

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

Институт Электронного обучения
Направление подготовки Энерго-и ресурсосберегающие процессы
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Кафедра ТОВПМ

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проект установки водоподготовки в производстве мономеров ООО «Томскнефтехим»

УДК 621.716.2:621.182.12

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2к12	Колбас С.В.		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тухватулина Л.Р.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чулков Н.А.	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой	Юсубов М.С.	д.х.н., профессор		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности
P2	Применять знания в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для решения производственных задач
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
P4	Проектировать и использовать энерго-и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
P6	Осваивать и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации

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

Институт Электронного обучения

Направление подготовки (специальность) Энерго-и ресурсосберегающие процессы
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Кафедра Технологии органических веществ и полимерных материалов

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
Юсубов М.С.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К12	Колбас Светлане Викторовне

Тема работы:

Проект установки водоподготовки в производстве мономеров ООО «Томскнефтехим»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ №411/С от 28.01.2016г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2016г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ;

Исходные данные к работе	Установка водоподготовки производительностью 250м ³ /ч с непрерывным режимом работы. Сырье - речная вода. Установка относится к категории опасных производственных объектов по пункту: использование оборудования, работающего под давлением более 0,07МПа
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1.Рассмотреть методы очистки природных вод. 2.Дать характеристику оборудования, используемого для очистки воды. 3.Исследовать теоретические основы процесса водоподготовки. 4.Сделать технологические, гидравлические и механические расчеты оборудования. 5.Провести функционально-стоимостный анализ объекта, расчет производственной мощности, составить бюджет эксплуатации оборудования. 6.Дать оценку воздействия объекта в области промышленной безопасности и охраны окружающей среды.

Перечень графического материала	1.ФЮРА 180302.025 ТЗ 2.ФЮРА 180302.025 ВО 3.ФЮРА 180302.025 СБ
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение»	к.ф.н. Тухватулина Л.Р.
«Социальная ответственность»	к.т.н., доцент Чулков Н.А.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	14.04.2016г.
---	--------------

Задание выдал руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Мананкова А.А.	К.Х.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К12	Колбас Светлана Викторовна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К12	Колбас Светлана Викторовна

Институт	ИнЭО	Кафедра	ТОВПМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Расчет бюджета эксплуатации механического фильтра, определение стоимости функций, выполняемых механическим фильтром, расчет годового фонда заработной платы цехового персонала.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Расчет баланса эффективного рабочего времени одного среднесписочного работника, расчет численности рабочих, установление графика сменности работы.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Расчет отчислений на социальные нужды.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение функционально стоимостного анализа объекта исследования.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Расчет производственной мощности, калькуляция себестоимости продукции.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет количества сырья, вспомогательных материалов, реагентов.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Классификация функций, выполняемых механическим фильтром;
2. Матрица смежности;
3. Матрица количественных соотношений функций;
4. Определение стоимости функций, выполняемых механическим фильтром;
5. Функционально-стоимостная диаграмма;
6. Расчет численности персонала;
7. График сменности;
8. Баланс эффективного рабочего времени одного среднесписочного работника
9. Калькуляция себестоимости 1 тонны продукции

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.04.16г.
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Тухватулина Л.Р.	к.ф.н.		14.04.16

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К12	Колбас С.В.		14.04.16

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
32к12	Колбас С.В.

Институт	ИнЭО	Кафедра	ТОВПМ
Уровень образования	Выпускная квалификационная работа	Направление/специальность	Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования	Установка водоподготовки в производстве мономеров ООО «Томскнефтехим», производительностью 250 м ³ /ч.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения —	1.1. Анализ вредных факторов. 1. Концентрированная серная кислота. 2. Едкий натр. 1.2. Анализ опасных факторов. - механические опасности - оборудование, расположенное на высоте - шум - электробезопасность
2. Экологическая безопасность: —	- сбросы установки –регенерационные кислые и щелочные стоки; - твердые отходы –осадок, образующийся в осветлителе в процессе коагуляции воды, отработанные ионообменные смолы; - выбросы-углекислый газ
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: —	- разгерметизация трубопроводов и аппаратов кислоты и щелочи
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: —	- Мероприятия, обеспечивающие производственную и экологическую безопасность деятельности предприятия - Экологическая политика и деятельность предприятия в области охраны труда и промышленной безопасности

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.04.2016 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Чулков Н.А.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
32к12	Колбас С.В.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 112 с, 24 рис., 17 табл., 22 источника.

Ключевые слова: Водоподготовка Вода Осветлитель Коагуляция Механический фильтр Фильтрующий материал

Объектом исследования является Установка водоподготовки в производстве мономеров ООО «Томскнефтехим», производительностью 250 м³/ч

Цель работы: Спроектировать установку предварительной очистки речной воды, подобрать оборудование для очистки, сделать технологические, гидравлические и механические расчеты механического фильтра, рассмотреть вопросы социальной ответственности объекта, рассчитать технико-экономические показатели установки.

В процессе исследования составлен материальный баланс процесса, проведены инженерные расчеты, расчеты ежегодных норм расхода основных видов сырья, материалов и энергоресурсов, норм образования отходов.

В результате исследования определены нормы технологического режима, контроля производства и управления технологическим процессом, проведена инвентаризация выделяющихся загрязняющих веществ и предложены способы их утилизации.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Механический фильтр производительностью 125 м³/ч для очистки коагулированной воды от механических примесей. Диаметр фильтра 3000мм, высота 3496мм, двухслойная загрузка антрацитом (высота слоя загрузки 74мм) и кварцевым песком (высота слоя загрузки 52мм). Режим работы периодический, с отключением на промывку.

Область применения: промышленные предприятия: химические, нефтехимические производства и предприятия теплоэнергетики,

водоподготовка для питьевых и хозяйственных нужд, пищевое производство, текстильная и целлюлозно-бумажная промышленность, теплично-парниковые хозяйства.

Abstract

Final qualifying work with 112, 24 fig., 17 tab., 22 sources.

Keywords: Water conditioning Water Clarifier Coagulation Mechanical filter
Filtering material

The object of the research is to install water treatment in the production of monomers LLC "Tomskneftekhim" capacity of 250 m³/h.

Objective: To design the installation of pre-purification of river water, pick up the equipment for cleaning, make technological, hydraulic and mechanical calculations of mechanical filter, consider the issues object of social responsibility, to calculate the technical and economic indicators of the installation.

The study compiled the material balance of the process, carried out engineering calculations, estimates of annual consumption rates of basic raw materials, materials and energy, waste generation standards.

The study determined the norms of technological regime, production control and process control, inventory of pollutants released, and provides methods for their disposal.

The basic constructive, technological and technical and operational characteristics: Mechanical filter capacity of 125 m³/h for the purification of water from the coagulated solids. Filter diameter 3000mm, height 3496mm, loading double-layer anthracite (bed height boot 74mm) and silica sand (52mm height loading layer). Operating mode periodic, with detached for washing.

Application: industry: chemical, petrochemical plants, and thermal power plant, water for drinking and household needs, food processing, textile, pulp and paper industry, greenhouses and greenhouse farming.

Оглавление

Введение

1 Обзор литературы

1.1 Методы очистки природных вод

1.1.1 Показатели качества воды 12

1.1.2 Методы обработки воды 16

1.1.2.1 Методы предварительной очистки воды 18

1.1.2.2 Методы окончательной обработки воды 25

1.2 Оборудование для водоподготовки

1.2.1 Оборудование для предварительной очистки воды 33

1.2.2 Оборудование для обессоливания воды 37

1.3 Технологическое оформление установок водоподготовки 40

2 Объекты и методы исследования

2.1 Общая характеристика установки водоподготовки 45

2.2 Инвентаризация выделяющихся загрязняющих веществ 46

2.3 Описание технологической схемы 48

3 Расчет и аналитика

3.1 Материальный баланс 51

3.2 Технологический расчет

3.2.1 Конструктивный расчет механических фильтров 56

3.3 Гидравлический расчет

3.3.1 Гидравлический расчет механического фильтра 60

3.3.2 Расчет диаметра трубопроводов 62

3.4 Механический расчет

3.4.1 Расчет толщины стенки цилиндрической обечайки 64

3.4.2 Расчет толщины стенки эллиптического днища 68

3.4.3 Расчет опоры аппарата 70

3.5 Подбор вспомогательного оборудования 74

4 Результаты проведенной разработки

4.1 Ежегодные нормы расхода основных видов сырья, материалов и энергоресурсов	76
4.2 Ежегодные нормы образования отходов	77
4.3 Контроль производства и управление технологическим процессом	79
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
5.1 FAST-анализ	83
5.2 Расчет производственной мощности	88
5.3 Составление бюджета эксплуатации механического фильтра	90
6 Социальная ответственность	
6.1 Характеристика объекта исследования	96
6.2 Производственная безопасность	
6.2.1 Анализ выявленных вредных факторов	97
6.2.2 Анализ выявленных опасных факторов	99
6.3 Экологическая безопасность	102
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	103
6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	
6.5.1 Экологическая политика деятельности предприятия в области охраны труда и промышленной безопасности	105
6.5.2 Мероприятия, обеспечивающие производственную и экологическую безопасность деятельности предприятия	107
Заключение	
Список использованных источников	
Приложения	

Введение

Нефтехимические предприятия являются крупными потребителями топливно-энергетических ресурсов, основным из которых является вода. Благодаря своим физико-химическим свойствам вода применяется как сырье, в качестве химического реагента, как растворитель, тепло- и хладоноситель. Природная вода, поступающая в производство, подвергается очистке различными методами в зависимости от характера примесей и требований, предъявляемых к воде данным производством.

Решающим фактором безопасной и экономичной эксплуатации энергоустановок является систематическое и неукоснительное поддержание норм качества питательной и котловой воды, пара и конденсата, обеспечивающих безопасную и бесперебойную работу паросилового и теплофикационного оборудования. Так, надежная и экономичная работа котла и паровой турбины возможна при обеспечении отсутствия внутренних отложений на поверхностях нагрева, снижении до возможного минимума коррозии конструкционных материалов и получении в котле пара высокой чистоты. Следовательно, к качеству воды для выработки пара предъявляются высокие требования.

При проектировании водоподготовительных установок решаются комплексные задачи, включающие подготовку воды для паровых котлов, охлаждающей воды конденсаторов пара турбин, обработку турбинных и производственных конденсатов, обработку сточных вод.

Эффективное применение технологий подготовки воды решает требования, предъявляемые к объектам энергетики в области экологии, надежности и безопасности. Средствами водоподготовки решаются проблемы защиты окружающей среды от вредных загрязненных жидких сбросов энергообъектов в источники водоснабжения.

1 Обзор литературы

1.1 Методы очистки природных вод

1.1.1 Показатели качества воды

Показатели качества воды определяют ее пригодность для использования в промышленности и энергетике.

Так как источниками водообеспечения систем водоснабжения являются природные воды, то состав воды, подлежащей очистке зависит от ее происхождения. Природные воды подразделяются на подземные, поверхностные и атмосферные. Состав подземных вод определяется условиями их образования и залегания. Подземные воды характеризуются постоянством состава и температуры, высокой минерализацией, низким содержанием органических веществ, присутствием растворенных газов.

К поверхностным водам относятся воды рек, морей, озер, прудов, каналов и водохранилищ. Они разнообразны по своему составу.

К атмосферным водам относят осадки, выпадающие в виде дождя и снега, аккумулирующиеся в естественных или искусственных емкостях. Атмосферные воды характеризуются небольшим содержанием примесей. В этой воде содержатся в основном растворенные газы и почти полностью отсутствуют растворенные соли. Их состав определяется чистотой атмосферы [1].

Качество воды определяется ее физическими и химическими характеристиками, такими как:

- содержание дисперсных взвешенных веществ (прозрачность, мутность);
- общая минерализация (солесодержание, сухой остаток);
- концентрация водородных ионов (рН);
- общая жесткость и ее составляющие;
- окисляемость (содержание органических веществ);

- щелочность;
- цветность.

Содержание взвешенных частиц характеризует загрязненность воды твердыми макро- и микрочастицами; количество их в литре воды выражают в мг/л. Кроме того, содержание частиц косвенно характеризуется прозрачностью раствора и его мутностью.

Мутность воды- показатель, характеризующий уменьшения прозрачности воды в связи с присутствием в ней тонкодисперсных взвесей органического и неорганического происхождения. Причинами мутности воды также может быть наличие в ней неорганических соединений, органических примесей, песка, глины.

Мутность воды в реках и прибрежных районах водоёмов повышается при дождях, паводках, таянии ледников. Как правило, зимой уровень мутности в водоёмах наиболее низкий, наиболее высокий весной и во время летних дождей. Единица измерения мутности в России мг/л.

