

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**  
**ХІМІКО - ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
Кафедра технології неорганічних речовин, водоочищення  
та загальної хімічної технології

«На правах рукопису»  
УДК 628: 546.05

До захисту допущено:  
В.о. Завідувача кафедри  
\_\_\_\_\_ Наталія  
ТОЛСТОПАЛОВА  
«\_\_» грудень 2020 р.

**Магістерська дисертація**  
**на здобуття ступеня магістра**  
**за освітньо-професійною програмою «Хімічні технології неорганічних**  
**речовин та водоочищення»**  
**зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»**  
**на тему: «Відділення підготовки знесоленої води»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) 2 курсу, групи ХН-з91мп

Мальцева Дар'я Владиславівна \_\_\_\_\_

Керівник:

Доцент, к. т. н,

Косогіна Ірина Володимирівна \_\_\_\_\_

Консультант з економіко-організаційних рішень:

Доцент, к.е.н

Тюленєва Юлія Валеріївна \_\_\_\_\_

Консультант з охорони праці:

Доцент каф. , к.т.н

Полукаров Юрій Олексійович \_\_\_\_\_

Консультант з автоматичного контролю та регулювання:

асистент

Хібеба Микола Григорович \_\_\_\_\_

Рецензент:

Доцент каф. ТЕХВ, к.т.н., доцент

Букет Олександр Іванович \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студентка \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**ХІМІКО - ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
Кафедра технології неорганічних речовин, водоочищення  
та загальної хімічної технології

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 161 «Хімічні технології та інженерія»

Освітньо-професійна програма «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Наталія ТОЛСТОПАЛОВА

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**  
**Мальцева Дар'я Владиславівна**

1. Тема дисертації «Відділення підготовки знесоленої води», науковий керівник дисертації Косогіна Ірина Володимирівна, к.т.н, затверджені наказом по університету від «17» листопада 2020 р. №3332-с

2. Термін подання студентом дисертації 10 грудня 2020р.

3. Об'єкт дослідження \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. Вихідні дані \_\_\_\_\_

5. Перелік завдань, які потрібно розробити  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу  
\_\_\_\_\_

7. Орієнтовний перелік публікацій \_\_\_\_\_

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економіко-організаційні рішення	Тюленєва Ю. В., доцент		
Охорона праці	Полукаров Ю.О., доцент		
Автоматичний контроль та регулювання	Хібеба М.Г.		

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка

Студент

Мальцева Д. В.

Науковий керівник

Косогіна І. В.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗМІСТ

1 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ І ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА .....	6
1.1 Основні методи знесолення води .....	6
1.1.1 Знесолення води дистиляцією .....	6
1.1.2 Знесолення води іонним обміном .....	7
1.1.4 Знесолення води зворотнім осмосом .....	9
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ .....	13
3 ХАРАКТЕРИСТИКА І ОБГРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА. ХІМІЗМ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ОБГРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ .....	15
3.1 Фізико – хімічні основи знесолення води зворотним осмосом .....	15
3.2 Обґрунтування знесолення води методом зворотного осмосу .....	19
4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА.....	24
5 РОЗРАХУНОК УСТАНОВКИ ЗВОРОТНОГО ОСМОСУ .....	26
6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ .....	27
6.1 Розрахунок Н-катіонітового фільтра .....	27
6.2 Розрахунок ОН-аніонітового фільтра .....	30
6.3 Розрахунок мембрани. Розрахунок та вибір апарату для першого ступеня зворотного осмосу. ....	33
6.4 Збірник розчину соляної кислоти.....	34
6.5 Збірник розчину натрію гідроксиду.....	35
7 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА .....	36
7.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації.....	36
7.2 Опис розробленої схеми автоматизації процесу .....	37
8. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТЕХНОЛОГІЇ .....	40

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ.....	43
9.1 Загальні характеристики розробки. Резюме стартапу.....	43
9.2 Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу .....	46
9.3 Визначення ключових факторів успіху проекту .....	50
9.4 Визначення потенційних споживачів .....	51
9.5 Методика ціноутворення стартапу.....	53
9.6 Ризики розробки та методи управління ними.....	57
9.7 Підсумок до представленого стартапу .....	58
10 ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ.....	60
10.1 Компонування устаткування цеху .....	60
10.1.1 Розміщення устаткування в будівлі цеху .....	60
10.2 Характеристика підйомно-транспортного устаткування .....	67
10.3 Конструктивне рішення будівлі і її елементів .....	68
10.4 Генеральний план виробництва .....	72
11. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	77
11.1. Охорона праці.....	77
11.1.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектуваному об'єкті. Заходи охорони праці. ....	77
11.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях .....	83
11.2.1. Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання	83
11.2.2. Пожежна безпека .....	85
11.2.3. Аналіз небезпеки об'єкта .....	87
ВИСНОВКИ.....	89
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	91

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ І ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

## 1.1 Основні методи знесолення води

Під знесоленням води розуміють процес зниження вмісту розчинених солей. До основних методів знесолення води відносять: дистиляцію, іонний обмін, електродіаліз та зворотній осмос.

### 1.1.1 Знесолення води дистиляцією

Найстаріший метод отримання знесоленої води й до цього часу використовується для часткового або повного знесолення води з підвищеним прожареним залишком. Дистиляцію полягає у випаровуванні води з подальшою конденсацією пари.

В дистилятор безперервно подається вода, яка нагрівається в котлі до кипіння. Первинна гостра пара з котла подається в змішувик, де конденсується з утворення практично знесоленої води. За рахунок теплоти, відданої первинною парою при конденсації, утворюється вторинна пара з води, що знесолюється. Ця вторинна пара подається в конденсатор випарної установки, конденсується і зливається в загальний збірник знесоленої води. Зі збірника вода насосом подається за призначенням. Отриманий дистилят може розбавлятися вихідною водою до отримання заданого значення прожареного залишку.

Відомий метод безповерхневого випаровування, що виключає можливість відкладення накипу на поверхні теплопередачі від гріючого агента до випаровуваної солоної води. Суть роботи такої установки полягає в наступному. У камеру згоряння за допомогою форсунок впорскується рідке паливо і солоня вода. Теплота, що виділяється при згорянні палива, витрачається на випаровування води. Вся парогазова суміш разом зі зваженими частинками продуктів згоряння і домішками, що не випарувалися подається в електрофільтр. На електрофільтрі осаджуються всі домішки, що містяться в парі, солі, а також сажа та інші продукти згоряння палива. Пройшовши

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електрофільтр, очищена парогазова суміш надходить в конденсатор, де перетворюється в дистилат. Такий метод дозволяє проводити знесолення води з високим ступенем мінералізації. Однак цей метод характеризується високими капітальними і експлуатаційними витратами.

### 1.1.2 Знесолення води іонним обміном

Іонообмінні процеси застосовують для пом'якшення, опріснення і знесолення води, очищення природних вод та різних розчинів, вловлювання і концентрування цінних металів із розбавлених водних розчинів, розділення суміші речовин у розчині, вловлювання і концентрування радіоактивних йонів, коригування мінерального складу очищених природних вод у системах оборотного водопостачання тощо. Здебільшого іонообмінні процеси використовують для опріснення і знесолення природних або стічних вод із загальним солевмістом до 3 г/дм<sup>3</sup> [1].

Суть процесу іонного обміну базується на здатності іонообмінних матеріалів або іонітів поглинати з розчину електроліту катіони та/або аніони в обмін на еквівалентну кількість іонів іоніту.

Іонітове знесолення води проводиться за допомогою фільтрів, завантажених гранулами катіонітів або аніонітів. Катіоніти знесолюють воду в результаті обміну Н-іонів катіоніту на Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>-іони, що містяться у воді. Розрізняють Н-катіоніти (сульфовугілля) і Na-катіоніти. Н-катіоніт працює у відповідності з рівнянням:



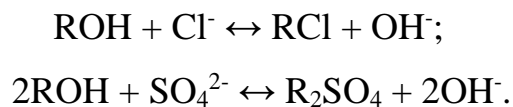
Na-катіоніти призначені для пом'якшення води у відповідності з рівнянням:



Н-катіоніт піддається регенерації промиванням кислотою, Na-катіоніт – розчином хлориду натрію.

Аніоніти знесолюють воду в результаті обміну OH<sup>-</sup> іонів аніоніту на SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup> іони, що містяться у воді у відповідності з рівнянням:

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Аніоніти регенерують шляхом промивання розчином лугу.

Швидкість іонного обміну залежить від дифузії катіонів до поверхні поділу катіоніт-вода і визначається структурою катіоніту. При компактній структурі катіоніту обмін відбувається швидко та в основному на зовнішній поверхні – екстарміцелярний обмін, але при цьому не повністю використовується сорбційна ємність катіоніту.

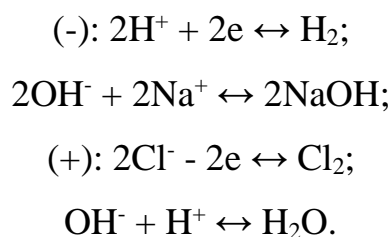
У випадку пористої структури катіоніту, коли розміри капілярних каналів більші за діаметр гідратованих іонів, обмін здійснюється на внутрішній поверхні – інтерміцелярний обмін. Швидкість його є дещо меншою, проте обмінна ємність катіоніту при цьому більша.

### 1.1.3 Знесолення води електродіалізом

Суть електрохімічного знесолення води електродіалізом полягає в тому, що в електричному полі, створюваному при пропусканні постійного струму через шар води, відбувається перенесення іонів розчинених у воді солей, при чому катіони солей рухаються до катоду установки, а аніони солей - до анода установки.

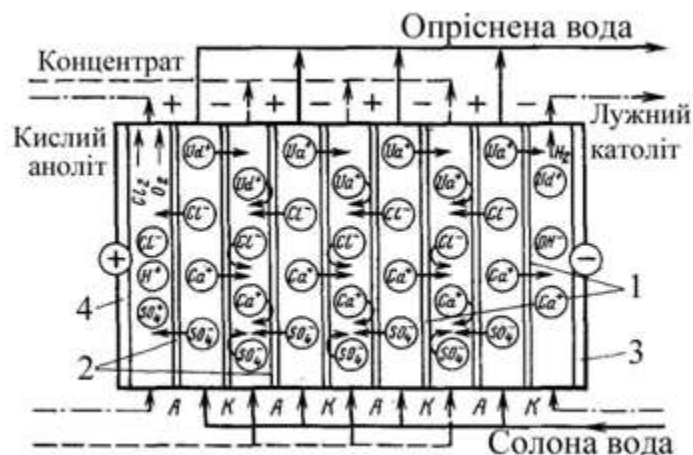
Простір між анодом і катодом, за допомогою діафрагм розділений на камери (рис. 1.1); в середній камері знаходиться знесолена вода. Під дією постійного струму в анодну камеру переходять аніони (наприклад  $\text{Cl}^-$ ), а в катодну – катіони ( $\text{Na}^+$ ), і вода(або розчин), що перебуває у середній камері таким чином знесолюється. Крім аніонів розчинених у воді солей в перенесенні електричного струму беруть також участь дисоційовані іони води  $\text{H}^+$  і  $\text{OH}^-$ .

У процесі електролізу іони розряджаються на електродах:



						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





1, 2 – іонселективні катіонітові й аніонітові мембрани; 3 – катод; 4 – анод

Рисунок 1.1 – Схема багатокамерного  
електродіалізного апарата [2].

Газоподібний водень і хлор є побічними продуктами знесолення води електродіалізом. Це продукти високого ступеня чистоти (понад 99,8%) і можуть бути реалізовані як товарні продукти. Розчин луку (NaOH), отриманий в катодному просторі також є товарним продуктом.

Внаслідок великої витрати електроенергії метод електрохімічного знесолення води довгий час не отримував широкого застосування, тому що вартість такого знесолення була вищою, ніж при інших методах. В останні роки вдалося значно підвищити ефективність та економічність знесолення води електродіалізом. Це досягнуто завдяки впровадженню спеціальних електрохімічних активних діафрагм, які відрізняються від зазвичай застосовуваних тим, що володіють селективністю іонопровідності, тобто здатні пропускати через себе або аніони, або катіони. Наявність іонітових діафрагм не дає можливості іонам  $H^+$  і  $OH^-$  потрапляти в середню камеру, а також виключає зустрічний рух іонів з электродних камер.

#### 1.1.4 Знесолення води зворотнім осмосом

Метод зворотного осмосу заснований на наступному явищі. Якщо в посудині між прісною і солоною водою помістити напівпроникну перегородку, здатну пропускати воду і затримувати гідратовані іони розчинних у воді солей, то можна спостерігати, як прісна вода починає надходити у відсік з солоною

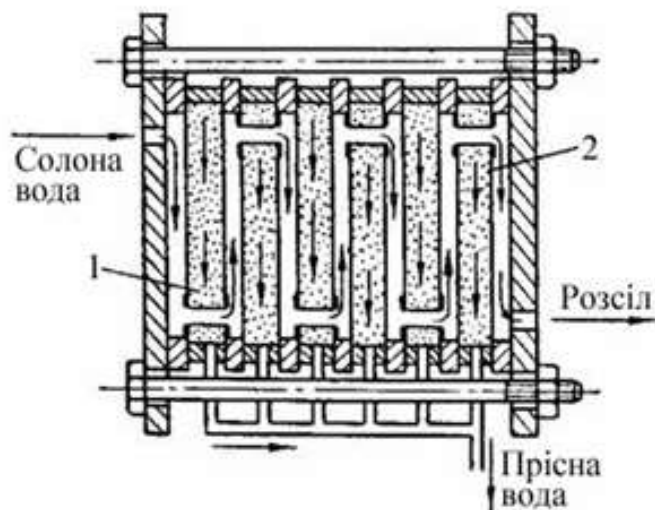
						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

водою. Перетікання чистої води відбувається внаслідок різниці концентрації рідини по обидва боки перегородки. Через деякий час рівень прісної води стане помітно нижче рівня солоного розчину. Різниця рівнів після встановленої рівноваги характеризує осмотичний тиск розчиненої речовини. Процес мимовільного перетікання менш концентрованого розчину в більш концентрований через напівпроникну перегородку називають осмосом. Якщо створювати в солоному розчині тиск, що перевищує осмотичний, то це спричинить перетікання молекул прісної води в напрямку, зворотному її природному руху, тобто вода з розчину починає перетікати через перегородку в прісну воду. Такий процес відомий під назвою зворотного осмосу. Таким чином, опріснення солоної води методом зворотного осмосу ґрунтується якраз на процесі перетікання молекул чистої води з розчину при створенні тиску, що перевищує осмотичний, в напрямку від розчину до прісної води через напівпроникну перегородку.

Напівпроникна перегородка вибирається з таким розрахунком, щоб через її пори могли проходити молекули води, але не могли проходити іони солей, розчинених у воді. Оскільки іони солей в розмірі приблизно в 1,5 рази більше, ніж молекули води, то це здійснити (в технічному сенсі) цілком можливо. Так як молекули води здатні протікати через пори, занадто вузькі для проходження іонів солей, то це явище називається ще й гіперфільтрацією. Тому в літературі метод опріснення води зворотним осмосом деякі дослідники називають методом опріснення води гіперфільтрацією.

Установки такого типу (рис. 2.1) можуть бути виконані у вигляді металевих плит, стягуючих пакети пластин з пористої бронзи, по обидва боки яких розташовані напівпроникні перегородки – мембрани. Солона вода подається під тиском порядку 10,0 МПа в простір між двома мембранами. Пористі бронзові плити витримують величезний тиск і одночасно служать дренажною системою, через яку проходить прісна вода.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – пористі пластини; 2 - мембрани

Рисунок 1.2 – Схема зворотньоосмотичного апарату з плоскокамерними елементами [2].

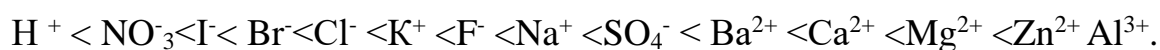
Зворотний осмос якісно відрізняється від відомого в практиці водопідготовки та хімічної технології процесу фільтрування. При фільтруванні природних і стічних вод, що представляють собою гетерогенні системи, зазвичай необхідно затримувати зважені частки різного ступеня дисперсності (діаметром не менше 10 нм). Зворотно-осмотичній обробці піддаються в основному гомогенні системи – істинні розчини, в яких речовина, що затримується, представлена у вигляді молекул та іонів. Ця характерна особливість обумовлюється відмінностями як за типом фільтруючих середовищ, так і за величиною тисків, під дією яких протікають процеси. Величина пор в зворотньоосмотичних мембранах значно менше, ніж в середовищах, використаних для фільтрування, що обумовлює значні втрати напору при продавлюванні навіть дистильованої води. При продавлюванні розчину через напівпроникні мембрани виникає (практично відсутня при фільтруванні) додаткова протидіюча сила – різниця осмотичних тисків вихідного розчину і фільтрату, величина якої може бути порівнянна з величиною робочого тиску, що діє на вихідний розчин.

Принципова відмінність процесів фільтрування та зворотного осмосу полягає також у тому, що в першому процесі частинки, що видаляються з води

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залишаються або на поверхні, або в об'ємі фільтруючого середовища, який або періодично міняють (наприклад, патронні і наливні фільтри), або очищають зворотним промиванням (наприклад, освітлювальні фільтри). На противагу цьому затримувані речовини в ідеалі не повинні сорбуватися ні на поверхні, ні в об'ємі зворотно-осмотичних мембран. Так як сорбція (утримування) розчиненої речовини мембранами практично відсутня, необхідно постійне її видалення від поверхні мембран, в іншому випадку на поверхні мембран відбуватиметься його накопичування, яке супроводжується підвищенням осмотичного тиску розчину. У випадку ідеальної напівпроникності мембран при досягненні осмотичним тиском величини, рівної прикладеному гідростатичного тиску, рушійна сила процесу стане рівною нулю, і процес проходження розчинника припиниться. При неповному затриманні розчиненої речовини мембраною – її кількість біля поверхні збільшиться і призведе до збільшення її проникнення в фільтрат. Зростання концентрації розчиненої речовини біля поверхні мембран припиниться в цьому випадку при досягненні рівності сольових потоків, спрямованих до мембрани і від неї. Таким чином, якщо розчинена речовина від поверхні неідеальної напівпроникної мембрани не відводиться, то процес продавлювання розчину не припиниться, однак, концентрація розчинених речовин в фільтраті стане рівною їх концентрації у вихідному розчині.

Іони в порядку збільшення затримання розташовуються в ряд, співпадаючий в основному із рядом збільшення енергії гідратації:



Збільшення затримання одновалентних іонів з багатокомпонентних розчинів, в порівнянні з їх затриманням із бінарних розчинів, добре відомо в практиці зворотного осмосу. Це явище, яке має велике практичне значення, простежено не тільки на плоских мембранах, але і на мембранах, виготовлених у вигляді порожнистих волокон.

