + 3.21 = 108.16 \text{ тыс.руб./год}$$

Районный коэффициент для Томской области – 1,3

$$Z_{год} = 108.16 * 1,3 = 140.60 \text{ тыс.руб./год}$$

Отчисления на социальные нужды на зарплату – 30% от $Z_{год}$.

Отчисления на социальные нужды:

$$140.60 * 30/100 = 42.18 \text{ тыс.руб./год.}$$

Таблица 29 - Фонд заработной платы основных рабочих, вспомогательных рабочих, ИТР и МОП.

№ п/п	Наименование	Годовой фонд заработной платы, тыс.руб.	Отчисления на социальные нужды, тыс.руб.
1	Основные рабочие	54923	12674
2	Вспомогательные рабочие	46780	11000
3	ИТР и МОП	112825	27007
Итого		1724260	140440

Расчет годовых эксплуатационных затрат

Годовые эксплуатационные затраты по очистным сооружениям будут включать энергозатраты, расходы на оплату труда обслуживающего персонала, затраты на содержание и ремонт основных средств и накладные расходы.

Расчет энергозатрат

Расход электроэнергии на технологические цели определим по формуле:

$$P_э = \frac{N \cdot T_{раб}}{\eta_{де}} (5.5.6), \text{ где}$$

$P_э$ – годовой расход электроэнергии, кВт·ч/год;

N – установленная мощность энергопотребителя, кВт;

$\eta_{дв}$ – КПД двигателя, принимаем 1.5;

$\eta_{сети}$ – КПД сети, принимаем 0,98;

$T_{раб}$ – время работы станции биологической очистки, 24 часа.

Расчет годового расхода электроэнергии выполнен в табличной форме.

Определение потребности в сырье, материалах и энергоресурсах

Для того чтобы определить потребности в сырье и материалах составляется общий материальный баланс процесса на основе материальных балансов отдельных его стадий. Общий материальный баланс представлен в таблице 30.

Таблица 30 – Общий материальный баланс процесса

Поступает		Выходит	
Наименование потоков, поступающих на установку	Количество, м ³ /ч	Наименование потоков, уходящих с установки	Количество, м ³ /ч
	всего		всего
Сточная вода	672	Очищенная вода	672
ИТОГО	672	ИТОГО	672

На основе общего материального баланса определяется годовая потребность в электроэнергии. Годовая потребность в электроэнергии представлена в таблицах 31.

Таблица 31 – Годовая потребность в электроэнергии

Наименование	Кол-во	Часовой расход электроэнергии, кВт·ч	Годовой фонд времени	Годовой расход
--------------	--------	--------------------------------------	----------------------	----------------

		На единицу оборудования	На всеоборудование	работы оборудования, ч	электроэнергии, кВт·ч
Насос центробежный	15	1,5	22,5	8760	197100
Итого:					197100

Затраты на электроэнергию находятся по формуле:

$$Z_3 = 197100 \cdot 3,96 = 780516 \text{ руб.}$$

Расчет амортизационных отчислений.

1) Капитальные затраты на строительство зданий определяем по приближенной формуле:

$$Z_k = V \cdot C_v(5.7.1), \text{ где}$$

V – общий объем здания, м^3 ;

C_v – стоимость 1м^3 промышленного и административно-хозяйственного здания и бытовых помещений с учетом стоимости внутренних санитарно-технических и электротехнических работ, принимаем равным 4000 руб./м^3 .

Имеется одно здание, комплекс очистного сооружения.

Объем здания, определяется по формуле:

$$V_{\text{зд}} = L \cdot S \cdot H(5.7.2), \text{ где}$$

L – длина здания; S – ширина здания; H – высота здания.

Для здания очистного сооружения: $L = 66\text{м}$; $S = 24\text{м}$; $H = 12\text{м}$

$$V_{\text{оч.соор.}} = 66 \cdot 24 \cdot 12 = 102000 \text{ м}^3$$

$$K_{\text{оч.соор.}} = 102000 \cdot 4000 = 408000 \text{ 000 руб}$$

Расчет капитальных вложений на строительство зданий представлен в таблице 32.