Прозрачность. В зависимости от степени прозрачности воду условно подразделяют на прозрачную, слабоопалесцирующую, опалесцирующую, слегка мутную, мутную, сильно мутную. Мерой прозрачности служит высота столба, при которой можно наблюдать опускаемую в водоем белую пластину определенных размеров (диск Секки). Результаты выражаются в сантиметрах.

Общая минерализация представляет собой сумму концентраций всех растворенных в воде веществ. Этот параметр также называют общим солесодержанием, так как большинство растворенных в воде веществ – это именно неорганические соли (бикарбонаты, хлориды и сульфаты кальция, магния, калия и натрия).

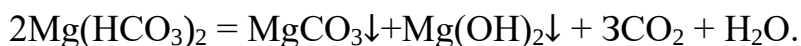
Солесодержание воды представляет собой сумму всех концентраций растворенных минеральных солей и органических веществ и выражается в мг/л.

Удельная электрическая проводимость (См/м) воды показывает суммарное содержание ионогенных примесей и зависит от их концентрации, температуры и степени диссоциации ионов [2].

Водородный показатель (рН) показывает концентрацию свободных ионов водорода в воде. Показатель рН представляет собой логарифм концентрации ионов водорода, взятый с обратным знаком, т.е. $\text{pH} = -\lg[H^+]$. Величина рН определяется количественным соотношением в воде ионов H^+ и OH^- , образующихся при диссоциации воды. Если в воде пониженное содержание свободных ионов водорода ($\text{pH} > 7$) по сравнению с ионами OH^- , то вода будет иметь щелочную реакцию, а при повышенном содержании ионов H^+ ($\text{pH} < 7$) – кислотную. В идеально чистой дистиллированной воде эти ионы будут уравнивать друг друга. В таких случаях вода нейтральная и $\text{pH} = 7$. При растворении в воде различных химических веществ этот баланс может быть нарушен, что приводит к изменению рН.

Жесткость воды является одним из важных показателей качества воды. Жесткость выражается в миллиграмм-эквивалентах ионов Са или Mg в 1 кг воды, т. е. за единицу жесткости принимают содержание 20,04 мг/кг ионов кальция или 12,16 мг/кг ионов магния. Различают три вида жесткости: временную, постоянную и общую.

Временная (карбонатная или устранимая) жесткость обусловлена присутствием в воде гидрокарбонатов кальция и магния, которые при кипячении воды переходят в нерастворимые средние или основные соли и выпадают в виде плотного осадка (накипи):



Постоянная (некарбонатная, неустраиваемая) жесткость обуславливается содержанием в воде всех других солей кальция и магния, остающихся при кипячении в растворенном состоянии. Сумма временной и постоянной жесткости называется общей жесткостью. Принята следующая классификация природной воды по значению общей жесткости (h в мг-экв/кг): $h < 1,5$ - малая

жесткость, $h = 1,5-3,0$ - средняя, $h = 3,0-6,0$ - повышенная, $h = 6,0-12,0$ - высокая, $h > 12,0$ - очень высокая [3].

Окисляемость воды характеризуется наличием в воде органических примесей и выражается в миллиграммах кислорода, расходуемого на окисление веществ, содержащихся в 1 кг воды.

Щелочностью воды-Щ_о- называется выраженная в мг-экв/л суммарная концентрация содержащихся в воде анионов слабых кислот и гидроксильных ионов. В зависимости от типа анионов, обуславливающих щелочность различают гидратную, карбонатную, бикарбонатную, силикатную, гуматную и фосфатную щелочность.

Цветностью называют показатель качества воды, характеризующий интенсивность окраски воды. Цветность природных вод обусловлена присутствием окрашенных органических веществ (соединений гуминовых и фульвовых кислот), а также соединений трехвалентного железа и других металлов в виде естественных примесей или продуктов коррозии [2].

1.1.2 Методы обработки воды

Схемы водообработки состоят из двух самостоятельных и достаточно обособленных стадий. Это связано с тем, что природные воды содержат в своем составе примеси, удаляемые на разных стадиях и классифицируемые по степени дисперсности:

1) грубодисперсные примеси с размером частиц более 100 нм. К ним относятся нерастворимые в воде взвеси, частицы глины, мелкого песка, ил, частицы продуктов коррозии конструкционных материалов и т.д.;

2) коллоидно-дисперсные примеси с характерным размером частиц от 1 до 100 нм. К ним относятся минеральные масла, моющие вещества, некоторые органические вещества, органо - минеральные частицы почв и грунтов;

3) ионно-дисперсные примеси- вещества, диссоциирующие в воде на ионы, с размером частиц менее 1 нм, к которым относятся кислоты, щелочи, соли и молекулярно-растворимые соединения в виде растворенных газов и некоторых органических соединений [4].

В связи с разной степенью дисперсности воды методы водообработки условно делятся на предварительные и окончательные.

На первой стадии обработки, называемой предварительной очисткой, из воды удаляются грубодисперсные и коллоидные примеси. Удаление грубодисперсных примесей достигается путем отстаивания. При этом грубодисперсные примеси осаждаются, и вода фильтруется на осветлительных (механических) фильтрах. К методам удаления грубодисперсных примесей относят также флотационные методы.

Для очистки воды от коллоидных примесей применяют контактную коагуляцию, метод обратного осмоса, электрофорез, осветление воды в гидро- и мультициклонах.

К осадительным реагентным методам предварительной очистки воды относятся извешкование, содоизвесткование, магниезальное обескремнивание.

Коллоидно-дисперсные примеси выводятся из воды путем организации специального реагентного процесса коагуляции, т.к. они не осаждаются даже при длительном отстаивании. При этом вместе с коллоидными примесями из воды частично удаляются и грубодисперсные примеси. Кроме того, при коагуляции достигаются и другие положительные эффекты - снижение щелочности и обезжелезивание.

Вторая стадия обработки воды-окончательная. На этом этапе осуществляется удаление из воды истинно-растворенных примесей методами умягчения (удаление катионов жесткости), обессоливания (удаление катионов и анионов, в том числе и кремниевой кислоты) путем фильтрования через ионообменные смолы, термической дистилляции. На последних этапах очистки применяют также совмещенные с ионным обменом мембранные методы очистки воды [4].

1.1.2.1 Методы предварительной очистки воды

Технология коагуляции воды

Поверхностные воды требуют проведения предварительной очистки, т.е. освобождения воды от грубодисперсных и коллоидных примесей.

Одним из основных этапов предварительной очистки воды является ее коагуляция, имеющая целью снижение грубодисперсных и коллоидных примесей.

Коагуляция – это физико-химический процесс укрупнения коллоидных частиц в крупные агрегаты (флокулы), который завершается выделением вещества в осадок, удаляемый осаждением и фильтрованием.

Коллоидные частицы имеют весьма малые размеры, участвуют в броуновском движении, обладают заметной скоростью диффузии, агрегативной устойчивостью, т. е. неспособностью к самопроизвольному укрупнению, седиментационной устойчивостью (постоянством концентрации примесей по всему объему воды). Коллоидные частицы не осаждаются даже при длительном отстаивании и не могут быть отфильтрованы, как, например, грубодисперсные примеси воды.

Причиной устойчивости коллоидных систем воды является наличие заряда на их поверхности за счет диссоциации поверхностных молекул. Так как коллоидные вещества амфотерны, то вид и степень их диссоциации зависят от значения pH раствора [4].

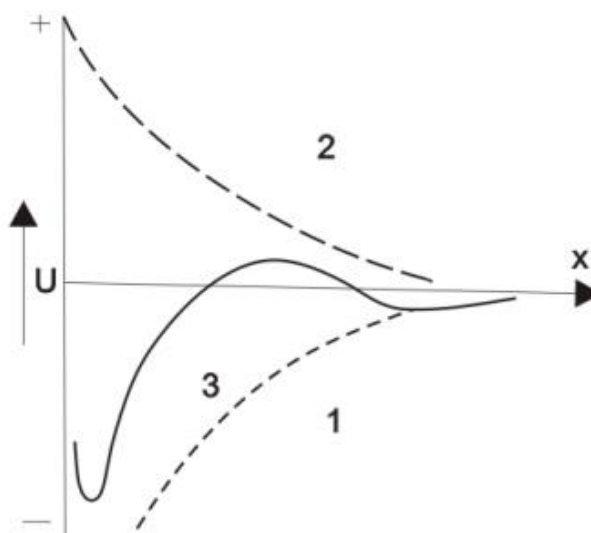


Рисунок 1.1.2.1 - Потенциальные кривые взаимодействия между коллоидными частицами.

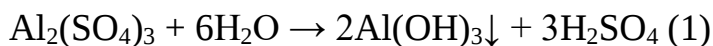
Коллоидные частицы носят одноименный заряд, поэтому между ними действуют электростатические силы отталкивания (кулоновское взаимодействие) и молекулярные силы притяжения (силы Ван-дер-Ваальса). Устойчивость коллоидных систем определяется соотношением этих сил. Характер изменения энергии отталкивания и энергии притяжения представлен на рисунке 1.1.2.1, на котором результирующая кривая 3, определяющая общую потенциальную энергию взаимодействия частиц, получена путем геометрического сложения соответствующих кривых отталкивания 2 и притяжения 1.

Из данного рисунка (кривая 3) следует, что для разных расстояний между частицами « x » существуют два энергетических минимума в области притяжения, когда между частицами преобладает сила притяжения, и один энергетический максимум (потенциальный барьер), когда между частицами преобладает сила отталкивания. Этот потенциальный барьер препятствует слипанию частиц при их сближении и отвечает за агрегативную устойчивость коллоидных систем. Поскольку в природной воде отсутствуют силы, позволившие бы преодолеть потенциальный барьер, коагуляцию воды осуществляют при взаимной коагуляции разнородных дисперсных систем.

Для этого в обрабатываемую воду специально вводят минеральные соли (реагенты-коагулянты), способные при гидролизе при определенных значениях pH образовывать труднорастворимые соединения [4].

В качестве реагентов-коагулянтов для коагуляции используются водные соединения сернокислого алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, сернокислого закисного железа FeSO_4 , хлорного железа $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, сернокислого оксидного железа $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, диоксида марганца MnO_2 , а также фосфаты натрия и калия Na_3PO_4 , KH_2PO_4 и др. [1].

При добавлении к воде сернокислого алюминия происходит его гидролиз:



Наличие в обрабатываемой воде бикарбонатов приводит к реакции нейтрализации серной кислоты с выделением коррозионно-агрессивного углекислого газа:



Объединяя данные выражения суммарную реакцию можно выразить в виде уравнения:



Изоэлектрическое значение pH для $\text{Al}(\text{OH})_3$ находится в диапазоне $\text{pH} = 5,5-7,5$. При этом гидроокись алюминия образует коллоидный раствор, делающий коллоидную систему неустойчивой, вместе с которым коагулируют все коллоидные примеси воды.

Из уравнения (3) следует, что добавление в обрабатываемую воду реагента-коагулянта приводит к снижению щелочности воды на дозу вводимого коагулянта, но при этом возрастает концентрация углекислоты и количество сульфатов, т. е. некарбонатная жесткость, на дозу вводимого коагулянта.

Процесс коагуляции сложен и зависит от целого ряда факторов. К таким факторам относится не только состав обрабатываемой воды, но и оптимальное значение температуры, ее постоянство, скорость перемешивания,

оптимальные значения водородного показателя pH среды и дозы коагулянта, поэтому для воды индивидуального качества каждый раз проводят пробную коагуляцию с целью установления оптимальных условий этого процесса [4].

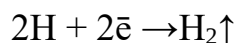
Обработка воды методом электрокоагуляции

Осадительные методы обработки воды, предназначенные для удаления примесей коллоидной степени дисперсности, неприменимы, например, для очистки теплоносителя реакторных контуров АЭУ в связи с недопустимостью внесения дополнительных минеральных загрязнений в теплоноситель, т. к. при коагуляции реагентами сульфаты алюминия, особенно железа, попадают на следующую ступень очистки [1]. Для этих целей используется метод электрокоагуляции, в основе которого лежит принцип анодного растворения металла, в результате чего происходит электрогенерирование гидрооксидов алюминия или железа непосредственно в очищаемых растворах. В качестве растворимых анодов можно использовать железо, алюминий, дюралюминий.