Значною перевагою зворотного осмосу є низькі питомі витрати енергії (у 8-10 разів менші порівняно з дистиляцією)

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ

Продукцією відділення знесоленої води є знесолена вода, сольовий концентрат, регенераційні води. Характеристика знесоленої води наведена в таблиці 2.1

Сировина – вода питна (водопровідна).

Допоміжні матеріали: натрію гідроксид, соляна кислота (32%), каіоніт КУ-2-8, аніоніт АН-31.

Таблиця 2.1 - Характеристика знесоленої води

Найменування сировини, напівпродуктів, матеріалів та готової продукції	Стандарти або технічні умови	Показники, обов'язкові до контролю	Регламентовані показники з допустимими відхиленнями
Вода демінералізована		Окиснюваність	< 1 мгО <sub>2</sub> /л
		Хлориди (в перерахунку на Cl <sup>-</sup> )	< 0,5 мкг/л
		Твердість загальна	< 0,01 мг-екв/л
		Каламутність	< 0,1 мг/л
		Питома електропровідність	< 20 мкСм/см

Для пом'якшення води використовують іонобмінні матеріали у вигляді катіонітів. Н-катіонітові фільтри завантажені сильнокислотним катіонітом КУ-2-8.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сильнокислотний катіоніт КУ-2-8 (ГОСТ 20298-74) отримують сульфуванням сополімеру стирола з 8% диметилбензолом. Він має гелеву структуру, монофункціональний. Катіоніт характеризується високою хімічною стійкістю в розбавлених розчинах лугів, кислот, деяких окисників та органічних розчинників. Основні властивості катіоніту наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Властивості катіоніту КУ-2-8 [2]

Показники	Значення
гранулометричний склад:	
розмір зерен, мм	0,315-1,25
вміст робочої фракції, %	94-96
ефективний розмір зерен, мм, не більше	0,5
коефіцієнт однорідності, не більше	1,6-1,7
Вміст води, %	50-60
Питомий об'єм, см <sup>3</sup> /г, не більше	
Н – форма	2,9
Na – форма	-
Повна статична об'ємна ємність, мг-екв/мл, не менше	1,7
Окислюваність фільтрату в перерахунку на O <sub>2</sub> , мг/г, не більше	0,3
Осмотична стабільність, %, не менше	85-90

Для регенерації катіонітів використовують розчин соляної кислоти [2]. Вміст HCl у ній складає 32%.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

### 3 ХАРАКТЕРИСТИКА І ОБГРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА. ХІМІЗМ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ОБГРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ

#### 3.1 Фізико – хімічні основи знесолення води зворотним осмосом

Зворотний осмос — це процес фільтрування розчинів під тиском крізь напівпроникні мембрани, які пропускають розчинник (воду) і повністю або частково затримують молекули чи йони розчинених речовин. В основі цього мембранного процесу лежить явище осмосу – самовільного проникнення розчинника крізь напівпроникну мембрану в розчин (рисунок 3.1, а). Гідростатичний тиск, за якого встановлюється динамічна рівновага потоку розчинника крізь мембрану, відповідає осмотичному тиску розчину даної концентрації (рисунок 3.1, б). Якщо ж з боку розчину прикласти тиск, який перевищує осмотичний (рисунок 3.1, в), то розчинник буде переноситись у зворотному напрямку, що відображено в назві процесу – зворотний осмос.

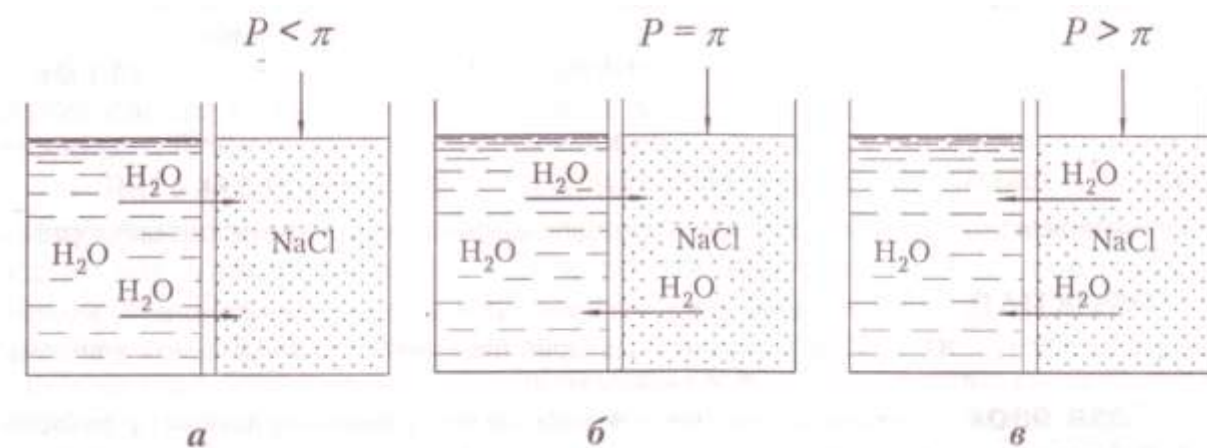


Рисунок 3. 1 – Схема виникнення зворотного осмосу.

Рухливу силу процесу зворотного осмосу — різницю робочих тисків з обох боків мембрани (у разі ідеально напівпроникної мембрани коефіцієнт відбиття дорівнює 1) можна визначити за формулою[1]:

$$\Delta P = P - \pi_l, \quad (3.1)$$

де  $P$  — надлишковий робочий тиск над вихідним розчином;  $\pi_l$  — осмотичний тиск розчину.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки реальні мембрани не мають ідеальної напівпроникності, то крізь мембрану проникає деяка кількість розчиненої речовини, а отже, виникає осмотичний тиск фільтрату. У цьому разі рушійну силу процесу зворотного осмосу визначають за формулою:

$$\Delta P = P - (\pi_1 - \pi_2) = P - \Delta\pi, \quad (3.2)$$

де  $\pi_2$  – осмотичний тиск фільтрату, який проник крізь мембрану.

Для обчислення осмотичного тиску розчину в першому наближенні можна скористатись рівнянням стану ідеального газу (рівняння Вант-Гоффа):

$$\pi = cRT, \quad (3.3)$$

де  $c$  – молярна частка розчинної речовини;  $R$  — універсальна газова стала;  $T$  – абсолютна температура розчину, К.

Однак для багатьох розчинів, зокрема для електролітів, обчислення осмотичного тиску за рівнянням Вант-Гоффа призводить до значних похибок, тому в це рівняння вводять поправкові коефіцієнти:

$$\pi = icRT, \quad (3.4)$$

де  $i = 1 + a'$  – коефіцієнт Вант-Гоффа;  $a'$  — ступінь дисоціації розчиненої речовини.

Для сильних електролітів, які повністю дисоціюють на йони, осмотичний тиск розчину визначають за формулою:

$$\pi = v\Phi RTc, \quad (3.5)$$

де  $v$  — число йонів, що утворюються внаслідок дисоціації однієї молекули електроліту;  $\Phi$  — фактичний осмотичний коефіцієнт, що визначається як:

$$i = v\Phi. \quad (3.6)$$

Осмотичний тиск реальних розчинів може досягати десятків мегапаскалів. Робочий тиск у зворотно-осмотичному процесі повинен бути значно більшим, ніж прямого осмосу, оскільки потужність процесу визначається різницею між робочим і осмотичним тисками. Так, для опріснення морської води, що містить 3,5 % солей і має осмотичний тиск 2,45 МПа, робочий тиск у зворотно-осмотичних апаратах слід підтримувати на рівні

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



7,0 ÷ 8,0 МПа. Необхідність підтримування високих робочих тисків, які можуть сягати 10÷25 МПа для очищення та опріснення концентрованих розчинів, є серйозним обмеженням використання з цією метою процесу зворотного осмосу, незважаючи навіть на низькі питомі затрати енергії, які становлять 13,32 МДж/м<sup>3</sup> морської води. (Для опріснення 1 м<sup>3</sup> морської води методом термічної дистиляції потрібно затратити 230,4 МДж електроенергії, а методом виморожування – 28,44 МДж.) Ще одним серйозним обмеженням використання зворотного осмосу та інших мембранних процесів є явище концентраційної поляризації, яке полягає в істотному збільшенні концентрації розчиненої речовини в тонкому примембранному шарі порівняно з її концентрацією в об'ємі розчину.

Крім цього, до недоліків методу зворотного осмосу належить також необхідність попереднього багатостадійного очищення розчинів, що підлягають опрісненню, від забруднень механічними, завислими, колоїдними часточками, мікроорганізмами, солями твердості та іншими малорозчинними сполуками. З іншого боку, оскільки універсальних мембран не існує, то для розділення різних систем бажано використовувати мембрани різних хімічного складу та структури.

Незважаючи на перелічені вище недоліки методу зворотного осмосу, він набув широкого практичного застосування, насамперед для опріснення природних вод (у тому числі й морських) та для очищення й опріснення промислових стічних вод. Про це свідчить світова динаміка зростання за останні 30 років продажу зворотноосмотичних мембран, випуску установок та об'ємів води, що опріснюється методом зворотного осмосу. Найбільшими споживачами води, опрісненої методом зворотного осмосу, є країни Близького та Середнього Сходу (Саудівська Аравія, Кувейт, Об'єднані Арабські Емірати) — до 60÷70 % і Північна Америка — 17÷20 %.

Істотною перевагою методу зворотного осмосу (як і нанофільтрування, ультрафільтрування, мікрофільтрування) є те, що розділення розчинів відбувається без фазових перетворень і енергія в процесі розділення

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

здебільшого витрачається на створення тиску над розчином та його продавлювання крізь мембрану:

$$A = A_c + A_{np}. \quad (3.7)$$

Робота на стискуванні  $A_c$  рідини, що практично не стискується, є малою і нею можна знехтувати. Робота на продавлювання  $A_{np}$  рідини дорівнює:

$$A_{np} = \Delta P V, \quad (3.8)$$

де  $\Delta P$  – перепад тиску на мембрані;  $V$  – об'єм рідини, що продавлюється крізь мембрану.

Легко переконатися, що робота продавлювання  $A_{np}$  1 м<sup>3</sup> води за тиску 5,0 МПа становить близько 4,9 МДж (1,36 кВт·год). Для порівняння зазначимо, що робота випаровування 1 м<sup>3</sup> води (за теплоти пароутворення 2260 кДж/кг) становить 2270 МДж (630 кВт·год). Слід враховувати, що робота продавлювання значною мірою залежить від товщини і структури селективного шару мембрани. Сучасні асиметричні композиційні мембрани мають тонкі та ультратонкі (до 0,1 мкм) селективні шари, що дають змогу істотно знизити робочі тиски до 1,5÷2,5 МПа при збереженні потужності (50÷100 дм<sup>3</sup> · м<sup>2</sup>/год) на рівні класичних зворотно-осмотичних мембран, які працюють за тисків 5÷10 МПа.

Отже, наведений розрахунок теоретичних затрат енергії на зворотно-осмотичне розділення підтверджує їх незначну величину, що наближається до мінімальної термодинамічної роботи опріснення морської води, яка містить 3,5 % солей. Так, за обчисленого значення мінімальної термодинамічної роботи опріснення морської води 2,67 МДж/м<sup>3</sup> (0,74 кВт·год/м<sup>3</sup>) прісної води у зворотноосмотичних установках затрати енергії становлять 7,2÷9,0 МДж/м<sup>3</sup> (2—2,5 кВт · год/м<sup>3</sup>) [1].

Важливою перевагою методу зворотного осмосу, як і інших баромембранних процесів, є простота конструкції установок, що складаються з двох основних елементів: мембранних модулів і насосного обладнання.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.2 Обґрунтування знесолення води методом зворотного осмосу

До основних мембранних процесів, що нині успішно використовуються для розділення рідинних систем, у тому числі й очищення вод, належать: зворотний осмос, нанофільтрування, ультрафільтрування, мікрофільтрування, діаліз, первапорація, мембранна дистиляція, електродіаліз та ін.

У будь-якому з перелічених мембранних процесів розчин, що підлягає розділенню, обов'язково контактує з напівпроникною мембраною з одного її боку. Внаслідок напівпроникності мембрани розчин, що проходить крізь неї, збагачується на один із компонентів (як правило, розчинником — водою). Часом процес відбувається настільки ефективно, що отриманий фільтрат практично не містить домішок. Водночас, використовуючи той чи інший мембранний процес, можна отримати в розчині над мембраною концентрат без домішок речовин, здатних проникати крізь мембрану.

Рушійною силою мембранних процесів є різниця з обох боків мембрани: робочого тиску в так званих баромембранних процесах (зворотній осмос, ультрафільтрування, нанофільтрування, мікрофільтрування); парціального тиску пари розчинника (води) в мембранній дистиляції і первапорації; концентрації розчиненої речовини в діалізі; електричного потенціалу в електродіалізі.

Найважливішими функціональними характеристиками будь-яких синтетичних мембран є коефіцієнт затримування (селективності) розчиненої речовини[1]:

$$R_c = 1 - C_f/C_0 \text{ або } R_c = (1 - C_f/C_0) \cdot 100\%, \quad (3.9)$$

та продуктивність (об'ємний потік) крізь мембрану:

$$J_0 = \Delta q / S \Delta \tau, \quad (3.10)$$

де  $C_0$  і  $C_f$  — відповідно концентрації розчиненої речовини в початковому розчині і в фільтраті;  $\Delta q$  — об'єм фільтрату, що пройшов крізь мембрану площею  $S$  за інтервал часу  $\Delta \tau$ .

Обидві ці функціональні характеристики не є константами напівпроникних мембран, оскільки значною мірою залежать від зовнішніх умов

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проведення процесу розділення (тиску, температури, концентрації, гідродинамічних умов тощо). Тому часто для характеристики функціональних властивостей мембран, що застосовуються в баромембранних процесах, використовують ще два показники:

- коефіцієнт фільтрування  $l_p$ , який дорівнює об'ємному потоку, нормованому за градієнтом тиску  $\Delta P$ .

$$l_p = J_0 / \Delta P = \Delta q / S \Delta t \Delta P, \quad (3.11)$$

- та коефіцієнт відбиття мембрани (коефіцієнт Ставермена)

$$\sigma = (\Delta P_r / \Delta \pi)_{jv}, \quad (3.12)$$

який дорівнює нулю для повністю проникної до даної розчиненої речовини мембрани та одиниці — для ідеально напівпроникної мембрани. В рівнянні (3.12),  $\Delta \pi$  — різниця осмотичних тисків розчину з обох боків мембрани. Коефіцієнт відбиття мембрани характеризує її властивості без урахування умов використання мембрани. Однак на нього справляє значний вплив анізотропність внутрішньої будови мембрани (градієнт діаметра пор у перерізі мембрани), що значно ускладнює визначення "істинного" значення цього показника.

Мембрани – (від грец. "перегородка") пристосування у вигляді тонкої розділювальної перегородки, якій властива напівпроникність, тобто здатність пропускати одні компоненти розчинів (чи сумішей) і затримувати інші.

Мембрани класифікують за п'ятьма класифікаційними ознаками.

За природою матеріалу, з якого виготовлена мембрана: полімерні, неполімерні (неорганічні). В свою чергу, полімерні мембрани залежно від хімічного складу полімеру можуть бути: целюлозні, ацетилцелюлозні, поліамідні, полісульфонові, полісульфонамідні, полівінілхлоридні тощо. Неорганічні мембрани: металічні, керамічні, графітові, скляні, поліфосфазенові та ін.

За пористою структурою, непористі (дифузійні) і пористі. Останні поділяють на ізотропні та анізотропні, в тому числі асиметричні анізотропні. Ізотропні мембрани характеризуються однаковим діаметром пор в усьому

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

об'ємі мембрани. Анізотропним мембранам властива поступова зміна діаметра пор в їх поперечному перерізі, тобто діаметр пор поступово зростає від робочої до підстилаючої поверхні мембрани. Асиметричні анізотропні мембрани також характеризуються збільшенням діаметра пор від робочої до підстилаючої поверхні, але в цьому разі чітко розрізняються шари мембрани, в межах яких пори приблизно однакові і помітно відрізняються за розміром від пор у шарах, розміщених вище і нижче від них.

Зокрема, до асиметричних анізотропних мембран належать так звані композиційні мембрани, в яких робочий (селективний) і підстилаючий шари, як правило, отримують з різних за хімічним складом пористих матеріалів. До композиційних мембран також належать гетерогенні іонообмінні мембрани і наповнені, в тому числі полімер-полімерні мембрани.

За геометричною формою: мембрани у вигляді плівок, пластин, трубок, порожнинних волокон. Плівки і пластинки виготовляють у вигляді дисків, квадратів, прямокутників, еліпсів та ін. Товщина плівкових мембран становить 100÷150 мкм, пластин – 2÷3 мм, трубки з внутрішнім діаметром 5÷25 мм, а порожнинні волокна з внутрішнім діаметром 20÷100 мкм і товщиною стінки 10÷50 мкм.

За функціональними ознаками: діалізні, електродіалізні (іонообмінні), мікрофільтрувальні, нанофільтрувальні, ультрафільтрувальні, зворотно-осмотичні, первапораційні, газороздільні, мембрани з додатковими функціями.

За способом одержання і станом: сухі, мокрі (набряклі в розчиннику) полімерні, трекові, рідкі (без підкладки і на підкладці), динамічні, мембрани з жорсткою структурою, які отримують методом нанесення, напилення, осадження, просочування, спікання.

Методи одержання мембран. Серед матеріалів, які використовують для виготовлення мембран, чільне місце посідають полімери. Меншою мірою використовують кераміку, графіт, скло, глинисті мінерали і метали.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найрізноманітнішими є методи одержання полімерних мембран, найпоширенішим і традиційним є метод коагуляційний, або фазово-інверсний (розчинний), метод, який застосовують для одержання практично всіх типів мембран, за винятком іонообмінних. Зміст цього методу, який у технологічній практиці має три варіанти (сухо-мокрый, сухий і мокрий), полягає в тому, що концентрований розчин полімеру у вигляді нанесеної гелевої плівки чи волокна під дією зовнішніх чинників (осаджувача, випаровування) піддають фазово-дисперсним перетворенням з формуванням досить жорсткої пористої плівки чи волокна. Власне у назві методу "коагуляційний" або "фазово-інверсний" знайшов відображення фізичний зміст методу. Технологічно коагуляційний метод є досить складним і багатостадійним.

Основними стадіями сухо-мокрого варіанта цього процесу є: розчинення полімеру в органічному розчиннику, який необмежено змішується з водою; очищення розчину від механічних домішок; його дегазація і коригування складу; передформування мембрани (часткове випаровування розчинника з поверхні тонкої плівки розчину, налитого на підкладку); осадження (коагуляція) мембрани водою (осаджувачем); промивання мембрани водою; гідротермічна обробка при  $80\div 95^{\circ}\text{C}$ ; дефектоскопія; змотування в рулони.