Таблица 32 - Расчет капитальных вложений в строительство зданий

Наименование строительного объекта	Объем, м^3	Стоимость 1 м^3	Сметная стоимость, тыс.руб.	Амортизационные отчисления	
				Норма, %	Сумма, тыс. руб.
Здание очистных сооружений	102000	4000	408000,000	8	32640000
Итого зданий	102000	-	408000,000	-	32640000

Сооружения – КНС 200 % от стоимости зданий	-	-	816000	8	6528000
Внутриплощадочные сети, 20 % от стоимости зданий	-	-	816000	4,8	39168
Наружные сети канализации, 1,5 % от стоимости зданий	-	-	61200	4,8	2937.6
Итого сооружений	-	-	62016	-	4214476
Итого стоимость зданий и сооружений	-	-	470016	-	3306144.8

5.2 Определение стоимости оборудования

Расчет инвестиционных затрат

Инвестиционные издержки будут включать затраты на приобретение, доставку и монтаж оборудования.

Оборудование расположено в закрытом помещении включает предварительную очистку и физико-химический блок очистки [33].

Таблица 33- Расчет капитальных затрат и амортизационных отчислений на оборудование

Наименование оборудование Элементы ОПФ	К- во	Стоимость, тыс. руб.		Амортизационные отчисления	
		ед.	общая	норма, %	стоимость, тыс.руб.
Электронасос	15	95,000	1425,000	8	114.0
Осветлитель	1	120000	120000	8	9.600
Фильтр конденсата	3	105000	315000	8	252000
Фильтр катионита	3	214000	642000	8	51.360
Фильтр смешенного действия	3	250000	7500008	8	60.000
Счетчик учета воды	10	13534	135340	8	10.8272
Манометры	24	3559	851416	8	6.83328
Приборы КИПа	32	15670000	501.440.000	8	40.115.200
ИТОГО по БМО	100	16471093	1.647109300	8	131.768.744

Фильтроцикл					
Резервуар чистой воды	5	130000	650000	8	52.000
Механический фильтр	3	112000	336000	8	26.880
ИТОГО по БМО	8	242000	1936000	8	154.880
ИТОГО:	108	16713093	1649045300	8	131.923624
Неучтенное оборудование, строительство, монтаж (28,5% от общей стоимости)		4763231	469977910	8	375982328
Итого по очистным сооружениям		21476324	2.119023210	8	169521856

Сводная смета по капитальным вложениям представлена в таблице 30.

Таблица -34 Расчет стоимости основных фондов

Наименование затрат	Сумма, тыс. руб.	Амортизация	
		Норма, %	Сумма, тыс. руб.
Оборудование	2.119023210	8	169521856
Здания и сооружения	470016	8	3760128
Итого стоимость основных фондов (ОФ):	2.119493226	8	169559457
Расходы по проектированию (2% от стоимости ОФ)	423898645	8	33911891616
Пуско – наладочные работы (4 % от стоимости ОФ)	847797290	8	67823783232
Неучтенные затраты (2% от стоимости ОФ)	423898645	8	33911891616
Всего капитальные вложения:	1695594580	8	1356475564

Расчет затрат на содержание и эксплуатацию оборудования

Амортизация оборудования и транспортных средств, инструмента берется из таблицы 6 начисления амортизации.

Затраты на эксплуатацию оборудования принимаем в размере 2% от общей первоначальной стоимости данных групп основных фондов.

$$1649045300 * 2 / 100 = 32,980906 \text{ руб.}$$

Текущий ремонт принимаем в размере 5% от общей первоначальной стоимости данных групп основных фондов, первоначальная стоимость определяется из таблицы 34 начисления амортизации [33].

$$1649045300 * 5 / 100 = 824522665 \text{ руб.}$$

Таблица 35 - Смета затрат на содержание, эксплуатацию и ремонт оборудования (РСЭО)

№ п/п	Наименование расходов	Сумма тыс.руб.
1	Амортизация оборудования	169521856
2	Эксплуатация и содержание оборудования:	131923624
	- заработная плата вспомогательных рабочих	46780
	- отчисления на социальные нужды вспомогательных рабочих (30% от ЗП)	11000
Итого по пункту 2:		131981404
3	Текущий ремонт оборудования: - вспомогательные материалы, запчасти, услуги цехов по ремонту (5 % от стоимости оборудования)	824522665
4	Капитальный ремонт оборудования (10% от стоимости оборудования)	164945
Всего по смете		994178151
5	Неучтенные затраты (10% от учтенных затрат)	994178
Всего		109359596

Расчет накладных расходов.

Смета накладных расходов рассчитывается на годовой объем очищаемой сточной вод и представлена в таблице 35.