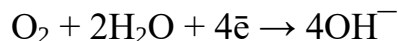
Анодное растворение происходит под действием электрического тока. Анод растворяется с переходом в раствор ионов Al^{3+} или Fe^{3+} :



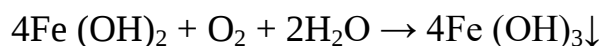
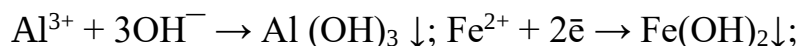
Электроны отводятся к катоду, где происходит восстановление ионов водорода:



При наличии в воде растворенного кислорода на катоде будут генерироваться ионы OH^- :



Ионы OH^- образуют с ионами металла гидроокиси:

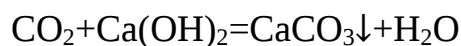


Электрохимический метод позволяет отказаться от использования традиционных коагулянтов, а также от громоздкой и сложной в эксплуатации аппаратуры.

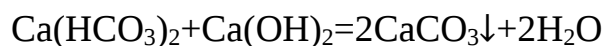
Известкование воды

Известкование воды, как и коагуляция, является реагентным осадительным методом предварительной обработки воды. При известковании в воду дозируют в виде раствора предварительно загашенную известь Ca(OH)_2 , которая связывает свободный углекислый газ и катионы, подлежащие удалению из воды, в труднорастворимые соединения, осаждаемые в виде шлама. Шлам удаляется из обработанной воды путем фильтрации [3]. В результате обработки воды происходят следующие процессы:

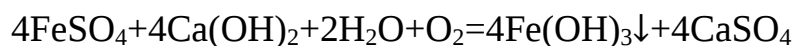
1. Связывание свободного углекислого газа (декарбонизация):



2. Снижение карбонатной жесткости и щелочности (умягчение):



3. Обезжелезивание:



Фильтрация воды

Фильтрация применяется как самостоятельный метод для очистки воды от грубодисперсных примесей или в комплексной схеме водоочистки, для очистки осветленной воды от тонкодисперсного шлама. Для этого используются осветлительные (механические фильтры).

Осветление воды при пропуске через механический фильтр происходит в результате прилипания к частицам зернистой загрузки фильтра грубодисперсных примесей исходной воды. Интенсивность прилипания тем выше, чем меньше агрегативная устойчивость частиц, которая понижается в результате предварительной обработки воды коагулянтном. Образующиеся при этом хлопья легко прилипают к зернистой загрузке фильтров, и достигается высокий эффект осветления при сравнительно большой скорости фильтрации 5-7 м/ч.

В качестве фильтрующих материалов применяют кварцевый песок, антрацит, керамзит, сульфоуголь, перлит, вулканические шлаки, целлюлозу, гранулы полистирола и др.

Существуют разные типы и конструкции осветлительных фильтров. Они классифицируются:

1. по давлению - на открытые и напорные (закрытые);
2. по фракционному составу - на насыпные и намывные;
3. по количеству слоев - на однослойные и многослойные;
4. по числу работающих камер - на однокамерные и многокамерные;
5. по способу фильтрования – на однопоточные и двухпоточные.

Различают несколько типов фильтрования: процеживание – размеры пор фильтрующего материала меньше размеров задерживаемых частиц; пленочное фильтрование – при определенных условиях после некоторого начального периода фильтрующий материал обволакивается пленкой взвешенных веществ, на которой могут задерживаться частицы даже более мелкие, чем размер пор фильтрующего материала: коллоиды, мелкие бактерии, крупные вирусы; объемное фильтрование – взвешенные частицы, проходя через слой фильтрующего материала, многократно изменяют направление и скорость движения в щелях между гранулами и волокнами фильтрующего материала [4].

Эффективность процесса зависит от физико-химических свойств примесей, фильтрующей загрузки и гидродинамических факторов. Постепенно в толщине загрузки происходит накапливание загрязнений, уменьшается свободный объем пор и возрастает гидравлическое сопротивление загрузки. В этом случае фильтр отключают на противоточную взрыхляющую промывку со сбросом промывочных вод в дренаж. Материал, загружаемый в осветлительные фильтры, должен хорошо задерживать содержащиеся в осветляемой воде грубодисперсные вещества, легко отмываться от задержанной взвеси, не измельчаться и не истираться при промывке, быть стойким против химического воздействия на него

фильтруемой воды и не загрязнять фильтруемую воду какими-либо веществами, входящими в состав самого материала. При недостаточной механической прочности при взрыхляющей промывке происходит истирание и измельчение зёрен, в результате чего повышается гидравлическое сопротивление фильтрующей загрузки, происходит вынос измельчённых зёрен при промывке и безвозвратная потеря фильтрующего материала.

Эксплуатация осветлительных фильтров состоит из двух последовательных стадий:

- 1) полезной работы фильтра по осветлению воды;
- 2) взрыхляющей промывки фильтра.

1.1.2.2 Методы окончательной обработки воды

Ионообменная технология подготовки воды

Заключительная стадия подготовки воды, связанная с изменением ее ионного состава реализуется с помощью ионообменной технологии, а также мембранными или термическими методами.

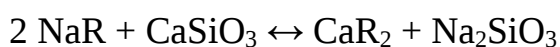
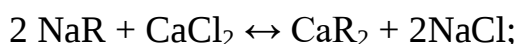
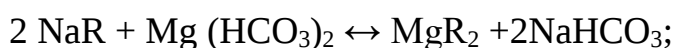
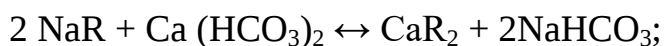
Сущность ионного обмена заключается в способности ионитов поглощать из раствора положительные или отрицательные ионы в обмен на эквивалентные количества других ионов, содержащихся в растворе. Иониты представляют собой нерастворимые высокомолекулярные вещества, которые способны к реакциям ионного обмена, благодаря наличию в них специальных функциональных групп. В зависимости от знака заряда обменивающихся ионов иониты разделяются на катиониты и аниониты.

Качество ионитов характеризуется рядом физических и химических свойств, которые определяют эффективность и экономичность ионообменных технологий. К основным физическим свойствам ионитов относятся: гранулометрический состав (размер зерен), насыпная масса, механическая прочность и осмотическая стабильность, структура ионита и степень набухания в водных растворах. К химическим свойствам относятся химическая стойкость, кислотность (для катионитов) и основность (для анионитов), обменная емкость, удельный расход реагентов и отмывочной воды при заданной глубине удаления из воды поглощаемых ионов, термическая и радиационная стойкости [2].

Умягчение воды методом натрий-катионирования

Самый распространенный метод умягчения воды – натрий-катионирование. Метод основан на способности ионообменных материалов обменивать на ионы кальция и магния ионы других веществ, не образующих накипь на теплонапряженной поверхности (трубные экраны котлов,

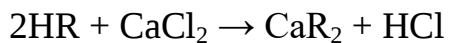
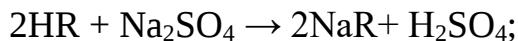
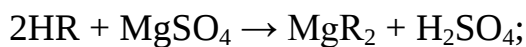
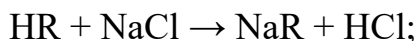
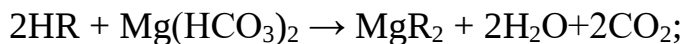
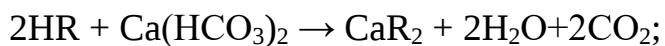
теплообменники, поверхности жаротрубных котлов). В качестве реагента для регенерации катионита используется хлорид натрия. Продукты регенерации – CaCl_2 , MgCl_2 – хорошо растворимы в воде. Реакции обмена ионами, где R-матрица с фиксированными зарядами без обменного иона, считающаяся одновалентной:



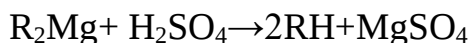
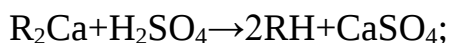
Замена ионов кальция и магния ионом натрия гарантирует отсутствие накипеобразований на греющих поверхностях котлов и теплообменников. По мере пропускания воды через слой катионита количество ионов натрия, способных к обмену, уменьшается, а количество ионов кальция и магния, задержанных на смоле, возрастает, то есть катионит «истощается» [2]. Тогда его следует регенерировать – пропустить через слой катионита раствор хлорида натрия, и обменная способность катионита восстанавливается. Процессы ионного обмена обратимы.

Технология водород-катионирования

При водород-катионировании обменными ионами являются катионы водорода H^+ . По лиотропному ряду водород стоит перед кальцием, магнием, железом, натрием, калием и др. Поэтому при фильтровании воды через слой катионита, «заряженный» ионами H^+ , катионит сорбирует из воды все содержащиеся в ней катионы и отдает эквивалентное количество ионов водорода. При H^+ - катионировании происходит разрушение бикарбонатов, определяющих карбонатную жесткость воды с образованием диоксида углерода [4]. Реакции, протекающие в процессе ионообмена:



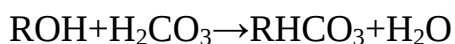
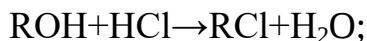
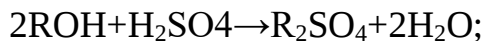
При Н-катионировании воды значительно снижается ее pH из-за кислот, образующихся в фильтрате. После удаления диоксида углерода декарбонизацией, в растворе останутся минеральные кислоты в количествах, эквивалентных содержанию хлоридов, сульфатов, нитратов в исходной воде. Наряду уменьшением жесткости воды – уменьшается минерализация, часть ее в виде CO_2 уходит, часть – превращается в воду. Согласно лиотропному ряду сначала по ходу движения воды ионы H^+ из катионита вытесняют ионы Na^+ , затем ранее сорбированные ионы Na^+ вытесняются более «сильными» ионами кальция и магния. Таким образом, истощение ионита происходит послойно: сверху (по ходу движения воды в прямоточных фильтрах) образуется зона поглощения Ca^{2+} и Mg^{2+} , под ней – зона поглощения Na^+ . И обе зоны одна за другой передвигаются по направлению к нижней границе слоя катионита. Регенерация истощенного катионита состоит в фильтровании через него 1-2% раствора серной (или азотной) кислоты. При этом катионы водорода вытесняют катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} , которые переходят в раствор и удаляются из фильтра. Реакции регенерации катионита:



Анионирование воды

Анионирование применяется для извлечения растворенных анионов из воды. Анионированию подвергается вода, уже прошедшая предварительное катионирование. Анионированием называется процесс обмена анионов между растворенными в воде электролитами и твердым зернистым веществом,

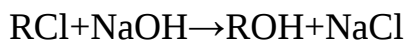
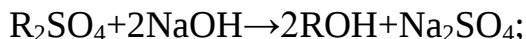
погруженным в эту воду и называемым анионитом. В качестве обменного аниона чаще всего используется анион OH^- . При фильтровании через анионит кислой водород-катионированной воды происходит замена анионов кислот обменным анионом:



В результате происходит почти полное удаление из воды анионов сильных и слабых кислот и образование слабо диссоциирующих соединений H_2O и CO_2 .

После замены всех обменных анионов OH^- анионит теряет способность к поглощению анионов из обрабатываемой воды.

Регенерацию его проводят фильтрованием через слой анионита раствора реагента-раствора щелочи NaOH . Реакции регенерации:



Мембранные методы очистки воды

Деминерализация воды ионным обменом позволяют опреснять воду, почти полностью обессоливать ее, но данный метод имеет ряд недостатков: необходимость регенерации, громоздкое и дорогое оборудование, дорогие иониты и др. В связи с этим быстрое распространение получили мембранные методы обработки воды. Группа мембранных методов включает в себя обратный осмос, микрофильтрацию, ультрафильтрацию, нанофильтрацию, электродиализ, диализ [2].

Обратный осмос

Обратный осмос – один из наиболее перспективных методов обработки воды, преимущества которого заключены в малых энергозатратах, простоте конструкций аппаратов и установок, малых их габаритах и простоте

эксплуатации; применяется для обессоливания вод с содержанием до 40 г/л, причем границы его использования постоянно расширяются [2].

Сущность метода заключается в том, что если растворитель и раствор разделить полупроницаемой перегородкой, пропускающей только молекулы растворителя, то растворитель начнет переходить через перегородку в раствор до тех пор, пока концентрации растворов по обе стороны мембраны не выравняются. Процесс самопроизвольного перетекания веществ через полупроницаемую мембрану, разделяющую два раствора различной концентрации (частный случай – чистый растворитель и раствор), называется осмосом (от греческого: *osmos* – толчок, давление). Если над раствором создать противодействие, скорость перехода растворителя через мембрану уменьшится. При установлении равновесия отвечающее ему давление может служить количественной характеристикой явления обратного осмоса. Оно называется осмотическим давлением и равно тому давлению, которое нужно приложить к раствору, чтобы привести его в равновесие с чистым растворителем, отделенным от него полупроницаемой перегородкой. Применительно к системам водоподготовки, где растворителем является вода, процесс обратного осмоса можно представить следующим образом: если со стороны протекающей через аппарат природной воды с некоторым содержанием примесей приложить давление, превышающее осмотическое, то вода будет просачиваться через мембрану и скапливаться по другую ее сторону, а примеси – оставаться с исходной водой, их концентрация будет увеличиваться.