Сухий варіант формування мембран полягає в повному випаровуванні розчину полімеру, тобто процес формування мембрани закінчується на стадії випаровування розчинника, але не часткового, як у разі сухо-мокрого варіанта, а повного. Сухий варіант застосовують для одержання первапораційних та газороздільних мембран, які є непористими (дифузійними).

Мокрий варіант включає всі стадії, за винятком передформування. Його використовують для одержання мікрофільтрувальних мембран.

Вимоги до полімеру. Полімер повинен: утворювати плівку з його концентрованих розчинів; добре розчинятись у розчинниках, які необмежено змішуються з водою, що є осаджувачем під час формування мембран; бути не крихким і не дуже жорстким, але й не бути еластомером; бути помірно гідрофільним при формуванні зворотно-осмотичних, нано- й

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ультрафільтрувальних мембран; перебувати у порошкоподібному стані, що полегшує його розчинення.

Серед інших, менш поширених методів одержання полімерних мембран можна назвати такі: формування з розплавів полімерів; температурне гелеутворення (інверсія); формування з поліелектролітних комплексів у момент їх утворення; опромінення плівок важкими частинками з високою енергією з подальшим протравлюванням радіаційних треків (трекові, або ядерні, мембрани).

Є також динамічні мембрани, які одержують нанесенням мінеральних дисперсій на поверхню пористої підкладки. Рідкі мембрани на основі ліпідів існують у вільному стані у вигляді кульок, заповнених одним чи декількома компонентами системи, що розділяється, або рідкі мембрани на пористій підкладці.

Неорганічні мембрани одержують з мінеральних дисперсій методом спікання, наплення, вилуження, осадження або з колоїдних розчинів деяких оксидів і гідроксидів металів за золь-гель-технологією.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

На фармацевтичному виробництві якість води є запорукою якісних ліків. Вода використовується в допоміжних та основних процесах виробництва: від розчинення активних фармацевтичних інгредієнтів до прибирання приміщень, в тому числі чистих, та забезпечення побутових потреб підприємства.

Оскільки виробництво знаходиться в межі міста, то як сировина використовується вода з міської мережі (якості питної води). Для забезпечення справного функціонування обладнання з підготовки води очищеної та води ін'єкційної, водопровідну воду необхідно попередньо знесолити. Використання питної води в якості сировини дозволяє не проводити попереднє очищення перед знесоленням.

Водопровідну воду подають на сітчастий фільтр 1 з розміром пор 5 мкм для видалення завислих речовин. Фільтрат накопичується в баці 6, звідки насосом 10 подається на Н-катіонітний фільтр 2, завантажений слабкокислим катіонітом КУ-2-8. Після Н-катіонітного фільтру 2 вода надходить на аніонітний фільтр 3, що завантажений слабкоосновним аніонітом АН-31.

Далі вода подається на вугільний фільтр 4 для видалення органічних домішок та хлору. З допомогою насоса 13 вода подається на зворотно-осмотичну установку 5. Знесолена вода накопичується у баці 9, звідки насосом 14 подається на дистиляцію.

Регенерація катіоніту здійснюється 4% розчином соляної кислоти з баку 17, який подається за допомогою насоса-дозатора 15. Регенерація аніоніту здійснюється 4% розчином гідроксиду натрію з баку 20, який подається за допомогою насоса-дозатора 16.

Відмивання і розпушування іонітів проводиться за допомогою насосів 11, 12. Вода подається з баків 7,8.

Кислі регенераційні води збираються у бак 21, а лужні у бак 23. У баці-нейтралізаторі 22 відбувається нейтралізація регенераційних вод. Сольовий

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



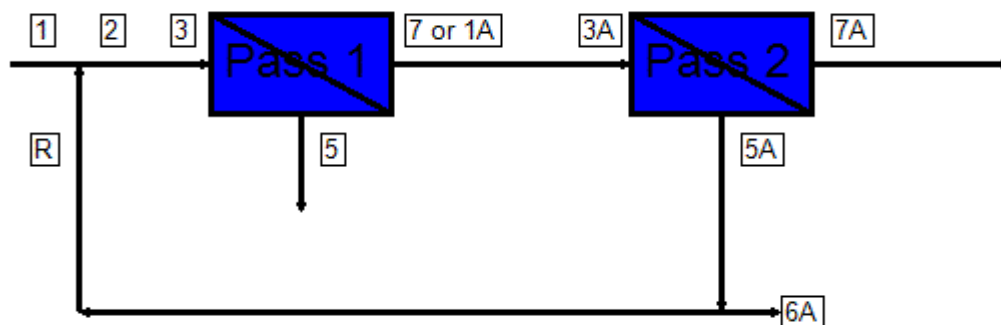
						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 РОЗРАХУНОК УСТАНОВКИ ЗВОРОТНОГО ОСМОСУ

Розрахунок роботи установки зворотного осмосу проведено в середовищі програми ROSA 6/, яка розроблена компанією DOW CHEMICAL.

Виконано попередні розрахунки показників роботи елементів FILMTEC в конкретних умовах.

На рисунку 5.1 зображено принципову схему процесу зворотного осмосу.



1-3, 5, 7, 1A, 3A, 5A-7A, R – потоки.

Рисунок 5.1 – Принципова схема процесу зворотного осмосу з двома стадіями

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

### 6.1 Розрахунок Н-катионітового фільтра

Необхідна площа фільтрування визначається за формулою:

$$F = \frac{Q}{\omega}, \quad (6.1)$$

де  $Q$  – продуктивність,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;  $\omega$  – швидкість фільтрування,  $\text{м}/\text{год}$ ;

$$F = \frac{10,8}{10} = 1,08 \text{ м}^2$$

Приймаємо два стандартних фільтра  $D=1000\text{мм}$ ,  $h_{\text{ш}} = 2 \text{ м}$ ,  $f = 0.785 \text{ м}^2$ .

Тоді дійсна швидкість фільтрування визначається за формулою:

$$\omega_d = Q/f/n, \quad (6.2)$$

де  $f$  – площа стандартного фільтру,  $\text{м}^2$ ;  $n$  – кількість одночасно працюючих фільтрів, од;

$$\omega_d = 10,8/0,785/2 = 6,87 \text{ м}/\text{год}.$$

Кількість катионіту КУ-2-8, яку необхідно завантажити у фільтри, у тому числі й у резервний розраховується за формулою:

$$V_{\text{кат.вод.}} = Q_{\text{доб.}} \cdot (Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+})/E_{\text{кат.}}; \quad (6.3)$$

де  $Q_{\text{доб}}$  – добова продуктивність фільтра,  $\text{м}^3/\text{доб}$ ;  $Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}$  – концентрація йонів  $Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}$  у воді,  $\text{мгекв}/\text{дм}^3$ ;  $E_{\text{кат.}}$  – обмінна ємність катионіту,  $\text{мгекв}/\text{дм}^3$ .

Добова продуктивність фільтра визначається за формулою:

$$Q_{\text{доб}} = 24 \cdot Q + 24 \cdot Q/n \quad (6.4)$$

$$Q_{\text{доб}} = 24 \cdot 10,8 + 24 \cdot \frac{10,8}{2} = 390 \text{ м}^3/\text{доб}$$

$$V_{\text{кат.вод.}} = 390 \cdot (0,19 + 6,12 + 0,17)/600 = 4,199 \text{ м}^3$$

Об'єм катионіту в повітряно-сухому стані визначається за формулою:

$$V_{\text{сух.кат}} = V_{\text{вод.кат.}}/K_{\text{наб.кат}}, \quad (6.5)$$

де  $K_{\text{наб.кат}}$  – коефіцієнт набрякання катионіту;

$$V_{\text{сух.кат}} = V_{\text{вод.кат.}}/K_{\text{наб.кат}} = 4,199/2,06 = 2,04 \text{ м}^3$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маса повітряно-сухого катіоніту, завантаженого у фільтри, визначається за формулою:

$$M_{\text{сух.кат}} = V_{\text{сух.кат.}} \cdot \rho_{\text{сух.кат.}}, \quad (6.6)$$

де  $\rho_{\text{сух.кат.}}$  - насипна густина катіоніту, т/м<sup>3</sup>

$$M_{\text{сух.кат}} = 2,04 \cdot 0,7 = 1,43 \text{ т.}$$

Тривалість фільтрування визначається за формулою:

$$\tau = f_{\text{к.}} \cdot h_{\text{ш}} \cdot E_{\text{кат.}} \cdot n / Q / C \quad (6.7)$$

де  $C$  – концентрація всіх катіонів, мг – екв/дм<sup>3</sup>

$$\tau = 0,785 \cdot 2 \cdot 600 \cdot 2 / 10,8 / (0,19 + 6,12 + 0,17) = 29,07 \text{ год}$$

Добове число регенерації визначається за формулою:

$$m = 24 \cdot n / \tau \quad (6.8)$$

$$m = 24 \cdot 2 / 29,07 = 1,65 \text{ рег./доб.}$$

Витрата 100%-ї соляної кислоти для регенерації фільтра визначається за формулою:

$$\sigma_{\text{HCl}}^{100} = f_{\text{к.}} \cdot h_{\text{ш}} \cdot b \cdot E_{\text{кат.}} / 1000. \quad (6.9)$$

де  $b$  – питома витрата кислоти, кг/м<sup>3</sup>;

$$\sigma_{\text{HCl}}^{100} = 0,785 \cdot 2 \cdot 70 \cdot 600 / 1000 = 65,94 \text{ кг.}$$

Для приготування регенераційного розчину використовується 32%-вий розчин кислоти HCl ( $\rho = 1159 \text{ кг/м}^3$ ). Його витрата на одну регенерацію розраховується за формулою:

$$\sigma_{\text{HCl}}^{32} = \sigma_{\text{HCl}}^{100} \cdot 100 / 32 \quad (6.10)$$

$$\sigma_{\text{HCl}}^{32} = 65,94 \cdot 100 / 32 = 206,06 \text{ кг.}$$

$$V_{\text{HCl}}^{32} = \sigma_{\text{HCl}}^{32} / \rho_{\text{HCl}}^{32} \quad (6.11)$$

$$V_{\text{HCl}}^{32} = 206,06 / 1159 = 0,178 \text{ м}^3$$

Добова витрата 32%-го розчину кислоти HCl визначається за формулою:

$$\sigma_{\text{HCl}}^{\text{доб.}} = \sigma_{\text{HCl}}^{32} \cdot m \quad (6.12)$$

$$\sigma_{\text{HCl}}^{\text{доб.}} = 206,06 \cdot 1,65 = 340 \text{ кг.}$$

Регенерація Н-катіонітового фільтра здійснюється 4%-вим розчином HCl ( $\rho = 1028 \text{ кг/м}^3$ ). Його кількість визначаємо як:

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{HCl^4} = \sigma_{HCl^{32}} \cdot 100/4 \quad (6.13)$$

$$\sigma_{HCl^4} = 206,06 \cdot 100/4 = 5151,56 \text{ кг} = 5,01 \text{ м}^3$$

Кількість води на приготування 4%-ого розчину кислоти HCl визначається як:

$$V_{H_2O} = \sigma_{HCl^4} - \sigma_{HCl^{32}} \quad (6.14)$$

$$V_{H_2O} = 5,01 - 0,178 = 4,83 \text{ м}^3$$

Тривалість пропуску регераційного розчину визначається за формулою:

$$t_1 = \sigma_{HCl^4} / f_{\text{к.}} / \omega_{\text{рег}} \quad (6.15)$$

де  $\omega_{\text{рег}}$ - швидкість потоку,  $\omega_{\text{рег}} = 5 \text{ м/год}$ ;

$$t_1 = 5,01 / 0,785 / 5 = 1,28 \text{ год}$$

Витрати води на відмивання визначається за формулою:

$$V_{\text{відм}} = f_{\text{к.}} \cdot h_{\text{ш}} \cdot a, \quad (6.16)$$

де  $a$  – питома втрата води на відмивання,  $\frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$ :

$$V_{\text{відм}} = 0,785 \cdot 2 \cdot 9 = 14,13 \text{ м}^3$$

Тривалість відмивання визначається за формулою:

$$t_2 = V_{\text{відм}} / f_{\text{к.}} / \omega_{\text{відм.}} \quad (6.17)$$

де  $\omega_{\text{відм.}}$ - швидкість відмивного потоку,  $5 \text{ м/год}$

$$t_2 = 14,13 / 0,785 / 5 = 3,6 \text{ год}$$

Витрата води на розпушення, при інтенсивності розпушення  $i$  визначається за формулою:

$$V_{\text{розп}} = f_{\text{к.}} \cdot t_3 \cdot i \cdot 60 / 1000 \quad (6.18)$$

де  $i$  – інтенсивність розпушення  $\text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ ;  $t_3$ - час розпушення, хв:

$$V_{\text{розп}} = 0,785 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 60 / 1000 = 1,413 \text{ м}^3$$

Загальна тривалість регенерації визначається за формулою:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 \quad (6.19)$$

$$t = 1,33 + 3,6 + 0,167 = 5,1 \text{ год.}$$

Сумарна витрату води на регенерацію визначається за формулою:

$$\sum V = V_{H_2O} + V_{\text{відм}} + V_{\text{розп.}} \quad (6.20)$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum V = 4,86 + 14,13 + 1,413 = 20,4\text{м}^3$$

Година витрати води на власні потреби визначається за формулою:

$$q_{\text{H}_2\text{O}} = \sum V \cdot t / 24 \quad (6.21)$$

$$q_{\text{H}_2\text{O}} = 20,4 \cdot 1,65 / 24 = 1,4\text{м}^3/\text{год}$$

Для задоволення власних нестатків установки вихідної води необхідно:

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 10,8 + 1,4 = 12,2\text{м}^3/\text{год}$$

Отже, сумарна річна витрата води на власні нестатки:

$$V(\text{H}_2\text{O})^{\text{рік}} = 1,4 \cdot 24 \cdot 365 = 99619,94\text{м}^3/\text{рік}$$

## 6.2 Розрахунок ОН-аніонітового фільтра

Необхідна площа фільтрування визначається за формулою:

$$F = \frac{Q}{\omega}, \quad (6.22)$$

де  $Q$  – продуктивність,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;  $\omega$  – швидкість фільтрування,  $\text{м}/\text{год}$ ;

$$F = \frac{10,8}{10} = 1,08 \text{ м}^2$$

Приймаємо два стандартних фільтра  $D=1000\text{мм}$ ,  $h_{\text{ш}} = 2 \text{ м}$ ,  $f = 0.785 \text{ м}^2$ .

Тоді дійсна швидкість фільтрування визначається за формулою:

$$\omega_d = Q / f / n, \quad (6.23)$$

де  $f$  – площа стандартного фільтру,  $\text{м}^2$ ;  $n$  – кількість одночасно працюючих фільтрів, од;

$$\omega_d = 10,8 / 0,785 / 2 = 6,87 \text{ м}/\text{год}.$$

Кількість аніоніту АН-31, яку необхідно завантажити у фільтри, у тому числі й у резервний розраховується за формулою:

$$V_{\text{ан.вод.}} = Q_{\text{доб.}} \cdot (\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + \text{SiO}_3^{2-}) / E_{\text{ан.}}; \quad (6.24)$$

де  $Q_{\text{доб}}$  – добова продуктивність фільтра,  $\text{м}^3/\text{доб}$ ;  $\text{SO}_4^{2-}, \text{Cl}^-, \text{SiO}_3^{2-}$  – концентрація йонів  $\text{SO}_4^{2-}, \text{Cl}^-, \text{SiO}_3^{2-}$  у воді,  $\text{мгекв}/\text{дм}^3$ ;  $E_{\text{ан.}}$  – обмінна ємність аніоніту,  $\text{мгекв}/\text{дм}^3$ .

Добова продуктивність фільтра визначається за формулою:

$$Q_{\text{доб}} = 24 \cdot Q + 24 \cdot Q / n \quad (6.25)$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{доб}} = 24 \cdot 10,8 + 24 \cdot \frac{10,8}{2} = 390 \text{ м}^3/\text{доб}$$

$$V_{\text{ан.вод.}} = 390 \cdot (12,05 + 15 + 3,35)/800 = 14,82 \text{ м}^3$$

Об'єм аніоніту в повітряно-сухому стані визначається за формулою:

$$V_{\text{сух.ан}} = V_{\text{вод.ан.}}/K_{\text{наб.ан}}, \quad (6.26)$$

де  $K_{\text{наб.ан}}$  – коефіцієнт набрякання аніоніту;

$$V_{\text{сух.ан}} = 14,82/2,32 = 6,39 \text{ м}^3$$

Маса повітряно-сухого аніоніту, завантаженого у фільтри, визначається за формулою:

$$M_{\text{сух.ан}} = V_{\text{сух.ан.}} \cdot \rho_{\text{сух.ан.}}, \quad (6.27)$$

де  $\rho_{\text{сух.ан.}}$  - насипна густина аніоніту, т/м<sup>3</sup>

$$M_{\text{сух.ан}} = 6,39 \cdot 0,72 = 4,6 \text{ т.}$$

Тривалість фільтрування визначається за формулою:

$$\tau = fa \cdot h_{\text{ш}} \cdot E_{\text{ан.}} \cdot n/Q/C \quad (6.28)$$

де  $C$  – концентрація всіх аніонів, мг – екв/дм<sup>3</sup>

$$\tau = 0,785 \cdot 2 \cdot 800 \cdot 2/10,8/(12,05 + 15 + 3,35) = 7,65 \text{ год}$$

Добове число регенерації визначається за формулою:

$$m = 24 \cdot n/\tau \quad (6.29)$$

$$m = 24 \cdot 2/7,65 = 6,27 \text{ рег./доб.}$$

Витрата 100% натрію гідроксиду для регенерації фільтра визначається за формулою:

$$\sigma NaOH^{100} = fa \cdot h_{\text{ш}} \cdot b \cdot E_{\text{ан.}}/1000. \quad (6.30)$$

де  $b$  – питома витрата лугу, кг/м<sup>3</sup>;

$$\sigma NaOH^{100} = 0,785 \cdot 2 \cdot 100 \cdot 800/1000 = 125,6 \text{ кг.}$$