Таблица 36 – Смета накладных расходов

№	Наименование расходов	Сумма, тыс.руб.
1	Заработная плата ИТР	987.65
	Отчисления на социальные нужды ИТР	227.89
2	Заработная плата МОП	140.60
	Отчисления на социальные нужды МОП	42.18
Итого:		1398.32
3	Амортизация зданий и сооружений	32640000
4	Содержание и ремонт зданий и сооружений (16,85% от стоимости зданий и сооружений)	549984
ИТОГО:		38279672
5	Неучтенные затраты (10% от учтенных затрат)	38279672

Всего накладных расходов	421076392
--------------------------	-----------

На основе предыдущих расчетов составлена проектная калькуляция годовых эксплуатационных затрат и себестоимости очистки 1м³.

Таблица 37 – Проектная калькуляция себестоимости очистки. Годовой объем очищенных сточных вод 3714240 тыс. м³/год.

№	Статьи затрат	Ед.изм.	Затраты на единицу готовой продукции	Затраты на весь объем, 10176 тыс.м ³
1.	Электроэнергия	тыс.руб.	0,36	780516
2.	Заработная плата основных рабочих	тыс.руб.	0,04	54923
2.1.	Отчисления в социальные нужды основных рабочих (30 % от ЗП)	тыс.руб.	0,01	12674
Итого	-	тыс.руб.	0,41	8481132
3.	Амортизация зданий и сооружений	тыс.руб.	0,11	3760128
4.	РСЭО:			
4.1.	Амортизация оборудования	тыс.руб.	0,1	169521856
4.2.	Эксплуатация и содержание оборудования	тыс.руб.	0,04	131981404
4.3.	Заработная плата вспомогательных рабочих	тыс.руб.	0,03	46780
4.4.	Отчисления в социальные нужды вспомогательных рабочих (30 % от ЗП)	тыс.руб.	0,006	11000
4.5.	Текущий ремонт оборудования	тыс.руб.	0,02	824522665
4.6.	Капитальный ремонт оборудования	тыс.руб.	0,04	164945
5.	Заработная плата ИТР+МОП	тыс.руб.	0,02	112825
5.1.	Отчисления на социальные нужды ИТР+МОП (30 %)	тыс.руб.	0,007	27007
Итого:		тыс.руб.	0,79	98589677545
6.	Неучтенные затраты (10% от учтенных затрат)	тыс.руб.	0,08	985896775
Итого полная себестоимость	-	тыс.руб.	2,063	98599536512

98599536512/ 10176 =96894198616

Таким образом, на 1м³ очищенной воды эксплуатационные затраты будут составлять 96894198616 руб.

5.3 Определение технико-экономических показателей

Таблица 38 – Техничко-экономические показатели

Наименование показателя	Ед.изм.	Величина показателя
Объем производства	м ³	3714240
Производственная мощность	тыс.м ³	10176
Стоимость электроэнергии, затрачиваемой на весь объем	тыс.руб.	780516
Капитальные вложения	тыс.руб.	1695594580
Удельныекапитальныевложения	тыс.руб./м ³	0,06
Стоимость основных фондов	тыс.руб.	169559457
Численность персонала	чел	21
В т.ч. основных рабочих	чел	9

Складирование и утилизация отходов

Согласно проектным решениям основной вид отходов очистки отработанная смола из фильтра-аккумулятора утилизируется вывозом на шахтные отвалы пустой породы.

Стоки сбрасываются в канализацию К7.

Таблица 39 Образующиеся отходы

Вид отхода	т/год	м ³ /год
Смола (отработанная) 97% влажности	30	25.9
Стоки 100% влажность	146000	146000

Таблица 40 - Плата за отходы

Наименование	Класс опасности	Количество кг/год	Стоимость отходов, руб/т	Размер платы за год, тыс. руб
Отработанная смола	4	30000	85	255000
Стоки	2	146000000	65	949000

Находим размер платы за год:

$$30000*85=255.000 \text{ тыс. руб/год.}$$

$$146000000*65=949.000 \text{руб/год}$$

$$949000+255000=1.204.000 \text{ руб/год}$$

Заключение:

Определены инвестиционные издержки на создание станции мощностью 37142400 тыс. м³/год, которые составляют около 345 млн.руб. Рассчитаны годовые эксплуатационные затраты, составляющие около 98 млн.руб. Размер платежей за складирование и утилизацию отходов составило 1.204.000 руб./год.