Ультрафильтрация

Ультрафильтрация – процесс мембранного разделения, а также фракционирования и концентрирования растворов. Разделение растворов высокомолекулярных и низкомолекулярных соединений протекает под действием разности давлений до и после мембраны. Главное отличие данного способа заключается в возможности селективного разделения компонентов,

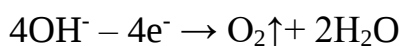
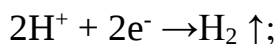
т.е. фракционирования, а при обратном осмосе происходит задержание всех частиц. В процессе ультрафильтрации возможно отделение и концентрирование весьма ценных или редких веществ: белков, физиологически активных веществ, полисахаридов, комплексов редких металлов и т.д. К недостатком ультрафильтрации можно отнести: узкий технологический диапазон – необходимость точного поддержания условий процесса; сравнительно невысокий предел концентрирования, небольшой (1–3 года) срок службы мембран вследствие осадкообразования в порах и на их поверхности. Это приводит к загрязнению, отравлению и нарушению структуры мембран или ухудшению их механических свойств [2].

Основные требования, предъявляемые к мембранам: высокая разделяющая способность (селективность), высокая удельная производительность (проницаемость), химическая стойкость к действию компонентов разделяемой системы, неизменность характеристик в процессе эксплуатации, достаточная механическая прочность, отвечающая условиям монтажа, транспортирования и хранения мембран, низкая стоимость. В настоящее время широко используются мембраны двух основных типов, изготавливаемые из ацетилцеллюлозы (смесь моно-, ди- и триацетата) и ароматических полиамидов.

Электродиализ

Методом электродиализа осуществляется перераспределение и концентрирование растворенных в воде примесей. Сущность метода заключается в использовании направленного движения ионов под действием электрического поля. Если к электродам приложить напряжение, то находящиеся в растворе ионы придут в движение в соответствии со знаком их заряда – отрицательно заряженные (анионы) к аноду, положительные (катионы) – к катоду. Если разделить электролизер на три отделения (электродные камеры), в двух крайних разместить электроды и пропускать электрический ток, то концентрация солей в электродных камерах будет

возрастать, а в среднем отделении – уменьшаться. Для разделения камер такого электролизера-диализатора используют ионообменные мембраны, которые обладают способностью селективно пропускать ионы одного знака и препятствовать движению противоположно заряженных ионов. Для поддержания электрического тока в цепи на электродах должны проходить электрохимические реакции – на катоде в основном выделение водорода, на аноде – выделение кислорода:



В соответствии с уравнениями реакций раствор в катодной камере будет подщелачиваться, в анодной — подкисляться. При направленном движении ионов к соответствующим электродам катионы свободно проникают через катионитовую мембрану, для анионов эта мембрана непроницаема, а анионы, двигаясь к аноду, проходят через анионопроницаемую мембрану, которая является непроницаемой для катионов. Таким образом осуществляется селективный транзит ионов через мембраны, в результате которого возникают отсеки с чистой обессоленной водой и отсеки с водой, обогащенной солями [4].

Декарбонизация воды

Декарбонизация – удаление оксида углерода (IV), выделяющегося в процессах водород-катионирования и анионирования. Удаление его из воды перед сильноосновными анионитными фильтрами необходимо, так как в присутствии CO_2 в воде часть рабочей обменной емкости анионита будет затрачиваться на поглощение CO_2 . Традиционно для удаления из воды углекислого газа используют декарбонизаторы – аппараты, заполненные различными распределителями воды (чаще – насыпными, например, кольцами Рашига, Палля и др.), называемыми насадкой, или без заполнителей, и продуваемые воздухом навстречу водному потоку. В зависимости от схемы декарбонизатор может быть установлен после первой, или второй ступени

водород-катионирования, или после первой (слабоосновной) ступени анионирования. Последняя схема чаще используется в зарубежных разработках. Распространение получают эжекторные (вакуумные, струйные) аппараты. Их работа основана на создании высокоскоростного потока в эжекторном устройстве, в котором происходит вакуумирование потока с последующим подсосом воздуха в воду и его отдувкой. При небольших габаритах такая конструкция обеспечивает большую производительность и высокую эффективность удаления газов [4].

1.2 Оборудование для водоподготовки

1.2.1 Оборудование для предварительной очистки

Процесс очистки воды сложный и многоступенчатый, на каждой стадии обработки воды применяется оборудование, отвечающее целям и задачам очистки. На первом этапе обработки воды, предварительной очистке, из воды удаляются коллоидные и грубодисперсные примеси. Для этой цели используются горизонтальные и вертикальные отстойники, камеры хлопьеобразования, осветлители, флотаторы, электрокоагуляторы.

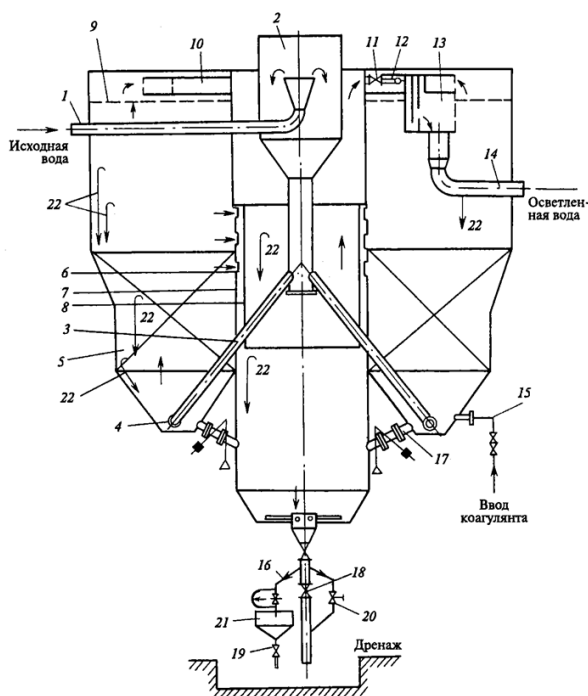


Рисунок 1.2.1.1 - Осветлитель для коагуляции типа ЦНИИ-2

1- вход воды; 2- воздухоотделитель; 3- распределительная труба; 4- сопло; 5- вертикальная перфорированная перегородка; 6- шламоприемное окно; 7- шламоуловитель; 8- стакан; 9- верхняя распределительная решетка; 10- сборный кольцевой желоб; 11- задвижка отсечки; 12- трубопровод отсечки; 13- распределительное устройство с успокоительной перегородкой; 14- выход обработанной воды; 15- ввод коагулянта; 16- линия непрерывной продувки; 17- линия периодической продувки; 18- задвижка на линии опорожнения осветлителя; 19- дренажная задвижка; 20- кран с сервоприводом; 21- воронка; 22- пробоотборные точки

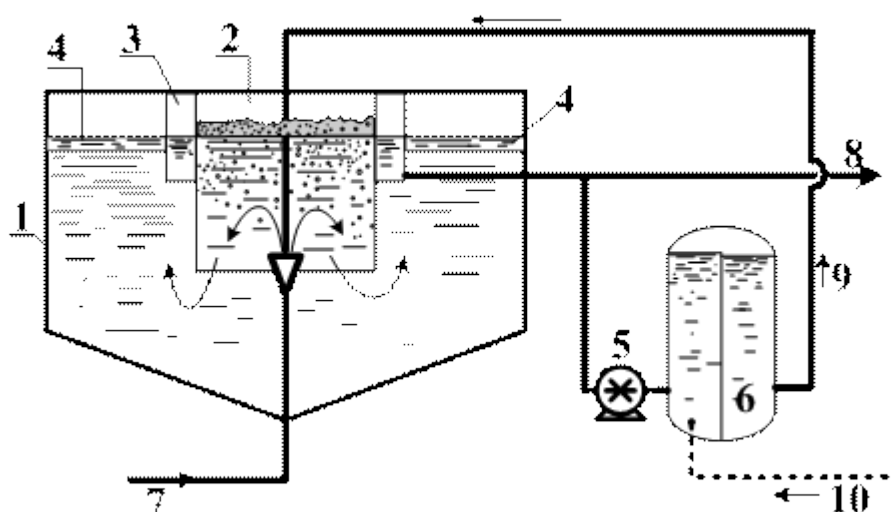


Рисунок 1.2.1.2 - Флотатор – отстойник

1-отстойник; 2- флотационная камера; 3- кольцевой водосборный лоток; 4- радиальные водосборные лотки; 5-насос; 6- воздухорастворитель; 7- вода на очистку; 8- вода после очистки; 9- рециркуляционная линия аэрированной воды; 10- сжатый воздух

Принцип работы флотатора основан на различной смачиваемости микрочастиц: гидрофобные частицы – это не смачиваемые водой частицы, а гидрофильные – смачиваемые. Гидрофобные частицы вместе с пузырьками воздуха поднимаются к границе раздела фаз, в результате чего образуется слой пены, который автоматически удаляется из флотатора.

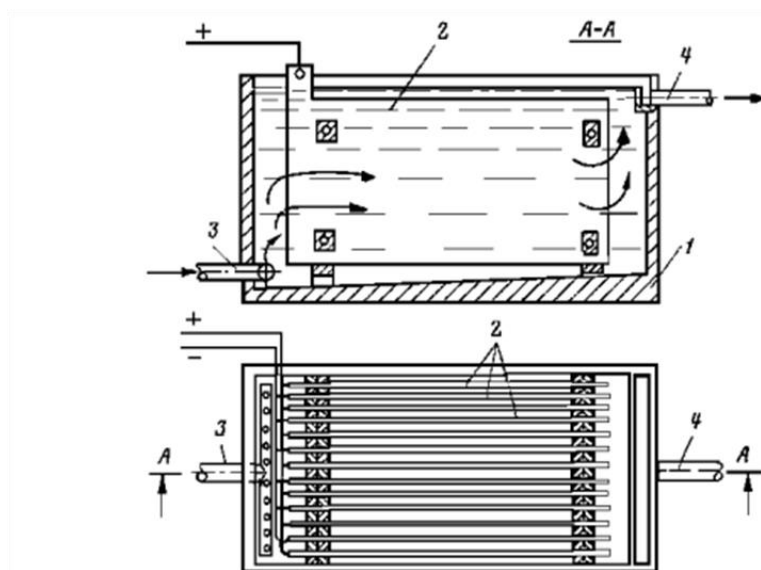


Рисунок 1.2.1.3 - Электрокоагулятор

1-корпус; 2- пластины из металла; 3- вход воды; 4- выход воды

Основным элементом электрокоагулятора является электродная камера со стальными или алюминиевыми электродами чередующейся полярности, между которыми протекает обрабатываемая вода. Очистка воды идет за счет электролитического растворения под воздействием электрического поля.

Процесс очистки воды от взвешенных примесей завершается фильтрованием. Для этого используются осветлительные фильтры. Основным рабочим элементом осветлительных фильтров является фильтрующая загрузка. При пропуске воды через слой зернистой загрузки, происходит ее осветление за счет прилипания к частицам зернистой загрузки фильтра тонкодисперсного шлама обрабатываемой воды [5]. В качестве фильтрующей загрузки используются: кварцевый песок, антрацит, керамзит, вулканические и доменные шлаки, фарфоровая крошка, пенополистирол.