Для приготування регенераційного розчину використовується 42%-вий розчин лугу  $NaOH$  ( $\rho = 1449 \text{ кг/м}^3$ ). Його витрата на одну регенерацію розраховується за формулою:

$$\sigma NaOH^{42} = \sigma NaOH^{100} \cdot 100/42 \quad (6.31)$$

$$\sigma NaOH^{42} = 125,6 \cdot 100/42 = 299,05 \text{ кг.}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{NaOH^{42}} = \sigma_{NaOH^{42}} / \rho_{NaOH^{42}} \quad (6.32)$$

$$V_{NaOH^{42}} = 299,05 / 1449 = 0,21 \text{ м}^3$$

Добова витрата 42%-го розчину лугу  $NaOH$  визначається за формулою:

$$\sigma_{NaOH_{\text{доб.}}} = \sigma_{NaOH^{42}} \cdot t \quad (6.33)$$

$$\sigma_{NaOH_{\text{доб.}}} = 299,05 \cdot 6,27 = 1875 \text{ кг.}$$

Регенерація ОН-аніонітового фільтра здійснюється 4%-вим розчином  $NaOH$  ( $\rho = 1043 \text{ кг/м}^3$ ). Його кількість визначаємо як:

$$\sigma_{NaOH^4} = \sigma_{NaOH^{42}} \cdot 100/4 \quad (6.34)$$

$$\sigma_{NaOH^4} = 299,05 \cdot 100/4 = 7476,2 \text{ кг} = 6,96 \text{ м}^3$$

Кількість води на приготування 4%-ого розчину лугу  $NaOH$  визначається як:

$$V_{H_2O} = \sigma_{NaOH^4} - \sigma_{NaOH^{42}} \quad (6.35)$$

$$V_{H_2O} = 6,96 - 0,21 = 6,75 \text{ м}^3$$

Тривалість пропуску регенераційного розчину визначається за формулою:

$$t_1 = \sigma_{NaOH^4} / f_{\text{к.}} / \omega_{\text{рег}} \quad (6.36)$$

де  $\omega_{\text{рег}}$  - швидкість потоку,  $\omega_{\text{рег}} = 5 \text{ м/год}$ ;

$$t_1 = 6,96 / 0,785 / 5 = 1,77 \text{ год}$$

Витрати води на відмивання визначається за формулою:

$$V_{\text{відм}} = f_{\text{а.}} \cdot h_{\text{ш}} \cdot a, \quad (6.37)$$

де  $a$  – питома втрата води на відмивання,  $\frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$ :

$$V_{\text{відм}} = 0,785 \cdot 2 \cdot 9 = 14,13 \text{ м}^3$$

Тривалість відмивання визначається за формулою:

$$t_2 = V_{\text{відм}} / f_{\text{к.}} / \omega_{\text{відм.}} \quad (6.38)$$

де  $\omega_{\text{відм.}}$  - швидкість відмивного потоку,  $5 \text{ м/год}$

$$t_2 = 14,13 / 0,785 / 5 = 3,6 \text{ год}$$

Витрата води на розпушення, при інтенсивності розпушення  $i$  визначається за формулою:

$$V_{\text{розп}} = f_{\text{а.}} \cdot t_3 \cdot i \cdot 60 / 1000 \quad (6.39)$$

де  $i$  – інтенсивність розпушення  $\text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ ;  $t_3$  - час розпушення, хв:

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$V_{\text{розп}} = 0,785 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 60/1000 = 1,413 \text{ м}^3$$

Загальна тривалість регенерації визначається за формулою:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 \quad (6.40)$$

$$t = 1,77 + 3,6 + 10/60 = 5,54 \text{ год.}$$

Сумарна витрату води на регенерацію визначається за формулою:

$$\sum V = V_{H_2O} + V_{\text{відм}} + V_{\text{розп.}} \quad (6.41)$$

$$\sum V = 6,75 + 14,13 + 1,413 = 22,3 \text{ м}^3$$

Година витрати води на власні потреби визначається за формулою:

$$q_{H_2O} = \sum V \cdot t/24 \quad (6.42)$$

$$q_{H_2O} = 22,3 \cdot 6,27/24 = 3,56 \text{ м}^3/\text{год}$$

Для задоволення власних нестатків установки вихідної води необхідно:

$$V(H_2O) = 10,8 + 3,56 = 14,36 \text{ м}^3/\text{год}$$

Отже, сумарна річна витрата води на власні нестатки:

$$V(H_2O)^{\text{рік}} = 14,36 \cdot 24 \cdot 365 = 125793,6 \text{ м}^3/\text{рік}$$

6.3 Розрахунок мембрани. Розрахунок та вибір апарату для першого ступеня зворотного осмосу.

Вибір робочої температури і перепаду тиску через мембрану

З підвищенням температури води, що очищається селективність мембран змінюється мало, а питома продуктивність збільшується в першому наближенні обернено пропорційно в'язкості пермеату (в тому діапазоні температур, де мембрани не руйнуються від термічних впливів). Однак з підвищенням температури зростає швидкість гідролізу полімерних мембран і скорочується термін їх служби. Враховуючи це, зворотний осмос доцільно проводити при температурі навколишнього середовища (зазвичай 20-25°C).

Із збільшенням перепаду робочого тиску через мембрану зростає рушійна сила зворотного осмосу і збільшується питома продуктивність мембран. Однак, при високих тисках мембрани швидше забруднюються зваженими в розчині мікрочастинками, оскільки в цих умовах забруднюючим часткам легше

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потрапити в пори мембрани, а на поверхні мембрани утворюється більш щільний осад мікрочастинок.

Обираємо температуру процесу 25°C, тиск – 0,6 МПа.

Продуктивність по пермеату першої ступені зворотного осмосу:

$$W_{1n} = (W_2 + L_0) - W = 366,7 - 106,7 = 260 \frac{\text{м}^3}{\text{доба}} = 10,8 \frac{\text{м}^3}{\text{доба}}$$

Потім знаходимо необхідну робочу площу мембран:

$$F_p = \frac{W_p}{G}, \quad (6.43)$$

де  $G$  – питома продуктивність мембрани:

$$G = \frac{G_p}{S}, \quad (6.44)$$

де  $G_p$  – продуктивність мембрани, м<sup>3</sup>/год;  $S$  – площа однієї мембрани, м<sup>2</sup>:

$$G = \frac{0,1625}{3,3} = 0,0492 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

$$F_p = \frac{10,8}{0,0492} = 219,5 \text{ м}^2.$$

Кількість мембранних модулів:

$$n_{\text{мод}} = \frac{F_p}{S}, \quad (6.45)$$

$$n_{\text{мод}} = \frac{219,5}{3,3} = 67.$$

#### 6.4 Збірник розчину соляної кислоти

Необхідна ємність для зберігання 32%-го розчину HCl:

$$V_{\text{К}^{\text{доб}}} = (VKi^{32} \cdot t_i) / \rho, \quad (6.46)$$

де  $VKi^{32}$  – витрата кислоти на одну регенерацію, кг;  $t_i$  – добове число регенерацій для кожного ступеня;  $\rho$  – густина 32%-го розчину HCl, кг/м<sup>3</sup>;

$$VKi^{\text{доб}} = (206,06 \cdot 1,65) / 1159 = 0,293 \text{ м}^3.$$

Ємність мірника для добового запасу кислоти з урахуванням коефіцієнта запасу:

$$V_K = 1,3 \cdot VKi^{\text{доб}}, \quad (6.47)$$

$$V_K = 1,3 \cdot 0,293 = 0,381 \text{ м}^3.$$

Приймаємо до установки збірник  $V = 0,5 \text{ м}^3$ .

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Місячний запас HCl:

$$V_{\text{міс}} = V_{\text{к}} \cdot 30, \quad (6.48)$$

$$V_{\text{міс}} = 0,293 \cdot 30 = 8,8 \text{ м}^3.$$

Приймаємо до установки бак для зберігання об'ємом 10 м<sup>3</sup>

Необхідна ємність для зберігання 4%-го розчину HCl становить:

$$V^4 = V_{\text{к}^{\text{доб}}} \cdot 100/4 \quad (6.49)$$

$$V^4 = 0,293 \cdot 100/4 = 7,325 \text{ м}^3.$$

Встановлюємо бак для 4%-го розчину HCl об'ємом 10 м<sup>3</sup>.

#### 6.5 Збірник розчину натрію гідроксиду

Необхідна ємність для зберігання 42%-го розчину NaOH:

$$V_{\text{к}^{\text{доб}}} = (VKi^{42} \cdot m_i)/\rho, \quad (6.50)$$

де  $VKi^{42}$ - витрата лугу на одну регенерацію, кг;  $m_i$ - добове число регенерацій для кожного ступеня;  $\rho$ - густина 42%-го розчину NaOH, кг/м<sup>3</sup>

$$VKi^{\text{доб}} = (299,05 \cdot 6,27)/1449 = 1,29 \text{ м}^3.$$

Ємність мірника для добового запасу лугу з урахуванням коефіцієнта запасу:

$$V_{\text{к}} = 1,3 \cdot VKi^{\text{доб}}, \quad (6.51)$$

$$V_{\text{к}} = 1,3 \cdot 1,29 = 1,68 \text{ м}^3.$$

Приймаємо до установки збірник  $V = 2 \text{ м}^3$ .

Місячний запас NaOH:

$$V_{\text{міс}} = V_{\text{к}} \cdot 30, \quad (6.52)$$

$$V_{\text{міс}} = 1,68 \cdot 30 = 50,4 \text{ м}^3.$$

Приймаємо до установки бак для зберігання об'ємом 60 м<sup>3</sup>.

Необхідна ємність для зберігання 4%-го розчину NaOH становить:

$$V^4 = V_{\text{к}^{\text{доб}}} \cdot 100/4 \quad (6.53)$$

$$V^4 = 1,29 \cdot 100/4 = 32,25 \text{ м}^3$$

Встановлюємо бак для 4%-го розчину NaOH об'ємом 40 м<sup>3</sup>.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА

Темпи роботи сучасних виробництв вимагають від персоналу високої кваліфікації, мультизадачності та постійної концентрації. Робота в таких умовах протягом тривалого часу негативно впливає на фізичний та психоемоційний стан. Методи автоматизації покликані для полегшення та пришвидшення виконання рутинних задач, що не потребують глибокого аналізу чи творчого підходу. Автоматичний контроль та регулювання технологічних процесів підвищують ефективність використання ресурсів (сировини та енергії, людських ресурсів), забезпечують правильний режим функціонування обладнання та подовжують термін його служби.

### 7.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації

На підставі здійсненого аналізу особливостей технологічного процесу підготовки знесоленої води (опис процесу наведено в розділі 3) слід передбачити автоматичний контроль та регулювання таких параметрів:

- контроль та регулювання рівня у баці 2;
- контроль витрати води для забезпечення заданої продуктивності у трубопроводі 1п;
- контроль і сигналізація перепаду тиску в сітчастому фільтрі 1;
- контроль і сигналізація перепаду тиску у катіонітовому фільтрі 3;
- контроль і сигналізація перепаду тиску у анітовому фільтрі 4;
- контроль і сигналізація перепаду тиску у вугільному фільтрі 5;
- контроль і сигналізація перепаду тиску у зворотноосмотичній установці 6;
- контроль та регулювання рівня у ємності для зберігання води 7.

Параметри регулювання та контролю виробництва наведено у таблиці 7.1.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.1 - Параметри регулювання та контролю виробництва [11]

№	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування параметра, що вимірюється або регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	Сітчастий фільтр 1	Перепад тиску	10...15 кПа	Контроль, сигналізація
2	Бак 2	Рівень	3,5...5 м	Контроль, регулювання
3	Катіонітовий фільтр 3	Тиск	10...15 кПа	Контроль, сигналізація
4	Аніонітовий фільтр 4	Тиск	10...15 кПа	Контроль, сигналізація
5	Вугільний фільтр 5	Тиск	10...15 кПа	Контроль, сигналізація
6	Зворотноосмотична установка 6	Тиск	10...15 кПа	Контроль, сигналізація
7	Бак 7	Рівень	3,5...5 м	Контроль, регулювання
8	Трубопровід 1п	Витрата	0...170 м <sup>3</sup> /год	Контроль, регулювання

## 7.2 Опис розробленої схеми автоматизації процесу

Розроблено схему автоматизації, яка покликана зменшити вплив людського фактору на роботу системи. Даний варіант передбачає контроль, реєстрацію та стабілізацію технологічних параметрів, мінімізує можливі людські помилки та забезпечує нормальне функціонування технологічного устаткування.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інформація з діафрагми (позиція 1-1) про витрату в трубопроводі № 1п надходить на первинний пристрій-перетворювач (позиція 1-2), з якого – на вторинний пристрій показувальний та реєструвальний (позиція 1-3), і далі – на регулятор (позиція 1-4); регулювання рівню в баці 2 відбувається впливом виконавчого механізму на регулювальний орган (позиція 1-5), що встановлений на трубопроводі № 1п. Інформація про рівень води в баці 2 з рівнеміру буйкового (позиція 2-1) передається на пневматичний показувальний і реєструвальний прилад (позиція 2-2), оброблюється перетворювачем пневмоелектричним (позиція 2-3) та у якості коригувального сигналу поступає на регулятор (позиція 1-4).

Контроль і регулювання тиску у сітчастому фільтрі 1 здійснюється контуром 3, що складається з електронного манометра (позиція 3-1) та індикатора технологічного мікропроцесорного (позиція 3-2).

Контроль і регулювання тиску у катіонітовому фільтрі 3 здійснюється контуром 4, що складається з електронного манометра (позиція 4-1) та індикатора технологічного мікропроцесорного (позиція 4-2).

Контроль і регулювання тиску в аніонітовому фільтрі 4 здійснюється контуром 5, що складається з електронного манометра (позиція 5-1) та індикатора технологічного мікропроцесорного (позиція 5-2).

Контроль і регулювання тиску у вугільному фільтрі 5 здійснюється контуром 6, що складається з електронного манометра (позиція 6-1) та індикатора технологічного мікропроцесорного (позиція 6-2).

Контроль і регулювання тиску у зворотноосмотичній установці 6 здійснюється контуром 7, що складається з електронного манометра (позиція 7-1) та індикатора технологічного мікропроцесорного (позиція 7-2).

Наявність живлення на кожному технологічному мікропроцесорі індидується сигнальною лампою HL1- HL5.

Інформація з діафрагми (позиція 8-1) про витрату в трубопроводі № 1п надходить на первинний пристрій-перетворювач (позиція 8-2), з якого – на вторинний пристрій показувальний та реєструвальний (позиція 8-3), і далі – на

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

регулятор (позиція 8-4); регулювання рівню в ємності для зберігання води 7 відбувається впливом виконавчого механізму на регулювальний орган (позиція 8-5), що встановлений на трубопроводі № 1п. Інформація про рівень води в ємності 7 з рівнеміру буйкового (позиція 9-1) передається на пневматичний показувальний і реєструвальний прилад (позиція 9-2), оброблюється перетворювачем пневмоелектричним (позиція 9-3) та у якості коригувального сигналу поступає на регулятор (позиція 8-4).

Всі мотори дистанційно регулюють за допомогою магнітних пускачів. МП1-МП4 – магнітні пускачі. SA1-SA4 – кнопки запобіжного вимкнення живлення двигунів безпосередньо на місці монтажу. SB1, SB2, SB3, SB4 – пости управління кнопкові для дистанційного керування моторами. Вмикання живлення сигналізується сигнальними лампами HL6, HL8. Вимикання живлення сигналізується сигнальними лампами HL7, HL9.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТЕХНОЛОГІЇ

Відділення знесолення води є екологічно-безпечною та маловідходною частиною виробництва.

Основний тип відходів на цьому відділенні – це регенераційні води з Н-катіонітного фільтру та ОН-аніонітного фільтру. Вони діляться на кислі та лужні регенераційні води. Кислі регенераційні води являють собою суміш солей металів ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ), що осіли на катіонітній смолі, а також 4% розчин соляної кислоти, що був використаний для процесу регенерації смоли. Лужні регенераційні води представляють собою суміш солей неметалів ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SiO}_3^{2-}$ ), що були видалені з очищуваної води аніонітною смолою, та 4 % розчин гідроксиду натрію – регенераційний розчин аніонітної смоли. Після регенерації іонообмінних смол кислі та лужні регенераційні води направляють у бак-нейтралізатор, де концентрація кислоти та лугу зменшиться внаслідок реакції нейтралізації між двома типами вод. Нейтралізовані до відповідних за ГДК, визначеними у ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [3], значення з бака-нейтралізатора регенераційні води змішують із сольовим концентратом після зворотнього осмосу. Після цього ця суміш направляється у трубопровід зі стічними водами.

Крім цього раз у 5 років необхідно змінювати іонообмінні смоли та активоване вугілля після проходження їх строку придатності. У Європейському Співтоваристві іонообмінні смоли переробляються наступним чином: смоли, які використовувалися у водопідготовці, утилізуються під кодом 190905. Можлива утилізація даних продуктів переважно шляхом спалювання побутового сміття. Іоніти зі специфічними домішками, що залишаються після водоочищення, наприклад, в хімічній індустрії, потрапляють під дію приписів для відходів групи № 190806. Утилізація залежно від діючих місцевих нормативів проводиться шляхом спалювання в спеціальній установці або на спеціальних наземних звалищах [4].

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Багаторазове скорочення обсягу відходів і переведення їх в безпечний для зберігання стан може бути вирішене, в основному, двома способами: спалюванням або пресуванням з наступним затвердінням зольного залишку методом бітумування, цементування і заскловування або перенесенням спресованих брикетів в бетонні контейнери великої місткості [5].

Так само існує метод утилізації відпрацьованих іонообмінних смол у коксовій батареї. Метод полягає в додаванні смол в якості добавки до вугільної шихти в коксових печах, що завантажуються трамбованої шихтою. Досліди проводили з вугільної сумішшю, використовуваний при виробництві промислового коксу. Добавка відходів смол до шихти призводить до поліпшення міцності коксу за показниками M80 і M40 без погіршення якісних показників коксу CRI і CSR. Якість кам'яновугільної смоли і організована емісія газів залишилися незмінними, що підтверджує можливість здійснення термічного рециклінгу відпрацьованих іонообмінних смол як добавки (3%) до вугільної шихти при виробництві коксу [6]

Вугілля активоване має відмінні адсорбційні властивості, тому прекрасно справляється з видаленням з води домішок і небезпечних речовин, знебарвлення, коригуванням смаку, захистом мембран зворотного осмосу і іонообмінних смол. Однак такий фільтр з часом вимагає заміни, і активоване вугілля перетворюється в відхід, який містить затримані речовини різного хімічного складу.

Використане вугілля потрібно зберігати в герметичних ємностях до передачі на утилізацію спеціальним організаціям, які мають дозвіл на операції з небезпечними відходами. Утилізують вугілля методом регенерації таких сорбентів. Це означає, що вугілля відправляється в піч, в якій досягається температура 800 ° С за кілька годин. Висока температура допомагає знищити активні органічні речовини, руйнуючи мікроорганізми, мікроби. Іншими словами такий процес називається реактивація активованого вугілля після його насичення і використання в якості фільтрату. Оскільки вартість нового сорбенту-вугілля досить висока, тому процес реактивації (утилізації,

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

знешкодження вугілля) - економічно вигідний і актуальний для фірм і виробництв, які технологічно зобов'язані використовувати в своїх очисних колонах великі обсяги вугілля (сорбенту) для очищення рідин і газів [7].

Таблиця 8.1 – Характеристика відходів виробництва.