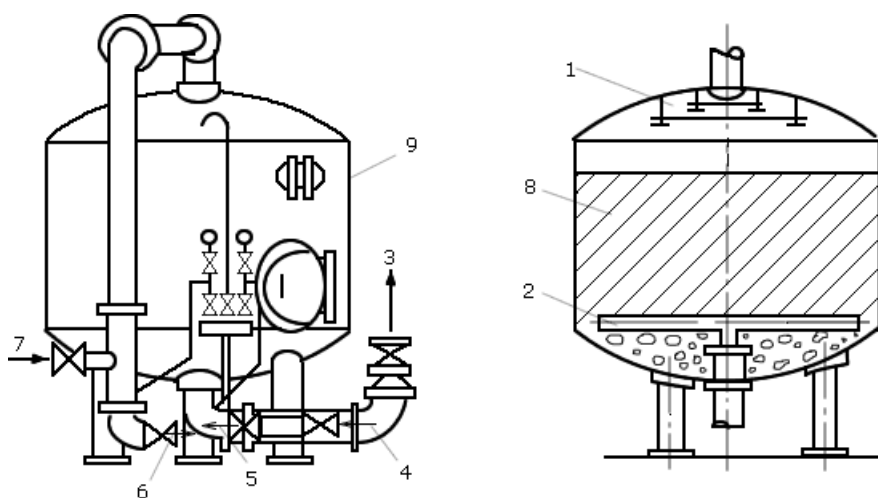


Рисунок 1.2.1.4 - Фильтр осветлительный вертикальный однокамерный

1-верхнее распределительное устройство; 2- нижнее дренажно-распределительное устройство; 3- фильтрат; 4- сжатый воздух, промывочная вода; 5- спуск первых порций фильтрата; 6- спуск промывочной воды; 7- исходная вода; 8- фильтрующий слой; 9- корпус фильтра

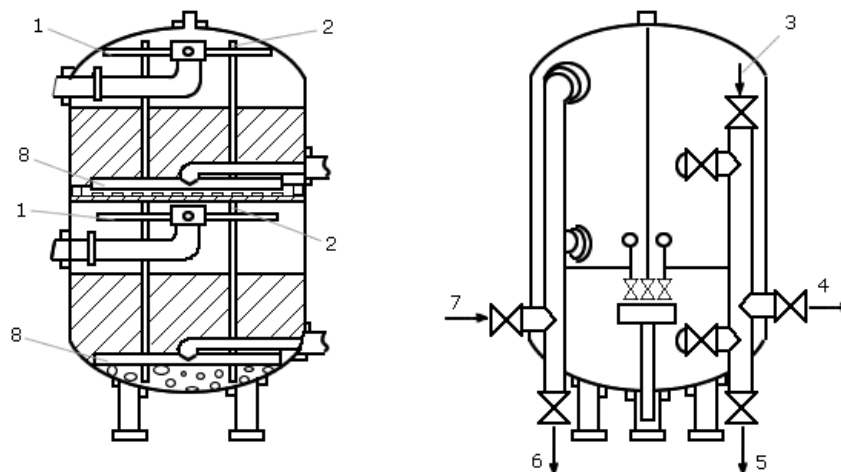


Рисунок 1.2.1.5 - Двухкамерный осветлительный фильтр

1- верхнее распределительное устройство; 2- анкерная труба для выравнивания давления между камерами; 3- подвод промывочной воды; 4- выход фильтрата; 5- спуск первых порций фильтрата; 6- выход промывочной воды; 7- обрабатываемая вода; 8- нижнее дренажно- распределительное устройство

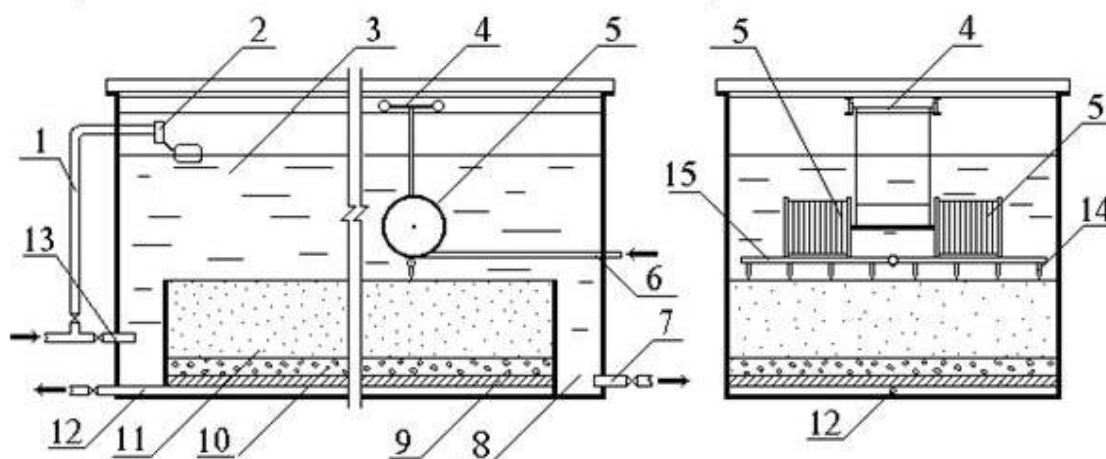


Рисунок 1.2.1.6 - Медленный осветлительный фильтр

1- подвод воды; 2- поплавковый клапан; 3- слой воды над загрузкой; 4- тележка рыхлителя; 5- вращающийся барабан; 6- шланг для подачи воды в рыхлитель; 7- выпуск промывной воды; 8- карман для сбора промывной воды; 9- пористая плита; 10- поддерживающие слои; 11- фильтрующая загрузка; 12- трубчатый дренаж; 13- подача промывной воды; 14- штуцер; 15- распределительная труба

1.2.2 Оборудование для обессоливания воды

Вторая стадия обработки воды – обессоливание, предусматривает удаление из воды катионов и анионов. Для удаления ионов применяются процессы катионирования, анионирования, а также мембранные процессы: обратный осмос, микрофильтрация, ультрафильтрация, нанофильтрация, диализ.

Для проведения процесса анионирования и катионирования используются Н-катионитовые и ОН-анионитовые фильтры. Основная задача ионитовых фильтров-селективное удаление из воды различных ионов, высокомолекулярной органики, умягчение и обессоливание воды.



Рисунок 1.2.2.1 - Ионообменные фильтры

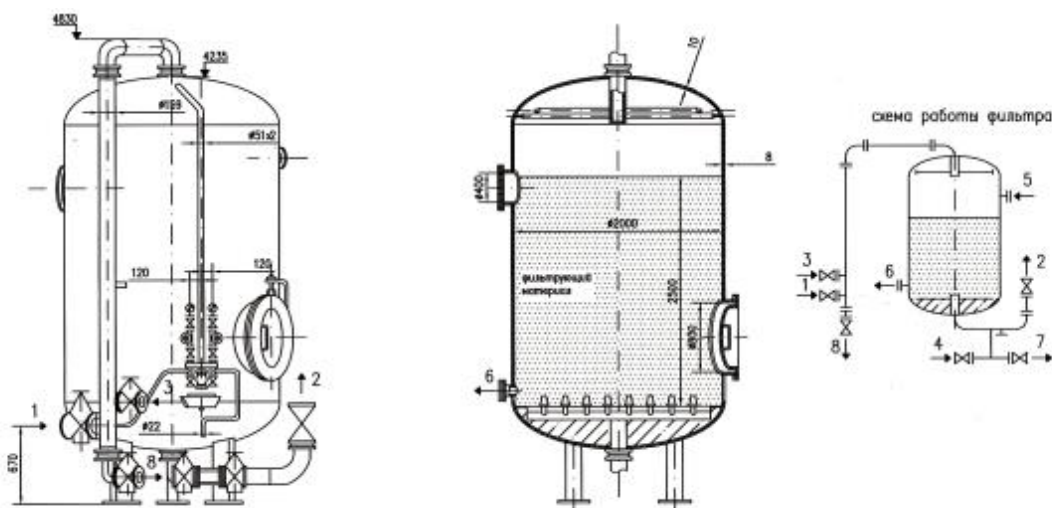


Рисунок 1.2.2.2 - Натрий- катионитный фильтр

1-подвод исходной и отмывочной воды; 2- отвод обработанной воды; 3- подвод регенерационного раствора; 4- подвод взрыхляющей воды; 5,6- гидрозагрузка фильтрующего материала; 7-отвод регенерационного раствора; 8- отвод взрыхляющей воды

Аппараты для обратного осмоса и ультрафильтрации бывают периодического и непрерывного действия. По способу расположения мембран аппараты делятся на аппараты типа «фильтр-пресс» с плоскокамерными фильтрующими элементами, аппараты с цилиндрическими и рулонными элементами и аппараты с мембранами в виде ПОЛЫХ ВОЛОКОН.

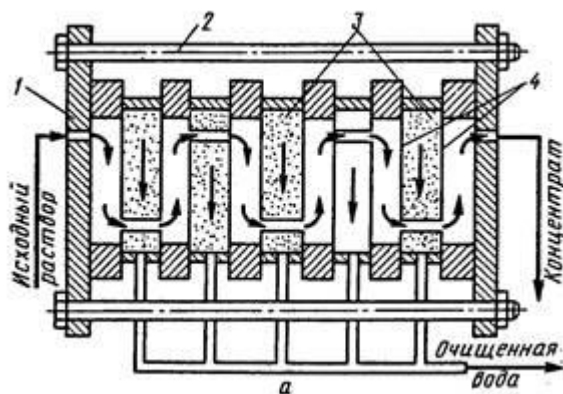


Рисунок 1.2.2.3 - Мембранный фильтр-пресс

1-плита; 2- стяжной болт; 3-подложка; 4- мембрана; 5- отверстие



Рисунок 1.2.2.4 - Мембранный фильтрующий элемент

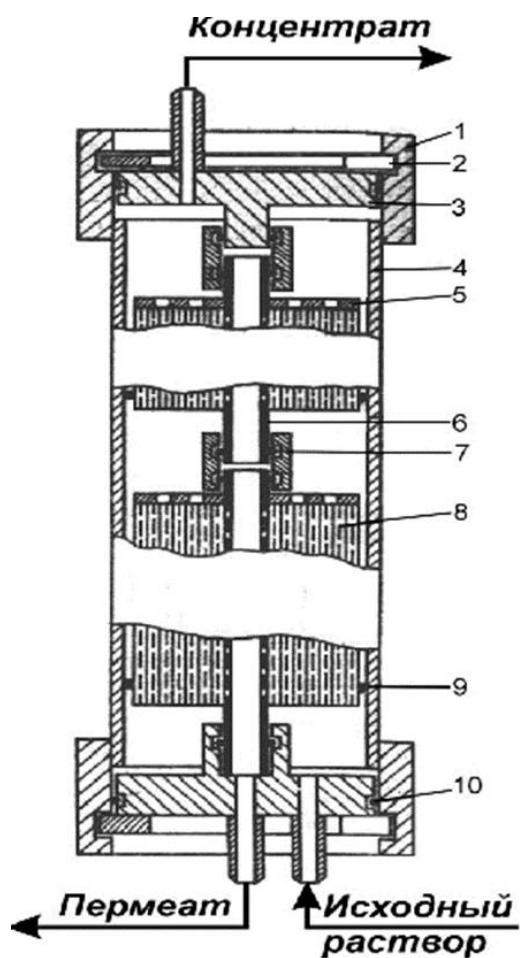


Рисунок 1.2.2.5 - Аппарат рулонного типа

1-накидное кольцо; 2- упорные кольца; 3- крышки; 4- корпус; 5- решетка; 6- пермеатотводящая трубка; 7- резиновые кольца; 8- рулонные модели; 9- резиновая манжетка; 10- резиновые кольца

1.3 Технологическое оформление установок водоподготовки

Состав системы водоподготовки определяется производительностью установки, качеством исходной воды и требованиям к очищенной воде, которые зависят от ее назначения.

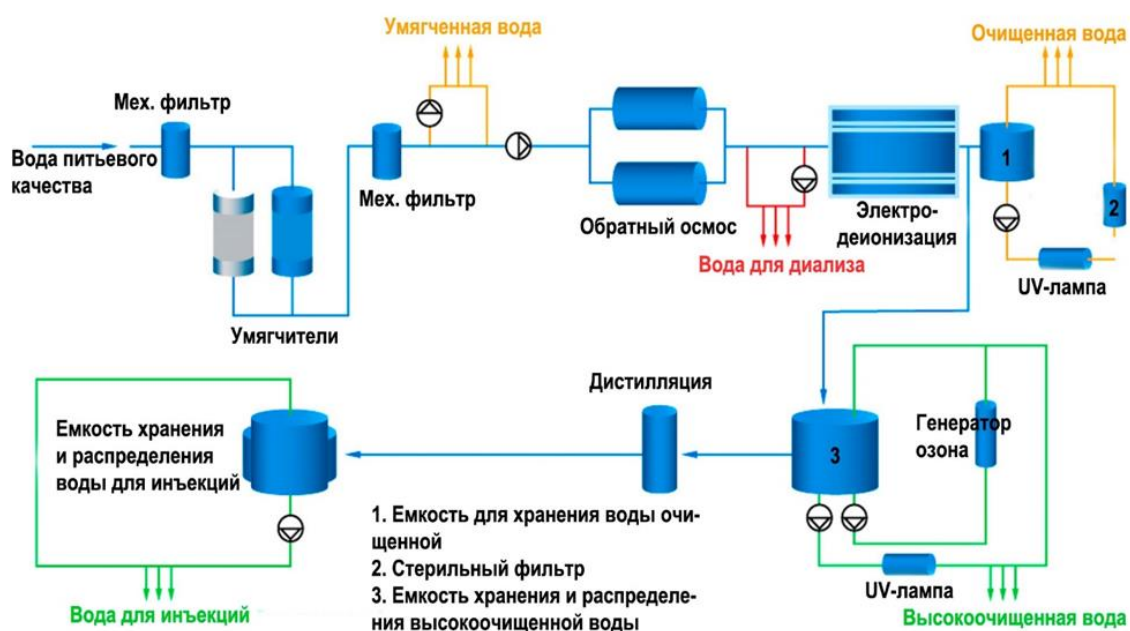


Рисунок 1.3.1 - Схема водоподготовки для получения воды для фармацевтических целей

К качеству воды для фармацевтических целей предъявляются очень высокие требования. Схема водоподготовки состоит из следующих стадий: подогрев и термостатирование, грубая фильтрация, умягчение, фильтрация через угольный фильтр, обратный осмос, электродеионизация, дистилляция. На стадиях хранения воды используются УФ – лампы и генераторы озона.