№ пп	Найменування стадії виробництва відходів, викидів та стоків	Кількість (м <sup>3</sup> )		Метод очищення
		На 1 цикл водоочистки (10,8 м <sup>3</sup> )	За рік	
1	Регенерація Н- катіонітного фільтру, кислі регенераційні води	25,41	535,59	Нейтралізація
2	Регенерація ОН- аніонітного фільтру, лужні регенераційні води	22,51	6482,88	Нейтралізація

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 9 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

Демінералізована вода широко використовується на підприємствах хімічної, фармацевтичної, харчової промисловості, енергетичних підприємствах. Зокрема на хімічних та харчових підприємствах знесолена вода необхідна при виробництві продукції як допоміжна речовина, а у фармацевтичній промисловості вона використовується ще й у якості сировини для води для ін'єкцій. Якість води, яка застосовується при виготовленні лікарських засобів, є одним з факторів, що визначає якість ліків. А якість ліків це життя та здоров'я багатьох людей, що зараз особливо відчутно.

### 9.1 Загальні характеристики розробки. Резюме стартапу

Таблиця 9.1 – Резюме стартапу

Показник	Характеристика
1	2
Сутність ідеї	Знесолення води
Наявність аналогів або прототипів ідеї	ООО Екософт
Ступінь розробленості технології реалізації	Готова технологічна схема очисних споруд на базі наявних
КВЕД, до якого може належати дане виробництво	КВЕД-2010: Клас 36.00.
Очікувана потужність стартапу	Споруди, які обслуговуватимуть підприємства
За масштабом виробництва	Масове
За структурою виробництва	Вузькоспеціалізоване
За ресурсами, що споживає	Енергомістке
За потужністю	Середнє
За чисельністю персоналу	Середнє
За вартістю власного майна	Середнє
Бажане географічне розташування	місто
За режимом роботи протягом року	Позасезонне
Місце стартапу у інноваційному ланцюжку цінності	Впровадження розробленої технології у наявну

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запропонована бізнес-ідея полягає в організації компанії, яка під задану потужність знесолоної води проводить розробку схеми для підприємств-замовників. Компанія проводить розрахунок та підбір необхідного обладнання, розробку автоматизації схеми, закупівлю та встановлення основного та допоміжного обладнання, первинне навчання персоналу, ремонт, заміну та обслуговування компонентів схеми.

Стартап не має аналогів з повним циклом обслуговування. Українські компанії лише консультують з підбором обладнання, але не забезпечують повний супровід проекту. Послуги ж закордонних компаній мають дуже високий цінник – лише великі компанії та корпорації можуть дозволити собі скористатися цими послугами. Це залишає середні та малі компанії без належної підтримки та супроводу, що може впливати на якість кінцевого продукту та на здоров'я споживача.

Основна потреба, яку задовольняє цей стартап – це потреба підприємства-споживача у якісному напівпродукту.

За класифікацією послуга належатиме до КВЕД-2010: Клас 36.00.

Цей клас включає:

- забір води з рік, озер, свердловин тощо;
- збирання дощової води;
- очищення води для водопостачання;
- оброблення води для виробничих та інших потреб;
- знесолення морської води або підземних вод для виробництва води як основної продукції;
- розподілення води водопроводами, транспортом або іншими засобами;
- роботу зрошувальних каналів.

Цей клас не включає:

- роботу зрошувального устаткування для сільських та сільськогосподарських цілей;
- очищення відпрацьованої води з метою запобігання забрудненню навколишнього середовища;

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– постачання води магістральними трубопроводами на далекі відстані.

За потужністю та за чисельністю персоналу підприємство є малим. Стартап вузькопрофільний за рівнем спеціалізації, з досить широким застосуванням продукту.

Очисні відділення розташовуються у межах міста (з місцевим водопостачанням та каналізацією). Офіс компанії можливо організувати у будь-якому місті, оскільки розробка схем може відбуватися віддалено, а працівники приїжджають на підприємство у якості відряджень.

Форма співпраці - B2B (бізнес для бізнесу).

Компанія не має вітчизняних аналогів на українському ринку, а іноземні конкуренти малочисельні та дорогівартісні.

Фактором успіху стартапу є постійна необхідність підприємств хімічної, харчової, фармацевтичної та інших галузей у демінералізованій воді.

Комплекс послуг компанії дає споживачеві можливість економити час на пошуки відповідних спеціалістів, підбір підходящого обладнання та освоєння нових технологій самостійно.

Споживачами можуть бути:

- хімічні підприємства;
- підприємства харчової промисловості;
- енергетичні підприємства;
- фармацевтичні підприємства;
- водоканали (знесолення морської води для потреб міста).

Враховуючи особливості (вихідна вода, потужність виробництва, ступінь знесолення тощо) кожного окремого проекту буде формуватися його ціна. Плановий рівень рентабельності проекту 30%.

Для реалізації стартап проекту необхідні такі капіталовкладення:

- закупка технічного устаткування – 200 000 грн;
- страховий зарплатний фонд на період трьох місяців – 750 000 грн.

Орієнтовні капіталовкладення становлять 950 000 грн.

У таблиці 9.2 та 9.3 представлено основні оборотні засоби.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9.2 – Оборотні засоби

Основні оборотні засоби	Вартість, грн/міс.
Основне обладнання	250 000
Оренда ремонтного обладнання для обслуговування очистних споруд	70 000
Оренда комп'ютерно-обладнаного офісного приміщення підприємства	20 000
Нематеріальні активи	30 000
Всього	569 000

Таблиця 9.3 – Оборотні засоби підприємства

Статті затрат	Затрати на місячний випуск грн/міс
Кошти підприємству, що виготовляє сировину, допоміжні матеріали	900 000
ФОП	244 000
Всього (Обз)	1 144 000

## 9.2 Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу

Реалізація ідеї, розробки, методики, програми здійснюється через суб'єкта підприємницької діяльності – підприємство, організацію. І цей суб'єкт підприємництва буде інвестувати або не буде інвестувати у проект з урахуванням впливу на нього факторів зовнішнього, зовнішнього оперативного і внутрішнього середовищ його діяльності.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 9.4 – Загрози та можливості зовнішнього середовища підприємства

Фактор зовнішнього середовища	Загрози	Можливості
1	2	3
Зовнішнього оперативне середовище (фактори)		
Постачальник	Відсутність необхідного обладнання в наявності протягом тривалого періоду часу	Досить велика конкуренція на ринку виробників водоочисного обладнання, лояльні умови співпраці з перевіреними постачальниками
	Труднощі налагодження співпраці з постачальниками обладнання з-за кордону	
Споживач	Нехтування вимогами GMP щодо якості використовуваної сировини та отримуваної продукції, що призводить до зниження попиту на системи очищення води	Висока актуальність у зв'язку з нестачею прісної води Зростання попиту у зв'язку зі збільшенням об'єму виробництв фармацевтичної промисловості
	Низька матеріальна спроможність підприємств	

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 9.4		
1	2	3
Конкурент	Зменшення попиту у випадку більшої доступності, функціональності або якості послуг, що надають конкуренти.	Гірша якість послуг, що надають конкуренти, відсутність повного набору послуг
Посередник	Недобросовісний посередник постачає продукцію нижчої якості, ніж було обговорено	Можливість взаємовигідної співпраці із перевіреними компаніями.
	Перепродаж посередником частини товару не узгодженим із фірмою- власником покупцям.	Може бути джерелом інформації про нові розробки постачальників та ситуації на ринку
Зовнішнє середовище (фактори)		
Політика	Нестабільна політична ситуація може негативно відобразитись на попиті та виробництві в цілому.	Екологічний курс дежави, розвиток програми 3R (переробка, повторне використання, рециркулювання)
	Великі податки на надання даних послуг.	Державна допомога для малого та середнього бізнесу.
Економіка	Нестабільна ситуація на ринку, що може відобразитися на прибутках компанії та можливостях її подальшого росту і розвитку.	Стабільна економічна ситуація, допомога малому бізнесу на старті

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Продовження таблиці 9.4		
1	2	3
Географія	Відрядження працівників у інші міста на довгий період часу (при монтуванні та налагодженні обладнання) може негативно вплинути на залучення до роботи висококваліфікованих фахівців	Вигідне географічне розташування може зменшити витрати та час на доставку обладнання.
Демографія	Відтік молодих кваліфікованих кадрів закордон. Неспроможність фахівців «старої школи» опанувати нові технології.	Створення робочих місць, що можуть зацікавити талановиту молодь залишитися в Україні.
Культура	Занепад культури, зниження якості освіти, відтік талановитої молоді, нестача кваліфікованих кадрів, небажання власників підприємств виготовляти якісну продукцію.	Культура споживання зазнає змін з боку свідомого споживання ресурсів, їх економії. Як наслідок, прагнення використовувати ресурси найкращої якості.
Науково-технічний прогрес	Зростання кількості викидів підприємствами і, як наслідок, погіршення якості питної води, яка є основною сировиною для знесолення на підприємствах, збільшення кількості домішок, що утруднює очищення води.	Зростання ефективності систем водоочищення за рахунок впровадження здобутків науково-технічного прогресу.

Зовнішнє середовище не залежить від бажань та прагнень підприємства, воно містить певні загрози та можливості. При їх аналізі можна спрогнозувати вплив факторів науково-технічного прогресу, політики, культури, економічної ситуації в світі на роботу компанії та розробити стратегію розвитку, яка в повній мірі використовуватиме можливості та буде протидіяти загрозам.

До факторів зовнішнього оперативного середовища відносять конкурентів, постачальників, посередників, споживачів.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 9.3 Визначення ключових факторів успіху проекту

Визначено ключові фактори успіху стартапу за методом Шонфільда (таблиця 9.5) в порівнянні з найближчим конкурентом.

Таблиця 9.5 – Оцінка характеристик послуг, що надаються

№	Характеристика	Коефіцієнт вагомості характеристики	Оцінка характеристик	
			Стартап-проект	ООО «НПО «Екософт»
1	Ціна	0,2	3	3
2	Наявність власного виробництва	0,1	0	5
3	Можливість виконання індивідуального проекту	0,3	5	4
4	Підбір водоочисного обладнання	0,2	5	5
5	Установка водоочисного обладнання	0,1	5	3
6	Навчання персоналу роботі з обладнанням	0,1	5	4

У таблиці 9.6 представлена бальна характеристика послуг, що надаються підприємством, що розроблюється у стартапі та його потенційних конкурентів.

Таблиця 9.6 – Бальна оцінка характеристик послуг, що надаються

Характеристика		Оцінка характеристик	
		Стартап-проект	ООО «НПО «Екософт»
1	2	3	4
1	Ціна	$3 \cdot 0,3 = 0,9$	$3 \cdot 0,3 = 0,9$
2	Наявність власного виробництва	$0 \cdot 0,1 = 0$	$5 \cdot 0,1 = 0,5$
3	Можливість виконання індивідуального проекту	$5 \cdot 0,3 = 1,5$	$4 \cdot 0,3 = 1,2$
4	Підбір водоочисного обладнання	$5 \cdot 0,2 = 1,0$	$5 \cdot 0,2 = 1,0$
5	Установка водоочисного обладнання	$5 \cdot 0,1 = 0,5$	$3 \cdot 0,1 = 0,3$
6	Навчання персоналу роботі з обладнанням	$5 \cdot 0,1 = 0,5$	$4 \cdot 0,1 = 0,4$

Дані узагальнено на рисунку 9.1.

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

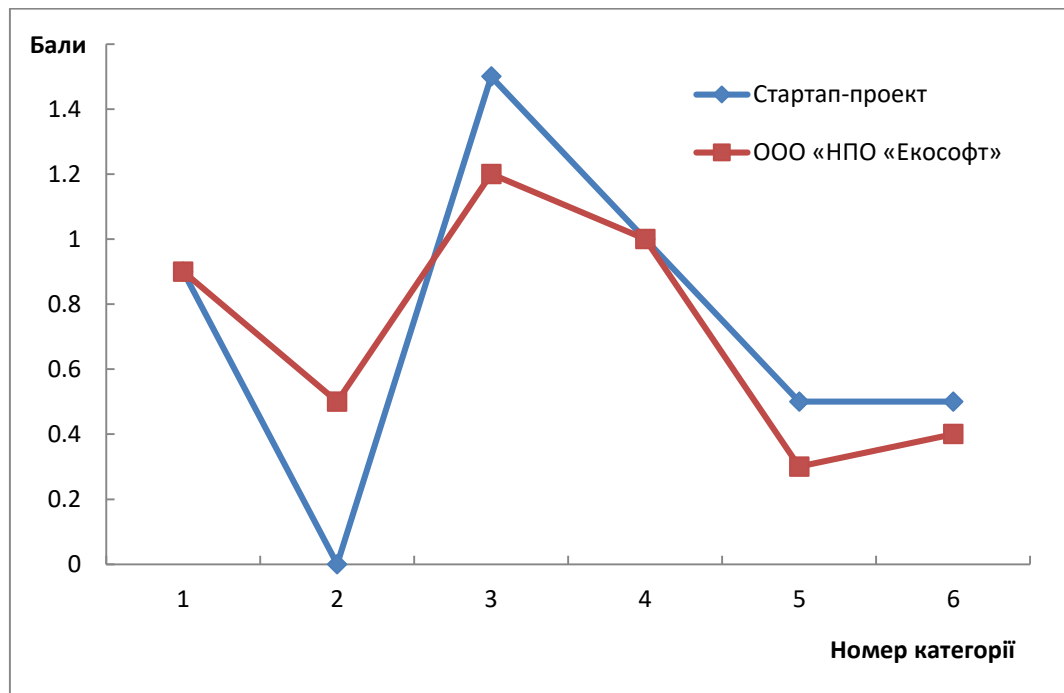


Рисунок 9.1 – Графік порівняння конкурентних переваг стартап-підприємства з конкурентами

З рисунку 9.1 видно, що необхідно вжити заходів по здешевленню послуг, що надаються, для збільшення конкурентоспроможності підприємства, проте розроблюване підприємство є конкурентоспроможним, в порівнянні з потенційними конкурентами.

#### 9.4 Визначення потенційних споживачів

Необхідно створити «портрет споживача» для розуміння потреби споживачів. Цей «портрет» дає змогу зрозуміти у якому напрямку необхідно розвиватися компанії, щоб задовольняти потреби споживача якнайкраще. Необхідно визначити аудиторію проекту. У таблиці 9.7 представлена класифікація та опис потенційних споживачів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Арк.

Таблиця 9.7 – Класифікація потенційних споживачів

Категорії	Значення
1. Юридична особа	
Форма власності	Будь-яка.
За потужністю	Великі та середні підприємства.
За масштабом	Від одиничних до масових.
За рівнем спеціалізації	Вузькопрофільні, багатопрофільні та комбіновані.
За ресурсами, що споживаються	Багатоетапні виробництва, які потребують очищення обладнання.
За чисельністю персоналу	Будь-які (з перевагою для більшої чисельності).
За сферою діяльності	Переважно виробництва.
За географічним розташуванням	Для виробництв переважно міста з власною системою водопостачання. Можлива реалізація у містах біля моря, де спостерігається дефіцит прісної води.
За організацією виробничих процесів	Підприємство націлене на організації безперервними технологічними процесами.
2. Фізична особа	
Вік	Від 18 років
За платоспроможністю	Від 8 000 грн
За соціальним рівнем споживачів	Споживачі із середнім та високим рівнем життя
За способом життя	Орієнтовані на здоровий та екологічний спосіб життя.
Тип особистості споживачів	Реаліст.
За ставленням до товару	Споживач має необхідність в постійній очистці побутових стічних вод
За сімейним станом	Не залежить від сімейного стану
За інтенсивністю придбання	Придбання на постійній основі

Дослідження виконувалось за допомогою опитування анкетуванням.  
Результати анкетування приведені у таблиці 9.8.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9.8 – Результати анкетування потенційних споживачів

Категорія клієнтів	Потреби, які він задовольняє, отримуючи послугу
Власник житла	Отримання прісної води з морської у прибережному місті з дефіцитом прісної води.
Юридична особа, що відкриває підприємство, або вже має його	Підприємство забезпечене якісним напівпродуктом, що використовується як допоміжна речовина у виробництві.

За отриманими матеріалами опитування розроблено паспорт клієнта, який наведено в таблиці 9.9.

Таблиця 9.9 – Паспорт клієнта

Форма власності	Державне, приватне
За потужністю	Велике, середнє
За обсягом виробництва	Масове
За сезонністю виробництва	Не залежить від сезону
За чисельністю персоналу	Будь-яке
За розташуванням	Місто, приморські території.
Кваліфікація персоналу	Робочі, службовці, керівники.

### 9.5 Методика ціноутворення стартапу

Визначення ціноутворення для надання послуги проведено на основі аналізу точки беззбитковості. Метод полягає в тому, що ціна виробу визначається на основі розрахунку найоптимальнішого обсягу виробництва, який дає змогу відшкодувати всі витрати підприємства за рахунок отриманих валових доходів виходячи з «точки беззбитковості».

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 9.10 – Вартість трудових ресурсів

Посада	К- сть	Оплата одного працівника на місяць	Оплата всіх працівників на місяць
Апаратник системи знесолення 4 розряду	1	9 000	9 000
Електрогазозварник 6 розряду	1	13 000	9 000
Слюсар 6 розряду	2	13 000	26 000
Слюсар 5 розряду	6	11 000	66 000
Слюсар 4 розряду	4	9 000	36 000
Електромонтер з ремонту та обслуговування електрообладнання 6 розряду	2	13 000	26 000
Електромонтер з ремонту та обслуговування електрообладнання (черговий) 5 розряду	4	10 000	40 000
Інженер систем водопідготовки	2	16 000	32 000
Всього	22	-	244 000

Фонд оплати праці відділення:

$$\text{ФОП} = \text{ЗП} \cdot 1,22 = 244\,000 \cdot 1,22 = 297\,680 \text{ грн/місяць.}$$

$$\text{ФОП} = 297\,680 \cdot 12 = 3\,572\,160 \text{ грн/рік.}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9.11 – Вартість основного обладнання

Назва	Ціна, грн
Сітчастий фільтр	187 400
Вугільний фільтр	48 000
Мембранний модуль зворотно-осмотичної установки	2 390 200
Н-катіоніт КУ-2-8	31 460
ОН-аніоніт АН-31	561 200
Ємність 0,5 м <sup>3</sup>	1 700
Ємність 2 м <sup>3</sup>	4 800
Ємність 10 м <sup>3</sup>	58 000
Ємність 40 м <sup>3</sup>	100 000
Ємність 60 м <sup>3</sup>	144 000
Насос	10 600
Насос-дозатор кислоти	10 000
Насос-дозатор луку	13 500
Всього	3 560 860

Таблиця 9.12 – Вартість оборотного фонду

№	Елементи витрат	Одиниця виміру, грн./рік.
1	Амортизація обладнання	80 000
2	Сировина	200 000
3	Заробітна плата	3 572 160
5	Електроенергія	1 635 000
6	Амортизація нематеріальних активів	30 000
Всього		5 517 160

За методом точки беззбитковості необхідно встановити таку ціну, яка забезпечить йому бажану величину чистого прибутку. Рівень беззбитковості по прибутку досягається при такому обсязі реалізації, виручки від якого досить для покриття всіх операційних витрат, включаючи амортизацію; рівень

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

беззбитковості по грошовому потоці може бути отриманий, якщо замінити суму зносу основних активів на суму, необхідну для погашення заборгованості.

$$\Pi = \Pi - C, \quad (9.1)$$

$$\Pi = C, \Pi = 0.$$

Річна собівартість:

$$C = A + \text{ОбФ}, \quad (9.2)$$

$$C = 80\,000 + 5\,517\,160 = 5\,597\,160 \text{ грн/рік.}$$

Розрахуємо ціну, за якою слід продавати послугу, щоб вийти на точку беззбитковості:

$$\Pi = \Pi_{\text{од}} \cdot B - (\text{ФОП} + \text{ОбФ}), \quad (9.3)$$

$$\text{ОбФ} = 5\,517\,160 \text{ грн/рік;}$$

$$\text{ФОП} = 3\,572\,160 \text{ грн/рік.}$$

Нехай  $\Pi = x$ , тоді:

$$x - (5\,517\,160 + 3\,572\,160) = 0,$$

$$x = 9\,089\,320.$$

Рентабельність:

$$P = \frac{\Pi}{C}, \quad (9.4)$$

$$P = \frac{9\,089\,320}{5\,517\,160} \cdot 100\% = 165\%.$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{\Pi}{K}, \quad (9.5)$$

$$E = \frac{9\,089\,320}{5\,517\,160} = 1,65.$$

Термін повернення капіталу:

$$T_{\text{пов}} = \frac{1}{E}, \quad (9.6)$$

$$T_{\text{пов}} = \frac{1}{1,65} = 0,6$$

Термін повернення капіталовкладень складе біля 7 місяців.

Оцінка джерел фінансування

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Джерела фінансування змішані: грант від Українського фонду стартапів, грант програми Європейського союзу «Horizon» для малого та середнього бізнесу, власні кошти, кредитні кошти за пільговою відсотковою ставкою за програмою підтримки малого та середнього бізнесу.

При виникненні фінансових «ям» (касових розривів, податкових розривів та інше), будуть використовуватись кошти отримані від Європейського банку реконструкції та розвитку, спрямовані на стабілізацію фінансового стану підприємства. Залучені кредитні кошти підуть на придбання основних матеріальних цінностей, які також будуть матеріальним гарантуванням виплати кредитних коштів (застава), що мінімізує ризики матеріальної відповідальності у випадку виявлення дефолтного стану підприємства.

#### 9.6 Ризики розробки та методи управління ними

Ризики класифікуються за категоріями (зовнішні та внутрішні) та видами (табл. 9.13).

Зовнішні – це потенційні події, які є зовнішніми щодо проекту та ймовірність виникнення яких не пов'язана з виконанням суб'єктами відповідних процесів, операцій.

Внутрішні – це потенційні події, ймовірність виникнення яких безпосередньо пов'язана з виконанням суб'єктами відповідних процесів, операцій.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У таблиці 9.13 представлені можливі ризики та ймовірність їх настання.

Види ризиків	Назва ризику	Ймовірність настання	Вплив на очікуваний результат
Зовнішні ризики			
Політико-законодавчі ризики	Зміна законодавства, що обмежить роботу підприємства або ускладнить її	Низька	Високий
Науково-технічний ризик	Поява на ринку технологій, що запропонує клієнту ефективніший або дешевший варіант задоволення потреб	Низька	Високий
Податковий ризик	Поява додаткового податкового та акцизного навантаження	Середня	Високий
Ризик ліквідності	Різде зменшення ліквідності на послуги, що надаються	Низька	Високий
Внутрішні ризики			
Ризик персоналу	Вихід з ладу працівника, що впливає на процес реалізації	Середня	Середній
Ресурсний ризик	Погіршення умов співпраці від постачальника	Низька	Високий
Майновий ризик	Вихід з ладу основних фондів	Низька	Високий
Ризик банкрутства	Наступ дефолтного стану підприємства	Низька	Низький

## 9.7 Підсумок до представленого стартапу

Розроблено стартап-проект компанії, яка займається розробкою, проектуванням, встановленням, налагодженням роботи систем демінералізації води.

Потенційними споживачами такого підприємства є виробництва, забудовники, міста.

Основними перевагами продукції є висока якість, надійність систем, глибоке знешелення, відносна дешевизна.

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Рентабельність такого проекту становить 165 %. Термін повернення капіталовкладень біля 7 місяців.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 10 ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ

В даному розділі розглядається об'ємно - планувальне рішення відділення знесолення води на прикладі АТ «Київмедпрепарат».

АТ «Київмедпрепарат» розташований в зоні помірно – континентального клімату з м'якою сніжною зимою і дощовим теплим літом. Річна кількість опадів у середньому становить 600 – 700 мм. Максимальна кількість опадів випадає в червні – липні, мінімальна – в лютому. Глибина промерзання ґрунту не перевищує 1 м.

Переважні вітри взимку – східні та північно - східні, літом – північно - західні.

Середньорічна температура повітря біля + 10 °С, середньомісячна багаторічна температура повітря найбільш холодного місяця січня - 7 °С, найбільш теплого липня + 19°С.

### 10.1 Компонування устаткування цеху

#### 10.1.1 Розміщення устаткування в будівлі цеху

При розміщенні устаткування у закритих будівлях необхідно передбачати:

- 1.Площі для тимчасового зберігання контейнерів із сировиною, проміжними продуктами тощо.
- 2.Зручне обслуговування болтових з'єднань, фланців, люків, арматури, трубопроводів, частин апаратів.
- 3.Можливість швидкої заміни апаратів із невеликим терміном служби, а також змінних деталей.
- 4.Площу для збереження тари й упакованих готових продуктів, демонтовані деталі апаратів (на час ремонту, виконуваного на місці).
- 5.Резервні площі (передбачаються для наступного збільшення потужності виробництва, оскільки не вигідно попередньо встановлювати резервні апарати, які на час пуску морально застарівають).

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Підйомно-транспортні пристрої для монтажу, експлуатації демонтажу устаткування (мостові і підвісні крани).
7. Проходи, що забезпечують безпечне обслуговування. Проходи у світлі (між найбільше виступаючими частинами устаткування) повинні бути не менше 1 м, по фронту обслуговування машин (насоси, компресори) — не менше 1,5 м; проходи для періодичного обслуговування — не менше 0,8 м (у тому числі від стіни).
8. Машини й апарати, що обслуговуються підйомними кранами, необхідно розміщувати у зоні наближення гака крана.
9. Установку площадок, монтажних прорізів, захищених огороженнями для зручності огляду, ремонту і монтажу устаткування.
10. Засоби механізації завантаження та розвантаження сировини і продуктів, транспорт при вантажно-розвантажувальних роботах.

Оскільки розміри апаратів не надто великі їх розміщують в закритих будівлях.

Коротка характеристика обкладання відділення наведена в таблиці 10.1.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 10.1 – Характеристика основного устаткування, розташованого у приміщенні відділення

№	Устаткування	Кількість	Основні габаритні розміри, мм
1	Повітроохолоджувач	2	діаметр 1500; висота 2000; довжина 3500;
2	Апарат очищення повітря	2	діаметр 2300; висота 7000; довжина 3500;
3	Осьовий компресор і турбіна	2	висота 7750; довжина 4320; діаметр 1500;
4	Електродвигун	2	висота 7750; довжина 1450; діаметр 1500;
5	Редуктор	2	висота 7750; довжина 700; діаметр 1500;
6	Нагнітач	2	висота 7750; довжина 1450; діаметр 1500;

Розташування апаратури поза будівлею цеху є економічно вигідним, але лише за умови стійкості обладнання до атмосферних умов і великих габаритах.

Габаритні розміри обладнання розташованого на відкритому майданчику наведено у таблиці 10.2.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиці 10.2 – Характеристики обладнання розташованого на відкритому майданчику

№	Назва	Кількість,од	Діаметр, м	Висота, м
1	Випарник рідинного аміаку	2	1,8	2
2	Фільтр газоподібного аміаку	2	0,9	1,2
3	Дистиляційна колона	2	1,2	5
4	Підігрівач газоподібного аміаку	2	1,5	3,76
5	Змішувач	2	3,3	8,6
6	Контактний апарат	2	2,2	8,6
7	Котел-утилізатор	2	3	4,375
8	Окислювач	2	3,2	12,4
9	Підігрівач повітря	2	1,4	4
10	Апарат підготовки аміаку	2	1,6	2
11	Аварійний збірник	2	1,6	4,26
12	Економайзер	2	1,7	2,9
13	Камера-згоряння турбіни	2	1,7	2,4
14	Котел-утилізатор хвостових газів	2	3	4,375

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Великогабаритне обладнання потребує відповідних площ та висотності будівлі, тому їх винесено на відкритий майданчик. Обладнання винесене за межі будівлі цеху не потребує постійного обслуговування та оснащено пристроями автоматичного контролю та регулювання.

Розрахунок ширини робочого проходу:

$$L = \alpha \cdot a$$

$$\alpha = 1 \div 2$$

$$a = \frac{a_1 + a_2}{2};$$

де  $a_1, a_2$  – ширина зон обслуговування сусіднього обладнання (1-2 м),  
 $\min a = 1,4$  м.

1) Для випарника рідинного аміаку (№1):

$$a = (1,5 + 1,5) / 2 = 1,5 \text{ м}; \quad \alpha = 2; \quad L = 2 \cdot 1,5 = 3,0 \text{ м.}$$

2) Для фільтра газоподібного аміаку (№2):

$$a = (1,7 + 1,7) / 2 = 1,7 \text{ м}; \quad \alpha = 2; \quad L = 2 \cdot 1,7 = 3,4 \text{ м.}$$

3) Для фільтра газоподібного аміаку (№3):

$$a = (1,4 + 1,4) / 2 = 1,4 \text{ м}; \quad \alpha = 1,9; \quad L = 1,9 \cdot 1,4 = 2,6 \text{ м.}$$

4) Для підігрівача газоподібного аміаку (№4):

$$a = (1,5 + 1,5) / 2 = 1,5 \text{ м}; \quad \alpha = 1,8; \quad L = 1,8 \cdot 1,5 = 2,7 \text{ м.}$$

5) Для змішувача (№5):

$$a = (1,6 + 1,6) / 2 = 1,6 \text{ м}; \quad \alpha = 1,7; \quad L = 1,7 \cdot 1,6 = 2,72 \text{ м.}$$

6) Для контактного апарату (№6):

$$a = (1,4 + 1,4) / 2 = 1,2 \text{ м}; \quad \alpha = 2; \quad L = 2 \cdot 1,4 = 2,8 \text{ м.}$$

7) Для котла-утилізатора (№7):

$$a = (1,5 + 1,5) / 2 = 1,8 \text{ м}; \quad \alpha = 1,5; \quad L = 1,5 \cdot 1,5 = 2,25 \text{ м.}$$

8) Для окислювача (№8):

$$a = (1,9 + 1,9) / 2 = 1,9 \text{ м}; \quad \alpha = 1,2; \quad L = 1,2 \cdot 1,9 = 2,28 \text{ м.}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Арк.



9) Для підігрівача повітря (№9):

$$a = (1,6 + 1,6) / 2 = 1,6 \text{ м}; \quad \alpha = 1,7; \quad L = 1,2 \cdot 1,6 = 2,72 \text{ м.}$$

10) Для апарата очищення повітря (№10):

$$a = (1,5 + 1,5) / 2 = 1,5 \text{ м}; \quad \alpha = 1,6; \quad L = 1,6 \cdot 1,5 = 2,4 \text{ м.}$$

11) Для осьового компресора і турбіни (№11):

$$a = (1,7 + 1,7) / 2 = 1,7 \text{ м}; \quad \alpha = 1,4; \quad L = 1,4 \cdot 1,7 = 2,38 \text{ м.}$$

12) Для повітроохолоджувача (№12):

$$a = (1,8 + 1,8) / 2 = 1,8 \text{ м}; \quad \alpha = 1,5; \quad L = 1,5 \cdot 1,8 = 2,7 \text{ м.}$$

13) Для редуктора (№13):

$$a = (1,4 + 1,4) / 2 = 1,4 \text{ м}; \quad \alpha = 1,9; \quad L = 2 \cdot 1,4 = 2,6 \text{ м.}$$

14) Для електродвигуна (№14):

$$a = (1,6 + 1,6) / 2 = 1,6 \text{ м}; \quad \alpha = 1,8; \quad L = 1,8 \cdot 1,6 = 2,88 \text{ м.}$$

15) Для нагнітача (№ 15):

$$a = (1,5 + 1,5) / 2 = 1,5 \text{ м}; \quad \alpha = 1,9; \quad L = 1,9 \cdot 1,5 = 2,85 \text{ м.}$$

16) Для камери згоряння турбіни (№ 16):

$$a = (1,8 + 1,8) / 2 = 1,8 \text{ м}; \quad \alpha = 2; \quad L = 2 \cdot 1,8 = 3,6 \text{ м.}$$

17) Для котла-утилізатора хвостових газів (№ 17):

$$a = (1,7 + 1,7) / 2 = 1,7 \text{ м}; \quad \alpha = 1,8; \quad L = 1,8 \cdot 1,7 = 3,06 \text{ м.}$$

18) Для економайзера (№18):

$$a = (1,4 + 1,4) / 2 = 1,4 \text{ м}; \quad \alpha = 2; \quad L = 2 \cdot 1,4 = 2,8 \text{ м.}$$

19) Для апарата підготовки аміаку (№ 19):

$$a = (1,5 + 1,5) / 2 = 1,5 \text{ м}; \quad \alpha = 1,8; \quad L = 1,5 \cdot 1,8 = 2,7 \text{ м.}$$

20) Для аварійного збірника (№ 20):

$$a = (1,9 + 1,9) / 2 = 1,9 \text{ м}; \quad \alpha = 1,6; \quad L = 1,6 \cdot 1,9 = 3,04 \text{ м.}$$

Розрахунок відстані між обладнанням та стіною виконується за формулою:

$$L_{\text{обсл.}} = a_{\text{обсл.}} + 0,2 ,$$

де  $a_{\text{обсл.}}$  – ширина зони обслуговування, м

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



13) Для редуктора (№13):

$$L_{\text{обсл.}}=1,4+0,2 = 1,6 \text{ м}; \quad L_{\text{рем.}}= 1,8 + 0,2 = 2 \text{ м.}$$

14) Для электродвигуна (№14):

$$L_{\text{обсл.}}=1,6+0,2 = 1,8 \text{ м}; \quad L_{\text{рем.}}= 1,5 + 0,2 = 1,7 \text{ м.}$$

15 ) Для нагнітача (№ 15):

$$L_{\text{обсл.}}=1,5+0,2 = 1,7 \text{ м}; \quad L_{\text{рем.}}= 1,9 + 0,2 = 2,1 \text{ м.}$$

16) Для камери згоряння турбіни (№ 16):

$$L_{\text{обсл.}}=1,8+0,2 = 2 \text{ м}; \quad L_{\text{рем.}}= 1,7 + 0,2 = 1,9 \text{ м.}$$

17) Для котла-утилізатора хвостових газів (№ 17):

$$L_{\text{обсл.}}=1,7+0,2 = 1,9 \text{ м}; \quad L_{\text{рем.}}= 1,8 + 0,2 = 2 \text{ м.}$$

18) Для економайзера (№18):

$$L_{\text{обсл.}}=1,4+0,2 = 1,6 \text{ м}; \quad L_{\text{рем.}}= 1,8 + 0,2 = 2 \text{ м.}$$

19) Для апарата підготовки аміаку (№ 19):

$$L_{\text{обсл.}}=1,5+0,2 = 1,7 \text{ м}; \quad L_{\text{рем.}}= 1,6 + 0,2 = 1,8 \text{ м.}$$

20) Для аварійного збірника (№ 20):

$$L_{\text{обсл.}}=1,9+0,2 = 2,1 \text{ м}; \quad L_{\text{рем.}}= 1,5 + 0,2 = 1,7 \text{ м.}$$

## 10.2 Характеристика підйомно-транспортного устаткування

Для переміщення усередині цехів сировини, напівфабрикатів і готової продукції, монтажу і демонтажу технологічного устаткування проектом передбачають підйомно-транспортне устаткування, що є невід'ємною частиною механізації й автоматизації виробничих процесів, спрямованих на ліквідацію ручних вантажно-розвантажувальних робіт і важкої праці при виконанні основних і допоміжних виробничих операцій.

Мостові опорні крани складаються з підтримкового моста, що пересувається за допомогою механізму пересування по кранових шляхах, покладених на консолі колон. Вантажопідйомність мостових кранів від 1 до 50 т.

Розрізняють мостові ручні крани і мостові електричні опорні крани, керовані підвішеною до підтримкового моста кабіною крановика.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вантажопідйомність перших — від 1 до 20 т, других — звичайно від 5 до 50 т.

У цеху нітратної кислоти використовують мостовий кран вантажопідйомністю 50т.

### 10.3 Конструктивне рішення будівлі і її елементів

Будівництво одноповерхової будівлі викликано й обґрунтовано такими вихідними даними: в одноповерхових будівлях забезпечується зручний зв'язок із зовнішньою територією, немає сходів і підйомників, будівлі володіють простотою будівельної конструкції і можливістю установки важкого устаткування прямо на фундамент, а також можливість використання природно організованої вентиляції – аерації і природного освітлення через бічні отвори.

В зв'язку з тим що виробництво являє собою стратегічно важливий об'єкт будівля повинна бути закритою від огляду зі значної відстані. До основних підтримкових конструкцій відносять фундаменти, колони, балки, ферми.

Усі будинки і спорудження складаються з конструктивних елементів, які у свою чергу поділяються на підтримуючі і захисні.

Підтримуючі елементи сприймають навантаження, утворювані будинком або спорудженням, масою устаткування, людей, технологічної сировини і готової продукції, власних конструкцій, навантажень від вітру і снігу, і т.д. До основних підтримуючі конструкцій відносять фундаменти, колони, балки, ферми тощо.

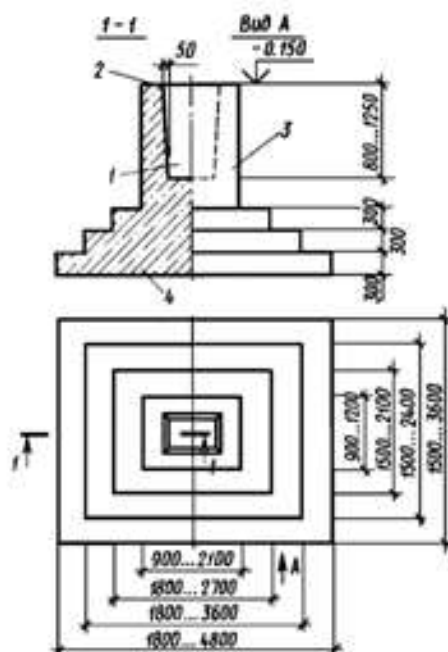
Захисні елементи призначені для захисту від атмосферних впливів і забезпечення необхідного температурно-вологісного режиму усередині помешкань. До захисних конструкцій відносять стіни, вікна, двері та ін.

Розглянемо основні конструктивні елементи промислових будинків.