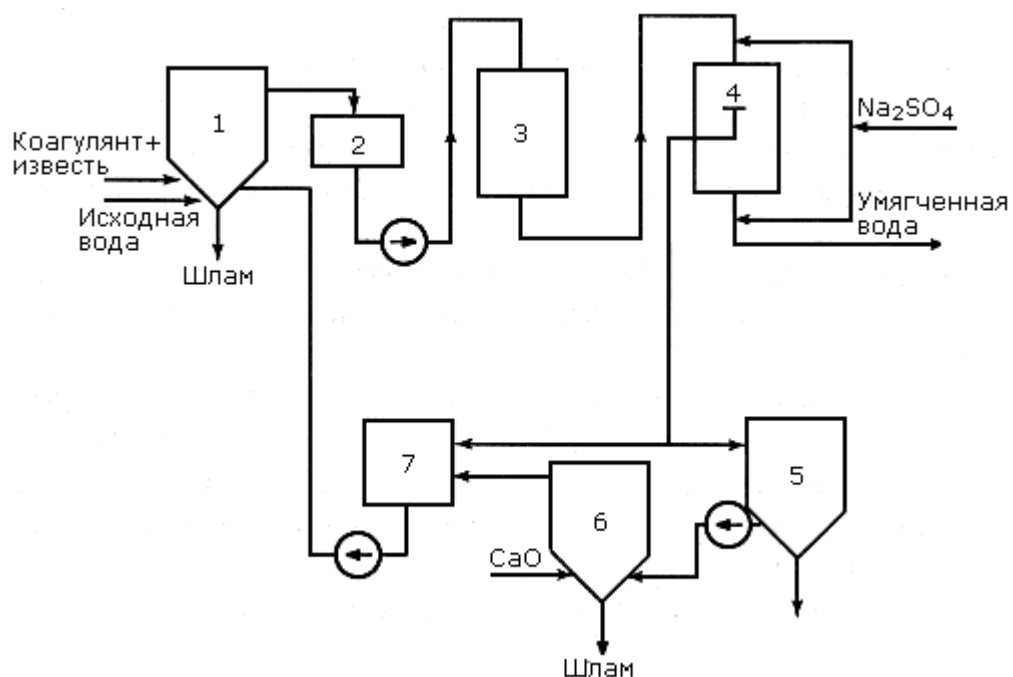


Рисунок 1.3.2 - Схема малосточного умягчения с известкованием и натрий-катионированием

1-осветлитель; 2- бак известкованной воды; 3- осветлительный фильтр; 4- двухпоточно-противоточный Na-катионитовый фильтр; 5- бак концентрированных регенерационных вод; 6- бак – кристаллизатор; 7 - бак умягченных регенерационных вод

Данная схема относится к числу малосточных ионитных водоподготовительных технологий, в которой регенерационные стоки умягчаются и используются повторно в качестве исходной воды. Исходная вода обрабатывается в осветлителе известью и коагулянт, Na – катионитовый фильтр регенерируется сульфатом натрия Na_2SO_4 . Регенерационные растворы разделяются на маломинерализованные и концентрированные воды. Маломинерализованные регенерационные воды – это взрыхляющие и отмывочные воды, они собираются в бак - 7, осредняются и направляются в осветлитель для совместной обработки с исходной водой.



Рисунок 1.3.3 - Установка обратного осмоса

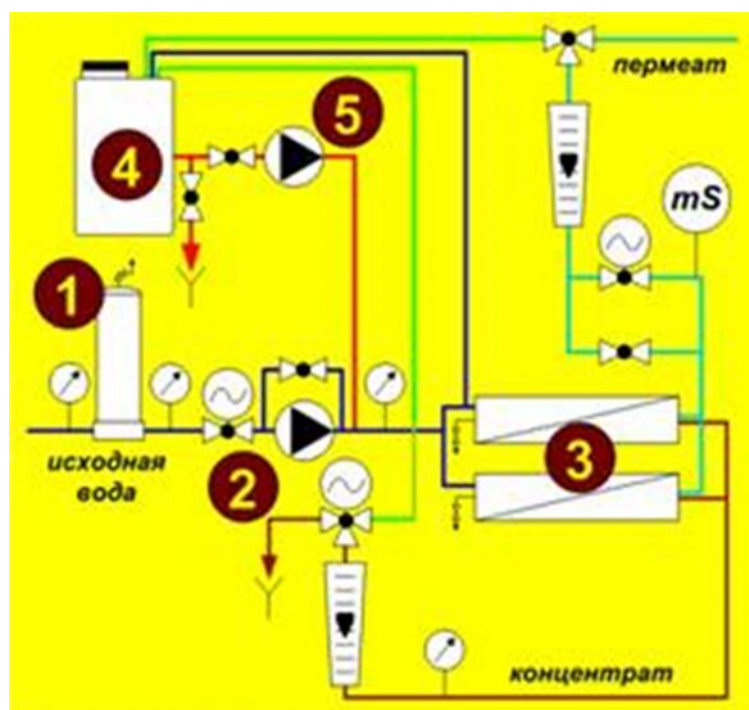


Рисунок 1.3.4 - Принципиальная технологическая схема установки
обратного осмоса

1-фильтр тонкой очистки; 2- насос высокого давления; 3- ОО-модули; 4-
емкость для химической промывки; 5- насос химической промывки

Суть процесса обратного осмоса заключается в фильтровании растворов под давлением, превышающем осмотическое, через полупроницаемые мембраны, пропускающие молекулы воды, но задерживающие молекулы или ионы растворенных низкомолекулярных веществ. Основные сферы применения установок обратного осмоса: получение воды повышенного качества, подготовка питьевой воды, концентрирование и фракционирование растворов, обработка сточных вод.



Рисунок 1.3.5 - Установка нанофильтрации воды

Установки нанофильтрации воды схожи с установками обратного осмоса и аналогичны по принципу работы. Различие заключается в характеристиках применяемых мембран. Обратноосмотические мембраны имеют размер пор до 1 нм и извлекают из воды 99% примесей. Мембраны для нанофильтрации характеризуются размером пор до 10 нм, обладают большей селективностью, способны удалять все бактерии и вирусы.

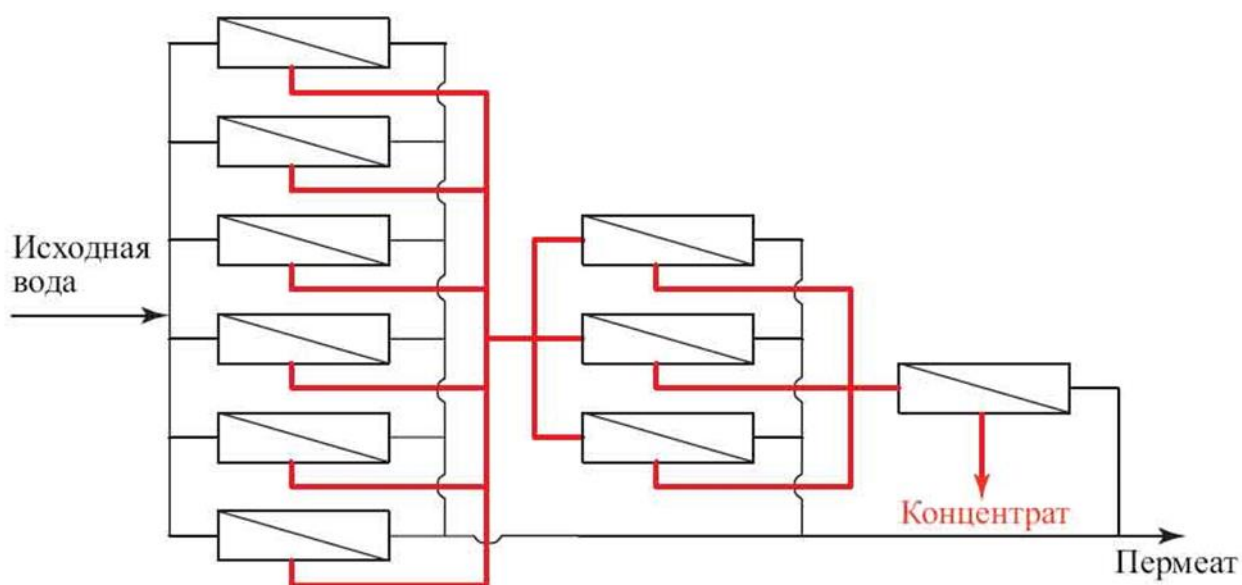


Рисунок 1.3.6 - Схема трехкаскадной установки обратного осмоса

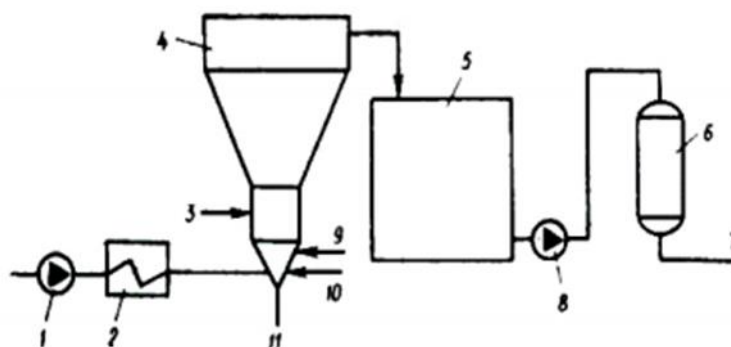


Рисунок 1.3.7 -Принципиальная схема коагуляции с известкованием

1,8-насосы; 2- подогреватель; 3,9- растворы флокулянта и коагулянта; 4- осветлитель; 5- промежуточный бак; 6- осветлительный фильтр; 7- осветленная вода; 10- известковое молоко; 11-дренаж

Анализ основного оборудования и схем водоподготовки показывает возможность проектирования установок водоподготовки, используя компоненты системы в различных сочетаниях, на принципиально новом технологическом уровне, отвечающем требованиям, предъявляемым к качеству воды.

2 Объекты и методы исследования

2.1 Общая характеристика установки водоподготовки

Узел водоподготовки входит в состав установки ректификации ароматических углеводородов производства мономеров и предназначена для получения обессоленной воды, которая используется для выработки пара высокого давления вспомогательной котельной и котлов-утилизаторов печей пиролиза бензина и этана производства мономеров.

Проектная производительность:

- 200 т/ч деминерализованной воды при условии, что обрабатывается только сырая вода;
- 320 т/ч деминерализованной воды, если обрабатываются только конденсаты;
- 450 т/ч деминерализованной воды для случая, когда обрабатываются все конденсаты и дополнительное количество сырой воды.

В состав установки входит:

- узел осветления речной воды;
- узел частичного обессоливания;
- узел обработки осадка;
- узел конденсатоочистки;
- реагентное отделение;
- узел полного обессоливания;
- узел нейтрализации стоков;
- баковое хозяйство;
- подземные коммуникации;
- эстакады

2.2 Инвентаризация выделяющихся загрязняющих веществ

Таблица 2.2.1 - Выбросы в атмосферу установки водоподготовки

Наименование выброса	Количество источников выброса	Суммарный объем отходящих газов, м ³ /ч	Суммарный объем отходящих газов, м ³ /год	Характеристика выбросов			
				Температура, °С	Состав выброса, г/м ³	ПДК вредных веществ	Допустимое количество нормируемых компонентов вредных веществ, сбрасываемых в атмосферу, кг/ч
Воздух от декарбонизатора	3	10000	8760000	18	CO ₂ – 1,83·10 ⁻³	-	1,83 кг/ч

Таблица 2.2.2 - Сточные воды установки водоподготовки

Наименование сброса	Место сбрасывания	Количество стоков, м ³ /сут.	Количество стоков, м ³ /год	Характеристика сброса		
				Содержание контролируемых вредных веществ в сбросах (по компонентам), мг/л	ПДК _в и ПДК _{рыб.хоз} сбрасываемых вредных веществ	Допустимое количество сбрасываемых вредных веществ, кг/сутки
Нейтрализованные стоки (продукт регенерации ионообменных фильтров)	Хим. загрязненная канализация (К-7)	1056	385440	Ca ⁺² Mg ⁺² Fe ⁺³ Na ⁺ SO ⁻² Cl ⁻¹ 6,5 < pH < 7,5	180 мг/дм ³ 40 мг/дм ³ 0,1 мг/дм ³ 120 мг/дм ³ 100 мг/дм ³ 300 мг/дм ³	665,4

Таблица 2.2.3 - Твердые отходы установки водоподготовки

Наименование отходов	Место складирования, транспорт, тара	Количество отходов, т/год	Характеристика отходов		
			Химический состав, влажность, %	Физические показатели, плотность, кг/м ³	Класс опасности отходов
Осадок от центрифугиро- вания шламовых вод	Вывозится в накопитель отходов	501	14% сухого вещества в результате продувок осветлителя: -взвешенные вещества, содержащиеся в исходной воде; - Al(OH) ₃ ; -органические вещества.	1500	IV

2.3 Описание технологической схемы

В связи с увеличением мощности производства мономеров появилась потребность в дополнительном количестве пара высокого давления, и как следствие, в увеличении расхода деминерализованной воды для выработки пара.