Стовпчастий фундамент у вигляді стоячих окремо опор найбільше поширені у промисловому будівництві. Їх застосовують у каркасних будівлях під залізобетонні або сталеві колони каркасу. Фундаменти складаються з підколінника і плит (рисунок 10.1). Підколонник має спеціальне заглиблення

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

— стакан, в який установлюють залізобетонну колону. У зазор між колоною і стінками стакана закладають бетон.



1- стакан, 2- обріз фундаменту, 3- підлокітник стаканного типу, 4- плитна частина одно-, двух- або трьохступенева

Рисунок 10.1 – Залізобетонний фундамент стаканного типу

Розміри підколінника у плані: під колони прямокутного перерізу 900х900, 1200х1200 і 1500х1200 мм. Розмір підшови в плані кратний 300 мм. Верх підколінника розташовують на 150 мм нижче відмітки чистої підлоги будинку. У каркасних будинках стіни спирають на фундаментні балки. Крім виконання функцій підтримуючого елемента фундаментні балки захищають цокольні ділянки стін від впливу ґрунтових вод і капілярного підсосу вологи. Балки мають тавровий або трапецієподібний переріз; спирають їх на спеціальні бетонні стовпчики.

Колони — це вертикальні підтримуючі елементи каркасу будинків. Виконують колони з залізобетону або сталі. Залізобетонні колони одноповерхових промспоруд виготовляють прямокутного перерізу і двогілковими. За розташуванням у будинку колони розрізняють як крайні

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(що розташовуються уздовж зовнішніх стін) і середні. У будинках, обладнаних мостовими кранами, крайні колони мають односторонні, а середні колони — двосторонні консолі, на які встановлюють підкранові шляхи.

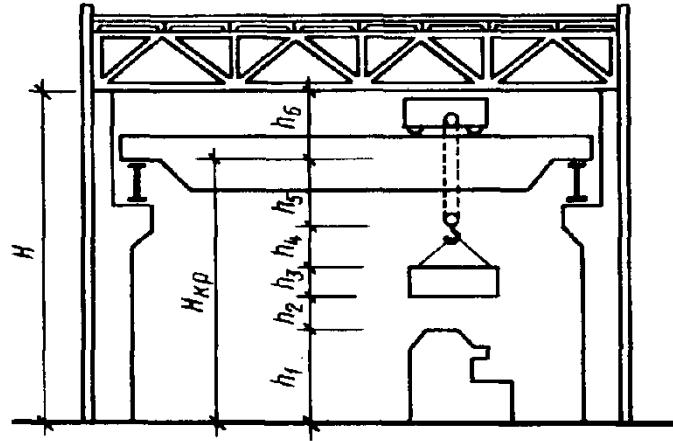


Рисунок 10.2 - Схема визначення висоти приміщення, обладнаного мостовим краном

У межах висоти виробничого приміщення (від підлоги до стелі виступаючих конструкцій покриття або перекриття) повинні бути розміщені передбачені проектом технологічне устаткування і підйомно-транспортні пристрої. Висота приміщення повинна бути достатньою для виробництва ремонтних робіт, монтажу і демонтажу устаткування.

При використанні мостових кранів (рисунок 10.2), що характерно для одноповерхових будинків, висота приміщення визначається за формулою:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6,$$

де  $h_1$  - найбільша висота технологічного устаткування (7750 мм);

$h_2$  - мінімальна відстань між устаткуванням і піднятим вантажем, становить, як правило, 500 мм;

$h_3$  - висота найбільш великогабаритного технологічного вантажу (2200 мм);

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$h_4$  - відстань від верху вантажу до центра гака, обумовлена конструкцією траверси, приймається, як правило, 1000 мм;

$h_5$  - відстань від центра гака в граничному верхньому положенні до рівня голівки підкранової рейки, приймається (50÷650) мм залежно від типу крана (для мостового крану 350 мм);

$h_6$  - відстань від верха голівки підкранової рейки до споду кроквяної конструкції, приймається (2200...3500) мм залежно від вантажопідйомності крана (приймаємо 2500 мм).

Отже,

$$H = 7750 + 500 + 2200 + 1000 + 350 + 2500 = 14400 \text{ мм.}$$

При визначенні висоти приміщень варто зважати на спосіб прокладки комунікацій. Якщо вони не можуть бути прокладені у міжферменому просторі, у товщі перекриттів, через отвори в стінках кроквяних балок, а підвішуються до

конструкцій покриттів або перекриттів, що характерно для багатоповерхових будинків, то при розміщенні устаткування і транспортних пристроїв варто орієнтуватися не на відмітку споду конструкцій, а на відмітку споду комунікацій. Висота виробничих приміщень повинна бути не меншою, як 3 м, а відстань до споду виступаючих конструкцій і підвішених комунікацій — не меншою, як 2,2 м. Для робочих майданчиків по обслуговуванню устаткування цей розмір може бути зменшений до 2 м, а для місць із нерегулярним проходом людей — до 1,8 м.

При визначенні висоти виробничого приміщення належить враховувати санітарно-гігієнічні вимоги. Вільний внутрішній об'єм приміщення, не зайнятий будівельними конструкціями, повинен бути таким, щоб на одного працівника у найбільш численній зміні припадало не менше  $15 \text{ м}^3$  при площі не менше  $4,5 \text{ м}^2$ .

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожний будинок має покриття, яке служить для захисту приміщень від атмосферних впливів. Покриття складається з підтримуючої і захисної частин. До підтримуючих частин покриттів одноповерхових промспоруд входять кроквяні балки і ферми, у захисне — плити покриття, утеплювач, гідроізоляція тощо.

Балки і ферми звичайно виготовляють із залізобетону, рідше — зі сталі.

Розділювальні перегородки виготовляють, в основному, з цегли для відокремлення виробничого цеху від санвузлів, гардеробів, кабінетів, лабораторій. Вибираємо перегородки з цегли шириною 120 мм. Для відділення складів і кімнат використовуємо цеглу 400 мм.

У промислових будівлях використовується переважно природне освітлення. Розміри вікон слід призначати відповідно ГОСТ 12506–81, Вибираємо вікна 1,8×2,4 м.

Розміри воріт і дверей та їх кількість для кожного приміщення визначають залежно від необхідної пропускної спроможності. Вибираємо ворота висотою 4200 мм; шириною 2500 та 4000 мм ( використовуємо двоє воріт), двері зовнішні ширина 1500 мм; висота 2400 мм, двері внутрішні ширина 1200 мм, висота 2100 мм.

#### 10.4 Генеральний план виробництва

Генеральний план промислового підприємства являє собою накреслену в масштабі схему промислового майданчика з зображеними проєктованими та існуючими будинками і спорудженнями, основними дорогами і проїздами, благоустроєм й озелененням території.

Генеральні плани промислових підприємств виконують із дотриманням вимог діючих СНіП, інструкцій із розробки схем генеральних планів, Держстандартів, санітарних норм проєктування промислових підприємств і інших нормативних документів.

Рішення генерального плану повинно забезпечувати найбільш сприятливі умови для виробничого процесу і праці, раціональне використання земельної

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



ділянки, найбільшу ефективність капітальних вкладень, раціональну організацію виробничих, транспортних та інженерних зв'язків на підприємствах, між ними і житловою територією, захист оточуючих територій від забруднень тощо.

При проектуванні генплану підприємства використовують декілька принципів, зокрема принцип функціонального зонування, який полягає у поділі майданчику підприємства на зони за їх функціональним використанням: передзаводську, виробничу, підсобну і складську.

Передзаводську зону підприємства розміщують із боку основних під'їздів і підходів працівників до підприємства в західній частині. Проектні рішення зони погоджують із містобудівними вимогами, надаючи їй архітектурну промовистість та індивідуальність. У передзаводській зоні розташовують групу будинків обслуговування.

Виробничу зону, розташовують у центральній частині майданчика підприємства. У межах зони розміщують будинки основних виробництв, в яких виготовляють, обробляють і збирають різноманітні види промислової продукції, а також будинки допоміжних виробництв — інструментально-ремонтного цеху.

Підсобну зону розташовують безпосередньо біля виробничої, розміщуючи у ній будинки обслуговуючих виробництв.

Складську зону доцільно розмістити біля зовнішніх меж підприємства з огляду на ефективне використання транспорту для підвозу-вивозу сировини і готової продукції.

При проектуванні кожної зони, будинки і спорудження в них варто об'єднувати в групи, родинні за призначенням, за ступенем шкідливості виробництв, їх пожежо- і вибухонебезпечності. Групуючи об'єкти, варто прагнути до такого їхнього розташування, щоб найбільша кількість працівників не піддавалася впливу шкідливостей і у випадку аварії знаходилася поза небезпечної частини території підприємства.

При розміщенні промислових підприємств, що виділяють в атмосферу виробничі шкідливості (гази, дим, кіптява, пилюка, неприємні запахи, шум)

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідно вважати на переважаючий напрям вітрів. Майданчики таких підприємств розміщують із підвітряної сторони стосовно найближчого району житлової частини міста або селища, щоб шкідливі викиди неслися убік.

Напрямок переважаючих вітрів приймають за так звану розу вітрів, що являє собою схему розподілу вітрів за напрямом і повторюваністю, а іноді додатково, і швидкістю. Рози вітрів будують за даними метеослужби для річного періоду або для різної пори року.

Для виключення або зменшення заносу шкідливостей у житловий район вітрами інших напрямків, що відрізняються від переважного, між підприємством і житловим районом передбачають санітарно-захисну зону.

Ширину санітарно-захисної зони визначають залежно від виду виробництва, шкідливостей, що виділяються і умов технологічного процесу відповідно до вимог СН 245-71. Класифікація підприємств, виробництв і об'єктів установлює п'ять класів мінімальних санітарно-захисних зон:

I — 1000 м; II — 500 м; III — 300 м; IV — 100 м; V — 50 м.

Санітарно-захисну зону або її частину не можна використовувати як резерв для розширення території підприємства. На даному підприємстві довжина санітарно-захисної зони складає 1000 м.

Для обмеження поширення пожежі територією підприємства істотне значення має дотримання визначених відстаней між будинками. При визначенні протипожежних відстаней за основу взято ступінь вогнестійкості будинків і категорія виробництва за вибуховою, вибухопожежною і пожежною небезпекою. Так, відстані між будинками і спорудженнями I і II класів вогнестійкості, якщо в них не розміщені виробництва, небезпечні по вибуху або пожежі, звичайно не нормують. Якщо ж у цих будинках розміщені вибухо- або пожежонебезпечні виробництва, то відстані між ними приймають не менше 9 м. Для будинків III, IV і V ступенів вогнестійкості названі відстані збільшують до 12, 15 і 18 м.

Мінімальні відстані від будинків і споруджень до відкритих складів, а також між складами приймають у межах (6÷42) м, залежно від ступеня

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вогнестійкості будинків і споруджень, типу складу і його об'єму (в даному проекті 12 м).

Відстані від газгольдерів для паливних них газів до будинків і споруджень приймають у межах (9÷150) м залежно від типу будинків, споруджень і газгольдерів.

Для забезпечення можливості ефективного гасіння пожежі необхідно передбачити під'їзд пожежних автомобілів до будинків і споруджень по всій їхній довжині при ширині будинку або спорудження до 18 м — з одного боку, при більшій ширині — з двох боків. Відстань від краю проїжджої частини або спланованої поверхні землі, що забезпечує під'їзд пожежних машин, до стіни будинку повинна бути не більше 25 м при висоті будинків до 14 м. При більшій висоті відстань зменшується до 10 м.

Територію промислового підприємства варто упорядковувати. Благоустрій території служить важливій меті зберігання й оздоровлення середовища, що оточує людину на виробництві, формуванню умов, що сприятливо впливають на психофізичний стан людини, збереження її здоров'я, поліпшення умов і підвищення продуктивності праці.

До благоустрою території відносять зелені насадження, природний ландшафт, кольорову гаму будинків, споруджень, відкритого устаткування, покриттів доріг і тротуарів, малі архітектурні форми (навіси, альтанки, декоративні стінки, ослони, квіткові вази, елементи наочної агітації, твори монументальної творчості та ін.), майданчики для відпочинку і занять спортом.

Площу озеленених ділянок визначають із розрахунку не менше 3 м<sup>2</sup> на одного працівника у найбільш численній зміні, проте граничний розмір ділянок не повинен перевищувати 15 % площі території підприємства. Основними елементами озеленення служать газон та місцеві види деревинно-чагарникових рослин.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

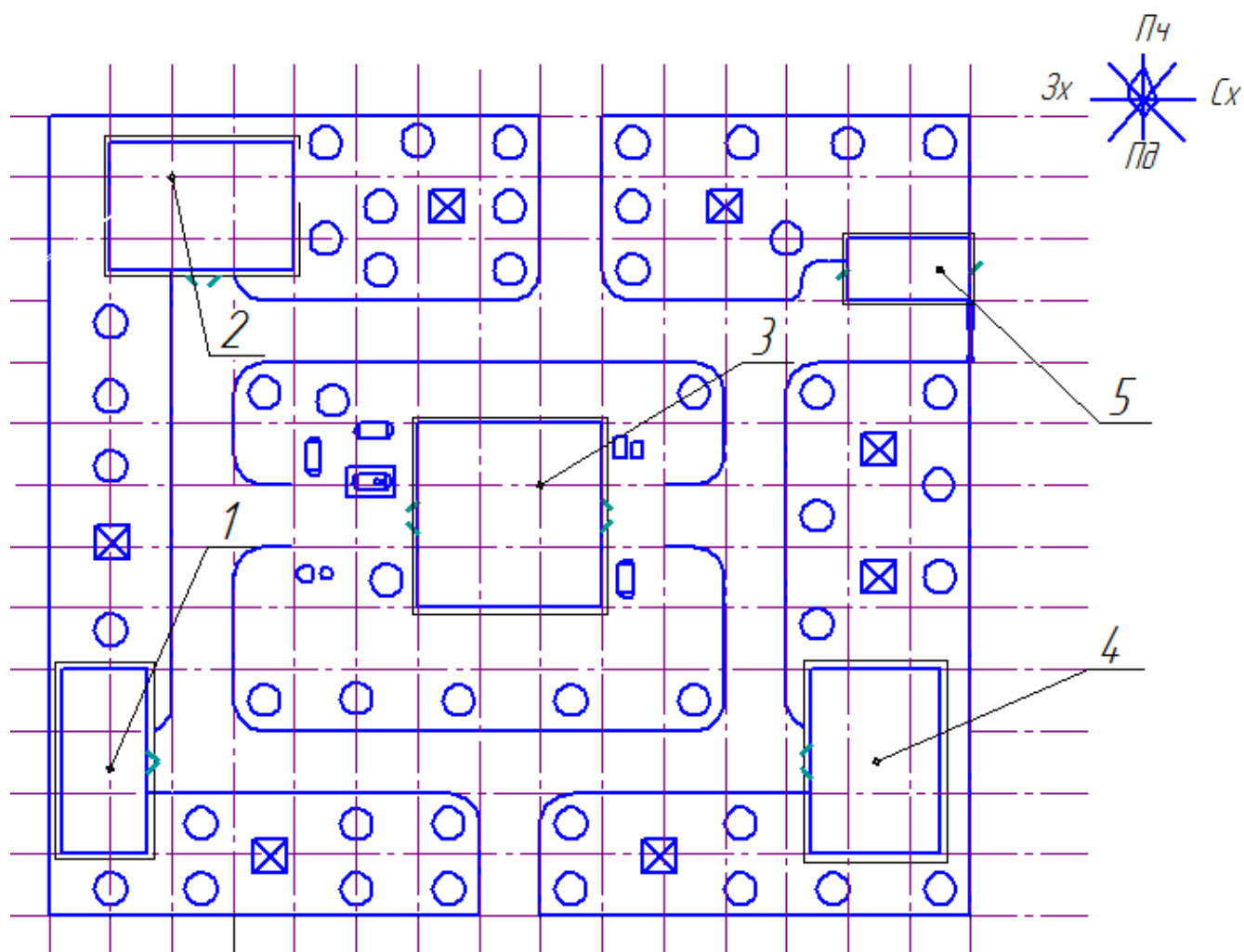


Рисунок 10.3 – Генеральный план

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Арк.

## 11. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Відділення підготовки знесоленої води є частиною фармацевтичного підприємства та готує воду для подальшого використання у виробництві лікарських засобів. В процесі очищення води мають місце ряд негативних факторів: шкідливі та агресивні хімічні речовини, електричний струм, високі температури, механічна енергія.

Проект виконано з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки.

На основі аналізу комплексу негативних факторів розроблено ряд заходів, спрямованих на створення належних умов праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

### 11.1. Охорона праці

11.1.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектуваному об'єкті. Заходи охорони праці.

#### 11.1.1.1 Повітря робочої зони.

Робота, яка виконується у відділенні підготовки знесоленої води, пов'язана з обслуговуванням очисного обладнання, та, згідно з ДСН 3.3.6.042 – 99, може бути віднесена до категорії фізичних робіт середньої тяжкості ІІа.

В таблиці 11.1 наведені прийняті проектом санітарні норми параметрів мікроклімату в робочій зоні приміщення, в залежності від категорії робіт по важкості і періоду року.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 11.1 – Санітарні норми параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С					Відносна вологість %		Швидкість руху, м/с	
		оптимальна	допустима				оптимальна	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш	Оптимальна, не більш	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
			Постій- них	Непостій- них	Постій- них	Непо- стійних				
Холодний	Середньої тяжкості –П-а	19-21	23	24	17	15	40-60	75	0,2	Не більш ніж 0,3
Теплий		21-23	27	29	18	17	40-60	65 (при 26°С)	0,3	0,2-0,4

Нижче в таблиці 11.2 наведена коротка санітарна характеристика відділення, що проектується.

Таблиця 11.2 – Коротка санітарна характеристика відділення, що проектується.

Назва виробничої ділянки, лабораторії, установки	Шкідливі речовини, що виділяються. Причини їх виділення	Група шкідливої речовини. Характеристика шкідливого впливу	Група шкідливої речовини у повітрі шкідливої зони, м/мг	Клас небезпечності шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту	Засоби долікарської допомоги	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Клас виробництва згідно СН-245-71	Санітарна група технологічного процесу згідно СНиП 2.09.04-87
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Катіонітовий фільтр	НСІ випаровування з баків зберігання при завантаженні у схему	Подразнюючі, при попаданні на шкіру, слизові оболонки, очі утворюються сильні хімічні опіки	2	3	Респіратор класу А, захисні окуляри, спецодяг	Промити великою кількістю води, 2% розчином соди	Нефелометричний з хлоратом калію УГ-2	V	16
Аніонітовий фільтр	NaOH розлив при завантаженні у схему	Подразнюючі, при попаданні на шкіру, слизові оболонки, очі утворюються сильні хімічні опіки	2	2	Захисні окуляри, гумові рукавички, прогумований хімічно-стійкий одяг	Промити великою кількістю води, потім слабким розчином оцтової кислоти (5%-им)	ХГА «АГАТ»	IV	3а

Нормовані умови праці в проектованому відділенні здійснюються за рахунок механізації і автоматизації важких та трудомістких робіт, раціонального розміщення і теплоізоляції устаткування, агрегатів, комунікації й інших джерел, що випромінюють на робочих місцях тепло.