Проектная производительность установки – 250 м³/ч деминерализованной воды. Данная производительность обеспечит нужды производства обессоленной водой.

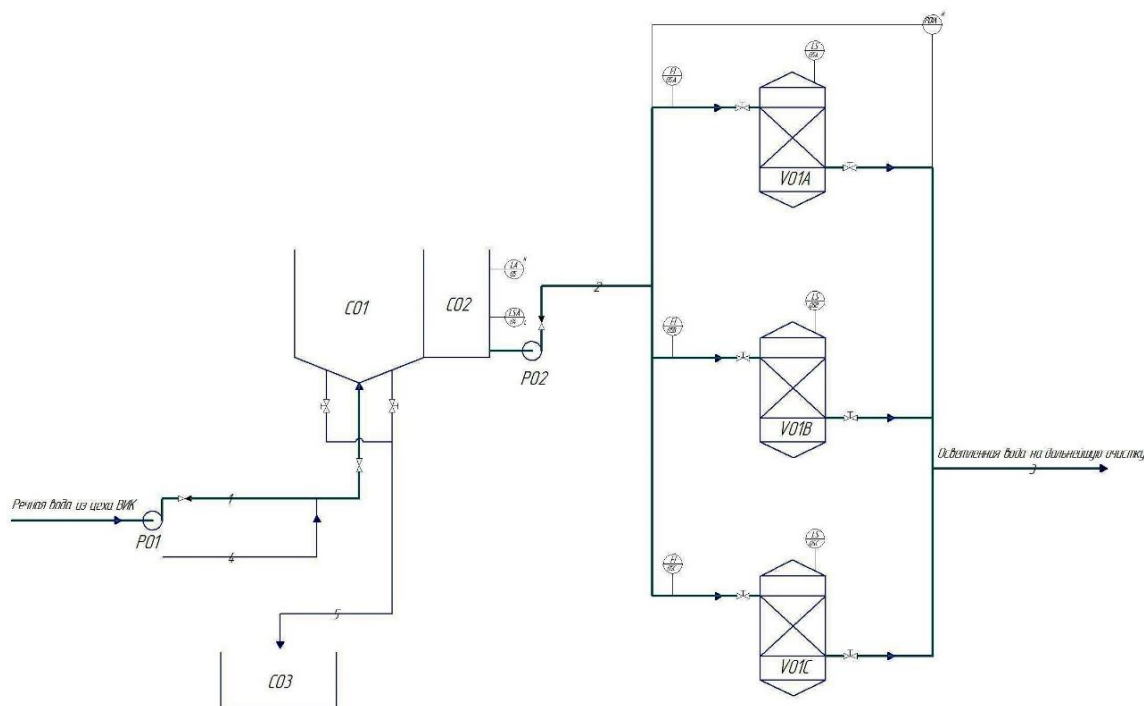


Рисунок 2.3 Принципиальная схема предварительной очистки воды

В качестве исходной воды используется вода реки Томь, прошедшая предварительную обработку в цехе ВИК. Насосом P01 вода подается на осветлитель. В трубопровод воды, перед подачей в камеру смешения осветлителя, производится дозировка сернокислого алюминия.

Осветлитель С01 представляет собой железобетонный резервуар с коническим днищем, в нижней части которого выполнен грязевик. Камера смешения располагается в центре осветлителя. Из камеры смешения исходная вода через распределительный цилиндр поступает в зону осветления, где в результате коагуляции происходит отделение осадка от осветленной воды. Осветленная вода собирается в кольцевом желобе и поступает в бассейн осветленной воды С02. С помощью непрерывно работающего скребкового механизма- моста осветлителя шламовый осадок собирается к центру осветлителя в грязевик. Удаление шлама производится самотеком через клапаны с отводом шлама в шламовую яму С03. Периодичность продувки определяется в процессе эксплуатации.

Обработанная в осветлителе вода из бассейна осветленной воды С02 насосом Р02 подается на механические фильтры. Уровень воды в емкости С02 поддерживается в пределах 20-80 %, при понижении уровня в С02 срабатывает блокировка LSA-04 на отключение насоса Р02.

Фильтры V01A,B,C, загружены двумя слоями фильтрующей загрузки: в нижнем слое находится кварцевый песок, высота слоя песка – 0,52 м, эффективный размер зерен – 0,55 мм. В верхнем слое находится антрацит, высота слоя – 0,74 м, эффективный размер зерен – 1,2 мм.

Конструктивно механический фильтр представляет собой цилиндрический сосуд, работающий под давлением. Фильтр состоит из корпуса, верхнего дренажно-распределительного устройства (ВДРУ), нижнего дренажно-распределительного устройства (НДРУ). ВДРУ выполнено в виде желоба, НДРУ - из щелевых колпачков ФЭЛ, навинченных на щит. Размер щелей не более 0,4 мм. Механический фильтр снабжен трубопроводами:

- подвода обрабатываемой воды;
- отвода обработанной воды;
- промывки;
- опорожнения фильтра;

Кроме того, каждый фильтр оборудован воздушником, расходомером обрабатываемой воды FI-05 и двумя люками (верхним и нижним), сигнализатором уровня поз.LS05.

Обрабатываемая вода поступает в фильтр через ВДРУ AV01 А,В,С и, проходя фильтрующий слой, освобождается от механических примесей. При этом в процессе работы происходит постепенное загрязнение фильтрующего слоя и, как следствие этого, возрастает сопротивление фильтра, снижается скорость фильтрования. Фильтр отключается на промывку для удаления загрязнений при перепаде давления. Перепад давлений между коллекторами на входе в работающие фильтры и выходе из них, замеряется прибором поз.PDIA, при достижении перепада более 0,06 МПа срабатывает звуковой сигнал.

Период от включения фильтра в работу до вывода его на промывку составляет фильтроцикл, продолжительность которого зависит, в основном, от загрязненности осветленной воды и скорости фильтраций. При нормальном режиме в работе находятся два фильтра, один фильтр в резерве или на промывке.

Работа механического фильтра складывается из периодического повторения двух стадий: промывки фильтрующих слоев и собственно работы фильтра.

Промывка фильтрующего материала производится осветленной водой с направлением потоков снизу-вверх.

Осветленная вода с показаниями мутности не более 0,5мг/л направляется на дальнейшую очистку на ионообменные фильтры.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе проведено определение ресурсной, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования проекта установки водоподготовки. Проведен функционально-стоимостный анализ, составлен бюджет эксплуатации оборудования, произведен расчет производственной мощности установки.

Продукт-обессоленная вода.

Целевой рынок-промышленные предприятия: химические, нефтехимические и гальванические производства, предприятия тепло-и электроэнергетики, медицина и фармакология.

5.1 FAST-анализ

Таблица 5.1.1 - Классификация функций, выполняемых механическим фильтром

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Механический фильтр		1.Обеспечивает очистку воды от мех. примесей	X		
ВДРУ	1	1.Предотвращает вынос фильтрующего слоя 2.Базовая деталь фильтра		X	

Продолжение таблицы 5.1.1

НДРУ	1	1.Обеспечивает равномерную подачу воды 2.Базовая деталь фильтра		X	
Труба	4	Базовая деталь фильтра		X	
Фланец	1	Служит для крепления крышки люка-лаза			X
Фланец	1	Служит для крепления тр-да входа			X
Фланец	1	Служит для крепления тр-да выхода			X
Фланец	1	Служит для крепления тр-да промывки			X

Таблица 5.1.2 - Матрица смежности

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	Функция 5	Функция 6	Функция 7
Функция 1	=	>	>	>	>	>	>
Функция 2	<	=	>	>	>	>	>
Функция 3	<	<	=	>	>	>	>
Функция 4	<	<	<	=	>	>	>
Функция 5	<	<	<	=	=	=	=
Функция 6	<	<	<	=	=	=	=
Функция 7	<	<	<	=	=	=	=

Таблица 5.1.3 - Матрица количественных соотношений функций

	Функ- ция1	Функ- ция2	Функ- ция3	Функ- ция4	Функ- ция5	Функ- ция6	Функ- ция7	Итого
Функция1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	10
Функция2	0,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	9
Функция3	0,5	0,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	8
Функция4	0,5	0,5	0,5	1	1,5	1,5	1,5	7
Функция5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	5,5
Функция6	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	5,5
Функция7	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	5,5

$\Sigma=50,5$

Определение значимости функций:

Для функция 1: $10/50,5= 0,2$

Для функция 2: $9,0/50,5=0,18$

Для функция 3: $8,0/50,5=0,16$

Для функция 4: $7,0/50,5=0,14$

Для функция 5: $5,5/50,5=0,11$

Для функция 6: $5,5/50,5=0,11$

Для функция 7: $5,5/50,5=0,11$

$\Sigma= 0,2+0,18+0,16+0,14+0,11+0,11+0,11=1$

Таблица 5.1.4 - Определение стоимости функций, выполняемых механическим фильтром

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоемкость детали, нормо-ч	Стоимость материала, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.
Механический фильтр		Обеспечивает очистку воды от механических примесей					
ВДРУ	1	1.Обеспечивает равномерную подачу воды 2.Базовая деталь фильтра	-	1,85	214,4	112,6	327
НДРУ	1	Предотвращает вынос фильтрующего слоя Базовая деталь фильтра	7,3	0,092	127,8	4,9	132,7
Труба	4	Базовая деталь фильтра	7,3	0,092	127,8	4,9	132,7
Фланец	1	Служит для крепления крышки люка-лаза	1,9	0,316	19,4	19,4	38,8
Фланец	1	Служит для крепления тр-да входа	1,9	0,316	19,4	19,4	38,8
Фланец	1	Служит для крепления тр-да выхода	1,9	0,316	19,4	19,4	38,8
Фланец	1	Служит для крепления тр-да промывки	1,9	0,316	19,4	19,4	38,8

Общие затраты на функции составляют:

Функция 1 -655,85; Функция 2,3-272,8; Функция 4,5,6,7,-79,8; $\Sigma=1903,7$

Относительные затраты каждой функции составляют:

Для функции 1- $655,85/1903,7=0,345$

Для функции 2,3 - $272,8/1903,7=0,15$

Для функции 4;5;6;7 - $79,8/1903,7=0,04$

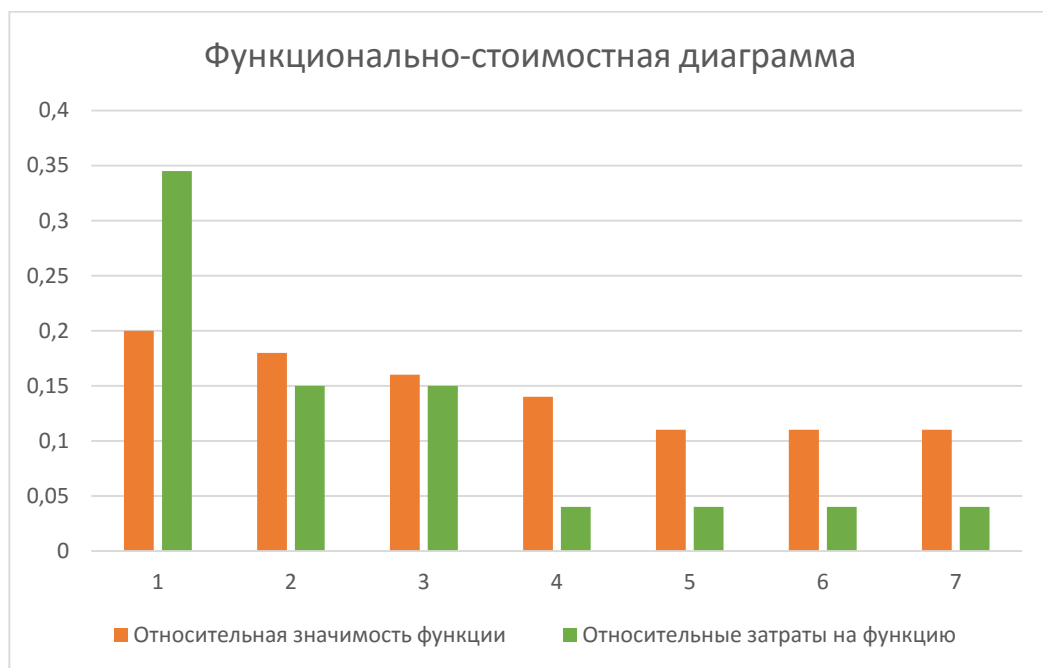


Рисунок 5.1- Функционально-стоимостная диаграмма

Анализ функционально- стоимостной диаграммы показывает наличие рассогласования по функции 1 между полезностью функции и тратами на нее.

Для оптимизации функции необходимо устранение функционального резерва за счет оптимизации технических параметров, параметров надежности, повышения ремонтпригодности с тем, чтобы уменьшить затраты, сохраняя уровень качества продукции.

5.2 Расчет производственной мощности

Годовая производственная мощность для непрерывного производства:

$$M = P_{\text{ТЕХН}} \cdot T_{\text{ЭФФ.Г}} \cdot n,$$

где: $P_{\text{ТЕХН}}$, – часовая производительность ведущего оборудования;

$T_{\text{ЭФФ.Г}}$ – эффективное время работы оборудования;

n – количество однотипного оборудования.

Часовая производительность составляет $P_{\text{час}} = 250 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Величина эффективного времени оборудования:

$$T_{\text{ЭФФ.Г}} = T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ППР}},$$

где: $T_{\text{КАЛ}}$ – календарный фонд работы оборудования;

$T_{\text{КАЛ}} = 365 \text{ дней} \times 24 \text{ часа} = 8760 \text{ часов}$;

$T_{\text{ППР}}$ – время на ремонтные простои;

$T_{\text{ППР}} = 24 \text{ дней} \times 24 \text{ часа} = 576 \text{ часов}$;

Таким образом:

$$T_{\text{ЭФФ.Г}} = 8760 - 576 = 8184 \text{ ч.}$$

Годовая производственная мощность:

$$M = 250 \cdot 8184 \cdot 1 = 2046 \text{ тыс. м}^3.$$

Коэффициент экстенсивности:

Он характеризуется использованием основного оборудования по времени:

$$K_{\text{ЭКСТ}} = \frac{T_{\text{ЭФФ.Г}}}{T_{\text{КАЛ}}} = \frac{8184}{8760} = 0,93$$

Коэффициент интенсивности:

Характеризует использование оборудования по производительности:

$$K_{\text{инт}} = \frac{P_{\text{факт}} \cdot K_p}{P_{\text{техн}} \cdot K_{\text{уст}}} = \frac{250 \cdot 1}{250 \cdot 1} = 1,$$

где: $P_{\text{ФАКТ}}$ - фактическая производительность, $P_{\text{ФАКТ}} = 250 \text{ м}^3/\text{ч}$.

$P_{\text{ТЕХН}}$ - техническая норма производительности, $P_{\text{ТЕХН}} = 250 \text{ м}^3/\text{ч}$.

K_p - количество работающего оборудования;

$K_{\text{УСТ}}$ - количество установленного оборудования.

Коэффициент мощности:

$$K_m = K_{\text{инт}} \cdot K_{\text{экс}} = 0,93 \cdot 1 = 0,93$$

Годовая программа выпуска:

$$N_{\text{год}} = M \cdot K_m,$$

где: K_m - коэффициент мощности, $K_m = 0,93$;

M - производственная мощность, $M = 2046 \text{ тыс.м}^3$.

$$N_{\text{год}} = 2046000 \text{ м}^3 \cdot 0,93 = 1902780 \text{ м}^3/\text{год}$$

Годовая программа выпуска обессоленной воды установкой составила $1902780 \text{ м}^3/\text{год}$. Заданный объем производства позволяет провести расчет бюджета эксплуатации установки: составить калькуляцию себестоимости на производство и реализацию 1 тонны продукции, определить затраты на сырье, вспомогательные материалы, энергозатраты, расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.

5.3 Составление бюджета эксплуатации механического фильтра

Расчет годового фонда заработной платы цехового персонала

Таблица 5.3.1 – Расчет численности персонала

Категория персонала	Норма обсл-ния, $N_{обс}$	Число смен в сутки, S	Число единиц обор-ния, n	Явочная чис-сть, $N_{яв}$	Эффект. время рабоче-го, $T_{эфф, час}$	Коэф-т пере-хода, $K_{пер}$	Спис-ная чис-ть, $N_{сп}$
Основные рабочие	1	2	3	1	1658	4,91	5
Вспом. рабочие	1	2	3	1	1658	4,91	5
Всего	2	2	3	2	1658	4,91	10

$K_{ПЕР}$ - коэффициент перехода от явочной численности к списочной.

$$K_{ПЕР} = \frac{T_{эфф.г}}{T_{эфф.р}} = \frac{8184}{1658} = 4,91$$

Списочная численность основных рабочих:

$$N_{СП} = K_{ПЕР} \cdot N_{ЯВ} = 4,91 \cdot 1 = 5 \text{ человек}$$

Количество выходных дней в году, ночных смен определяется из графика сменности:

Таблица 5.3.2 - График сменности (12 часовой)

Смена	Дни месяца																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
А	1	1	В	2	2	В	В	В	1	1	В	2	2	В	В	В	1	1	В	2	2	В	В	В	1	1	В	2	2	В	В
Б	В	В	1	1	В	2	2	В	В	В	1	1	В	2	2	В	В	В	1	1	В	2	2	В	В	В	1	1	В	2	2
В	2	В	В	В	1	1	В	2	2	В	В	В	1	1	В	2	2	В	В	В	1	1	В	2	2	В	В	В	1	1	В
Г	В	2	2	В	В	В	1	1	В	2	2	В	В	В	1	1	В	2	2	В	В	В	1	1	В	2	2	В	В	В	1

Продолжительность рабочих смен в сменобороте находим по следующей формуле:

$$T_{\text{раб.см}} = t_{\text{см}} - t_{\text{вых}},$$

где: $t_{\text{см}}$ - продолжительность рабочих смен в сменобороте $t_{\text{см}} = 31$ день;

$t_{\text{вых}}$ - количество выходных дней $t_{\text{см}} = 15$ дней.

$$T_{\text{раб.см}} = 31 - 15 = 16 \text{ дней}$$

Номинальный фонд рабочего времени:

$$T_{\text{раб}} = \frac{T_{\text{кал}} \cdot T_{\text{раб.см}}}{t_{\text{см}}} = \frac{365 \cdot 16}{31} = 188 \text{ дней}$$

Эффективное время работы персонала определяется из баланса рабочего времени [10].

Таблица 5.3.3 – Баланс эффективного рабочего времени одного среднесписочного работника

№ п/п	Показатели	Дни	Часы
1.	Календарный фонд рабочего времени	365	4380
2.	Нерабочие дни		
	• выходные	177	2124
	• праздничные	12	144
3.	Номинальный фонд рабочего времени	188	2256
4.	Планируемые невыходы		
	• очередные и дополнительные отпуска	40	480
	• невыходы по болезни	7	84
	• декретные отпуска	1	12
	• отпуск в связи с учебной без отрыва от производства	1	12
	• выполнение гос. обязанностей	1	12
5.	Эффективный фонд рабочего времени	138	1658

Один среднесписочный рабочий работает 12 часов в день согласно графику сменности по таблице 2, значит календарный фонд рабочего времени одного рабочего 4380 часов в год. Эффективный фонд рабочего времени среднесписочного рабочего согласно таблице 3 равен 1658 часов.

Расчет годового фонда заработной платы цехового персонала

1. Расчет тарифного фонда зарплаты:

$$З_{\text{тар}} = T_{\text{ст}} \cdot T_{\text{эфф}} \cdot N_{\text{сп}},$$

где $T_{\text{ст}}$ – тарифная ставка соответствующего разряда рабочего,

$N_{\text{сп}}$ – списочная численность персонала

$$З_{\text{тар}} = 140 \cdot 1658 \cdot 5 = 1160600 \text{ руб}$$

2. Расчет премиальных 20% от $З_{\text{тар}}$:

$$Д_{\text{прем}} = 1160600 \cdot 0,2 = 232120 \text{ руб}$$

3. Доплата за работу в ночную смену $Д_{\text{нв}}$ составляет 40% от $T_{\text{ст}} t_{\text{нв}}$.

Согласно графику сменности полный цикл месяца составляет 192 часа из них на ночные смены приходится 64 часа, следовательно, количество часов ночных смен в год составляет:

$$t_{\text{нв}} = 1658 \cdot \frac{64}{192} = 552 \text{ ч/в год}$$

$$Д_{\text{нв}} = T_{\text{ст}} \cdot t_{\text{нв}} \cdot Н_{\text{сп}} \cdot 1,4 = 140 \cdot 552 \cdot 5 \cdot 0,4 = 154560 \text{ руб.}$$

4. Доплата за работу в праздничные дни:

Официальных праздников в России – 12 дней (144ч)

$$Д_{\text{пр}} = T_{\text{пр}} \cdot T_{\text{ст}} \cdot Н_{\text{яв}} = 144 \cdot 140 \cdot 2 = 40320 \text{ руб}$$

5. Основная зарплата $З_{\text{осн}}$:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{тар}} + Д_{\text{прем}} + Д_{\text{нв}} + Д_{\text{пр}}$$

$$З_{\text{осн}} = 1160600 + 232120 + 154560 + 40320 = 1587600 \text{ руб}$$

6. Дополнительная зарплата $З_{\text{доп}}$:

$$З_{\text{доп}} = \frac{Д_{\text{н}} \cdot З_{\text{осн}}}{T_{\text{эфф}}},$$

Где $Д_{\text{н}}$ – количество дней невыхода на работу по планируемым причинам (отпуск, ученические, гособязанности)

$$З_{\text{доп}} = \frac{50 \cdot 1587600}{1658} = 47877 \text{ руб}$$

С учетом районного коэффициента для города Томска 30%, начисления на зарплату составят:

$$(З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \cdot 0,3 = (1587600 + 47877) \cdot 0,3 = 490643 \text{ руб}$$

Годовой фонд заработной платы составит:

$$\Phi З П_{\text{год}} = 1587600 + 47877 + 490643 = 2126120 \text{ руб}$$

Таблица 5.3.4 - Калькуляция себестоимости 1 тонны продукции

№ п/п	Наименование статей расхода	Ед. изм.	Цена за ед. руб.	Расходы в нат. единицах		Затраты, тыс. руб.	
				На 1 тонну	На N _{год}	На 1 тонну	На N _{год}
1.	Сырье и основные материалы: речная вода	м ³	-	1,2	2283336	-	-
2.	Вспомогательные материалы: реагент сульфат Al	кг	28	0,043	81819	0,0012	2290,9
3.	Электроэнергия на технологические цели	кВт/ч	0,9	11600	2,2*10 ¹⁰	0,006	10986,5
4.	Заработная плата основных рабочих	руб	—	—	—	0,0011	2126,12
5.	Отчисления на соц. нужды, 27,1%	руб				0,0003	576,17
6.	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования (РСЭО)						
6.1	Амортизация активной части основных фондов (АЧОФ), 10%	руб				0,005	9650
6.2	Затраты на ремонт АЧОФ	руб				0,001	2070
6.3	Заработная плата вспомогательных рабочих	руб				0,0011	2126,12
6.4	Отчисления на соц. нужды, 27,1%	руб				0,0003	576,17
7.	Накладные расходы						
7.1	Заработная плата ИТР	руб				0,0006	1160,0
7.2	Отчисления на соц. нужды 27,1%	руб				0,00016	314,36
7.3	Амортизация здания Цеха, 5%	руб				0,00018	350
7.4	Эксплуатационные расходы, 30%	руб				0,003	6225,6

Вывод: был проведен FAST-анализ объекта исследования, который показал наличие рассогласования по функциям 1 и 2 между полезностью функций и тратами на них. Для оптимизации функций необходимо устранение функционального резерва за счет оптимизации технических параметров, параметров надежности, повышения ремонтпригодности с тем, чтобы уменьшить затраты, сохраняя уровень качества продукции.

Проведен подсчет бюджета эксплуатации объекта, он составил 20751,98 тыс. рублей. Наибольший объем затрат приходится на статью: электроэнергия на технологические цели.