Працівники забезпечені засобами індивідуального захисту – респіраторами типу "Пелюсток", спецодягом типу "П", одноразовими гумовими рукавицями, захисними окулярами, одноразовими берушами та взуттям. Раз на тиждень за допомогою пиломіра проводиться контроль вмісту шкідливих речовин і параметрів мікроклімату в повітрі робочої зони.

Для видалення шкідливих речовин з повітря, та подачі чистого повітря передбачено механічну загальнообмінну припливну і місцеву витяжну вентиляцію. Мінімальна кратність повітрообміну становить не менше 5. Припливна вентиляція служить для подачі до приміщення чистого вентилязованого повітря замість вилученого. Припливне повітря піддається

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спеціальній обробці (нагріванню, очищенню, зволоженню тощо) для підтримання параметрів мікроклімату. Витяжна вентиляція видаляє з цеху забруднене та нагріте відпрацьоване повітря. Продуктивність вентиляції збалансована з урахуванням можливості надходження повітря до суміжних приміщень або з них. На виробництві передбачено також аварійну вентиляцію: у разі раптового виділення токсичної пари. Вона приводиться в дію тільки у разі аварії і здійснюється витяжною вентиляцією для створення розрідження усередині приміщення тим самим, не даючи шкідливим речовинам розповсюдитися в суміжні приміщення. Аварійна вентиляція включається як від датчиків газосигналізаторів налаштованих на величину ГДК контрольованих речовин, так і вручну. Кратність повітрообміну для аварійної вентиляції  $8 \text{ ч}^{-1}$  разом з робочою.

Поза виробничою зоною встановлено систему очищення води (кулер з питною водою) у доступному місці.

Для зниження в повітрі робочої зони виділення шкідливих речовин передбачено герметизацію баків з робочими розчинами кислоти та лугу. Сулії з кислотами встановлюють групами не більше ніж у чотири ряди. Ширина проходу між рядами не менше 1 м. Для запобігання вибуху сулій у разі теплового розширення тару заповнюють не більше ніж на 90 % об'єму.

Підлогу в сховищах кислот виготовлено з кислототривких матеріалів. У складських приміщеннях в наявності достатня кількість засобів (содові та вапняні розчини) для нейтралізації випадково пролитих кислот.

#### 11.1.1.2. Виробниче освітлення

Проектом передбачено використання систем штучного робочого, аварійного, евакуаційного, ремонтного і охоронного освітлення. Система природного освітлення – комбінована. Вона являє собою сполучення верхнього й бічного освітлення. Норми освітлення, згідно ДБН В.2.5-28:2018, наведено в табл. 11.3.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 11.3 – Норми освітленості в цеху

Розряд і підрозряд зорової роботи	Освітленість, лк		КПО, %	
	Штучне		Природн е	Суміщен е
	Комбінов ане	Загальне	Верхнє і бічне	Верхнє і бічне
IVв	400	200	4 і 1,5	2,4 і 0,9
VIIIa	–	200	3 і 1	1,8 і 0,6

Для освітлення виробничого приміщення використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ–40(G13) та ЛБ–60(G13). Для аварійного і евакуаційного освітлення використано накладні світильники Elmar LRPS. Для виміру і контролю освітленості в приміщеннях використовують люксметри WT81 з періодичністю 1 раз на рік і після ремонту освітлювальних установок і заміни ламп. При аварійному освітленні мінімальна освітленість складає 5 % від нормованої, але не менше 2 лк. Для евакуації людей передбачається освітлення на підлозі основних проходів та на сходах не менше 0,5 лк, на відкритих майданчиках – не менше 0,2 лк

#### 11.1.1.3. Виробничий шум і вібрація

Джерелом вібрації та шуму в цеху є: електродвигуни, компресори, вентиляція. Рівень шуму на даному виробництві залежить від одночасної роботи всіх видів устаткування і сягає 66...82 дБА за даними лабораторних вимірів, що перевищує допустимий рівень звуку на робочих місцях (допустиме значення, згідно ДСН 3.3.6.037–99, не повинно перевищувати 80 дБА).

Зниження шуму досягається наступними способами:

- ізоляцією джерел шуму засобами звукоізоляції і звукопоглинання (перегородки і кожухи, перешкоджаючи розповсюдженню шуму);
- акустичною обробкою приміщень, (застосування звукопоглинаючих пористих матеріалів);
- використанням індивідуальних засобів захисту (беруші, навушники);
- використанням глушників (встановлюються на повітроводах);

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

- зменшенням шуму в джерелі їх утворення – мінімальні допуски, ретельне балансування, демпфірування вібрації деталей, що співударяються;
- архітектурно–планувальним рішенням: відстань від стіни до обладнання з робочої сторони лінії 1,5 м, з неробочої 1,2...1,5 м; площа виробничого приміщення на одного працюючого не менше 4,5 м<sup>2</sup>; мінімальна висота приміщення 5 м.

У відділенні, що проектується передбачено прилад SL824, для вимірювання рівня шуму і контролю рівня вібрації.

#### 11.1.1.4. Електробезпека

Відділення за ступенем небезпеки ураження електричним струмом відноситься до небезпечних приміщень, оскільки характеризується наявністю хімічно активного середовища, руйнуючого електроізоляцію і струмоведучих частин електрообладнання.

Ураження людей електричним струмом може виникнути в результаті дотику до струмоведучих елементів устаткування, які опинилися під напругою в результаті порушення ізоляції, а також ураження через електродугу і кроковою напругою. Електричне устаткування цеху підключене до трифазної чотирьохпровідної електричної мережі змінного струму промислової частини напруги 380/220В із глухозаземленою нейтраллю. Згідно ГОСТ 12.1.038–92, допустимі рівні напруг дотику ( $U_d$ ) і струму, що проходить через тіло людини ( $I_L$ ) рівні: при нормальному режимі роботи електричного встаткування  $U_d = 2В$ , а  $I_L = 0,3мА$ ; при аварійному 36 В и 6 мА відповідно.

Найчастіше відбувається однофазний дотик людини до мережі змінного струму. Сила струму, який проходить через людину, розраховується за формулою:

$$I_L = U_{\phi} 10^3 / (R_L + R_0), \text{ мА};$$

де  $U_{\phi}$  — 220 – фазна напруга, В;  $R_L = 3000$  – загальний опір тіла людини, Ом;

$R_0 = 4$  – опір робочого заземлення нейтралі, Ом;  $I_L = 220 / (3000 + 4) = 73 \text{ мА}$

$$U_d = I_L \cdot R_L, \text{ В}; U_d = 73 \cdot 10^3 \cdot 3000 = 219 \text{ В}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порівнюючи, розрахункові значення з нормативними, бачимо, що при порушенні вимог ПУЕ, у відділенні можуть бути електричні травми з важкими наслідками. Для забезпечення електробезпеки передбачені наступні технічні способи і засоби: занулення електрообладнання, знаки безпеки, захисне відключення установок, вирівнювання потенціалів, блокування, ізоляція струмоведучих частин, електричний поділ мереж, огорожувальні пристрої, мала напруга живлення ручних електроінструментів, сигналізація, попереджувальні плакати та знаки. Не передбачено використання подовжувачів та розеток без заземлюючого контакту. Безпека експлуатації при нормальному режимі електроустановок гарантується наступними заходами: ізоляцією струмоведучих частин (опір ізоляції не менше 0,5 Ом) та недоступністю струмоведучих частин.

Проектом прийнято наступні захисні засоби: діелектричні гумові ізолюючі підставки, гумові рукавички, інструмент з ізолюючими рукоятками і струмошукачі. Також передбачено для оголених дротів, апаратів, що мають незахищені і доступні для дотику струмоведучі частини, розміщення в спеціальних ящиках, що закриваються суцільними або сітчастими огороженнями.

## 11.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

### 11.2.1. Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

Оптимізація виробничої безпеки досягається двома напрямками::

- автоматизацією процесів з метою мінімального контакту людини з небезпечними виробничими факторами;
- адаптацією умов праці до можливостей працівників та суворе дотримання вимог інструкцій з охорони праці та технологічних регламентів.

При обслуговуванні системи знесолення води особливу небезпеку становить ураження електричним струмом через порушення цілісності ізоляції приладів. У процесі експлуатації можливі відхилення від нормального протікання процесів з небажаними наслідками для персоналу, зокрема, одержання опіків

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

працівником внаслідок розбризкування розчинів кислоти чи лугу. Причинами одержання травм від машин можуть бути необережне поводження з ними, контакт з відкритими частинами, що рухаються. Аварійний стан може виникнути у випадку відмови автоматики. Існує небезпека отримання хімічних опіків внаслідок розливу соляної кислоти та їдких лугів.

На підставі результатів аналізу потенційно небезпечних технологічних процесів і устаткування, проектом передбачаються заходи, що забезпечують безпечні і здорові умови праці. Вони припускають усунення безпосереднього контакту працюючих зі шкідливими речовинами. Це досягається застосуванням засобів механізації на стадіях вивантаження, дистанційним керуванням процесами, завантаження і транспортування вихідних матеріалів, проміжних продуктів і готової продукції автоматично.

Передбачено ефективні методи і засоби для захисту працюючих від травмування в небезпечних зонах. До них відносяться: прилади, що сигналізують і подають інформацію про роботу технологічного устаткування, про зміни протягом процесу, попереджають про небезпеки і повідомляють, про місце їхнього знаходження і при необхідності автоматично відключають аварійні ділянки; огорожувальні пристрої, що перешкоджають проходженню людини в небезпечну зону (до розподільних пристроїв електроустаткування, до корпусів електродвигунів, травмонебезпечних ділянок); всі вантажопідйомні механізми піддаються періодичним технічним оглядам. По всьому відділенню розміщено попереджувальні плакати для інформування працюючих про можливі небезпеки і першу допомогу при одержанні різного роду травм.

На все технологічне обладнання наявна така документація:

- паспорт (оформляє підприємство-виробник);
- сертифікат безпеки (результати експертизи на відповідність вимогам безпечності);
- інструкція з експлуатації.

Служба охорони праці підприємства на всі види обладнання та виробничі блоки оформлює картки небезпеки відповідно до "Методичних рекомендацій

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

щодо порядку розробки, узгодження, затвердження та впровадження ПЛАС на підприємствах з виробництва лікарських засобів".

У картці зазначено таку інформацію:

- найменування обладнання;
- тип обладнання;
- номер позиції обладнання на технологічній схемі регламенту;
- призначення обладнання;
- розпізнавальні ознаки аварії на виробництві;
- сценарій можливої аварії та план її ліквідації.

#### 11.2.2. Пожежна безпека

У відділенні можливе виникнення джерел загоряння внаслідок перевантаження електроустаткування. Причинами загорання також можуть бути: розряди статичної електрики, коротке замикання між частинами обладнання, механічні пошкодження електропроводу і обладнання.

Основними причинами короткого замикання є пошкодження електроізоляції дротів, дія на дроти хімічно активних речовин. Для попередження захисту ізоляції струмовідводу від дії хімічних речовин використано гофрований металевий кожух із нержавіючої сталі, прокладання проводів у пластиковому захисному кожуху. Для попередження перевантажень і короткого замикання в електричних мережах застосовано плавкі запобіжники і спеціальні автомати, включені в мережу послідовно. Попередження перегріву проводів від перехідних опорів досягнуто збільшенням площі опору контактів, застосуванням пружних контактів. Всі прилади підлягають заземленню.

Для гасіння джерел пожежі робочі місця обладнані протипожежними щитами з набором засобів пожежогасіння, порошковими вогнегасниками ОП-5, ящиками з піском. Виробничі приміщення та склади обладнані внутрішніми пожежними кранами – елемент внутрішнього пожежного водопроводу, які перевіряються пуском води не рідше 1 разу на 6 місяців. Між виробничими будинками передбачені пожежні розриви 10 м. Для попередження вибухів газопроводів їх періодично перевіряють на герметичність.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Будівлю захищено від прямого удару блискавки (відповідно до СН 305 – 77) за допомогою блискавковідводу, що складається з блискавкоприймача (що приймає на себе розряд блискавки), заземлювача і струмопровідника. Тип вертикальний стрижньовий:  $H = 100\text{м}$ , висота його зони захисту під землею  $H_0 = 0,92 \cdot 100 = 92\text{ м}$ . Радіус зони захисту на рівні землі  $\eta_0 = 1,5 \cdot 100 = 150\text{ м}$ . У відділенні, окрім стаціонарної системи пожежогасіння, на ділянках є порошкові вогнегасники ОП–8.

Показники пожежо– та вибухонебезпечності речовин і матеріалів для процесу знесолення води занесені до таблиці 11.4.

Встановлюється охоронно–пожежна сигналізація автономного типу. Кабелі високої напруги проведені в броньованих оболонках. Перед початком роботи трубопроводи (подачі і відведення води питної та знесоленої) необхідно продути повітрям та перевірити результати продувки. Для захисту електроустаткування від загоряння застосовано такі методи: фарбування електроустаткування негорючими матеріалами, регулярне технічне обслуговування.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 11.4 – Показники пожежо– та вибухонебезпечності речовин і матеріалів

Назва дільниці	Речовини, що мають обіг у виробництві ГОСТ	Агрегатний стан речовини в нормальних умовах	Горючість, займистість	Показники пожежо- та вибухонебезпечності			Межа запалення		Вибухо–небезпечні суміші з повітрям		Вогнегасні засоби	Категорія приміщення за ЗНП 24–86	Клас приміщення і зовнішніх установок згідно з ПУЕ	Категорія об'єкта і тип зони захисту і влаштуванню блискавкозахисту згідно з БН 305–77
				Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання	% об'ємних	г/м³	Категорія	Група				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Бак з регенераційним розчином	Віні-пласт	Тв.	Важкозаймисті	–	580	580	–	–	–	–	Вода, піна	В	02	2Б
Поміст	Бетон, гума	Тв.	Горюча	170	400	400	–	–	–	–	Вода	В	02	2Б

### 11.2.3. Аналіз небезпеки об'єкта

Оскільки у відділенні використовується концентрована соляна кислота, то необхідно передбачити таке місце для її зберігання, яке не перешкоджатиме евакуації персоналу при аварійній ситуації, пов'язаній з розливом кислоти.

Глибина прогнозованої зони поширення хмари зараженого повітря з уражальними концентраціями для закритої місцевості становить:

$$\Gamma_{\text{пош}} = \frac{\Gamma_{\text{т}} K_{\text{в}}}{K_{\text{сх}}} - \Gamma_{\text{зм}} = (1,3125 \cdot 0,6) / 4,6 - 0,071 = 0,100 \text{ км},$$

де  $\Gamma_{\text{т}}$  – табличне значення глибини зони, за кількості викинутої під час аварії соляної кислоти (1т), 1,3125 км;  $K_{\text{в}}$  – поправковий коефіцієнт на вітер, 0,6;  $K_{\text{сх}}$  – коефіцієнт, що враховує тип сховища і характеризує зменшення глибини поширення хмари у разі виливу у «піддон» висотою 1м, 4,6;  $\Gamma_{\text{зм}}$  –

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

величина, на яку зменшується глибина поширення хмари небезпечної хімічної речовини на закритій місцевості (міська), км; визначається за формулою:

$$\Gamma_{\text{зм}} = L - \frac{L}{K_{\text{зм}}} = 0,1 - 0,1/3,5 = 0,071 \text{ км},$$

де  $L$  – довжина закритої місцевості на осі сліду хмари НХР (у межах глибини, на яку поширилась би хмара на відкритій місцевості), 0,1 км;  $K_{\text{зм}}$  – коефіцієнт зменшення глибини поширення хмари НХР для кожного 1 км довжини закритої місцевості, 3,5.

Отже, глибина поширення хмари соляної кислоти, при її розливі, відносно невелика. Розташування місця зберігання кислоти в протилежному від аварійного виходу кінці приміщення не перекриватиме шлях евакуації. Розлив кислоти при швидкому реагуванні (евакуація персоналу, нейтралізація розливої кислоти) не завдасть значної шкоди здоров'ю людей.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## ВИСНОВКИ

В даному проекті було розглянуто методи знесолення води: дистиляція, іонний обмін, електродіаліз та зворотній осмос.

Вода з високим солевмістом не придатна для технологічних цілей, оскільки містить домішки, які можуть відкладатися на поверхнях приладів і зменшувати їх експлуатаційні характеристики та термін нормального функціонування. Саме тому знесолена вода є важливою складовою будь-якого потужного виробництва.

Метою проекту було розроблення відділення знесолення води. Таке відділення може бути частиною цеху фармацевтичного, хімічного, енергетичного підприємства або підприємства харчової промисловості.

Розроблено та представлено технологічну схему знесолення води питної, яка складається з таких стадій:

- очищення на механічному фільтрі;
- знесолення на іонообмінних смолах;
- видалення органічних компонентів методом фільтрування через вугільний фільтр;
- глибоке знесолення на зворотно-осмотичній установці.

Перевагою такої технологічної схеми є глибоке знесолення води до залишкової мінералізації 4-6 мг/дм<sup>3</sup>. Концентровані стоки, які утворюються при регенерації іонообмінних смол та в зворотно-осмотичній установці змішуються з промивними та розпушуючими водами та можуть бути використані для побутових потреб підприємства.

В проекті наведено розрахунки основного обладнання, розроблено автоматичне регулювання та контроль виробництва. Розглянуто екологічні аспекти відділення знесолення, способи утилізації відходів.

Проведено аналіз небезпечних факторів виробництва з точки зору охорони праці.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рентабельність такого виробництва розраховано з огляду на наявність потенційних споживачів та паспорт клієнта. Розраховано фонд оплати праці та оборотні фонди підприємства.

Демінералізована вода, яка є продукцією відділення, може в подальшому використовуватись як сировина для води очищеної та води для ін'єкцій, як теплоносії в енергетиці. Потреба в такій воді для промисловості значна і не втрачає своєї актуальності, що спричинює попит та гарантує рентабельність (складає 165%). Термін повернення капіталовкладень становить трохи більше 7 місяців.

З огляду на проведені розрахунки, можна стверджувати, що виробництво є економічно вигідним.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Фізико-хімічні методи очищення води. Керування водними ресурсами. Під ред. Астреліна І., Ратнавіри Х. Water Harmony Project, 2015. 578 с. ISBN 978-82-999978-3-6.
2. Конспект лекцій з дисципліни "Технологія очищення води від розчинених домішок" (для студентів 5 курсу денної форми навчання спеціальності 7.092601 – «Водопостачання і водовідведення») / Авт.: К.Б.Сорокіна. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 103 с.
3. ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» від 01.07.2010 №452/17747 МОЗ України.
4. Режим доступу до ресурсу:  
[http://www.iaea.org/inis/search/Chernobyl/Key\\_documents/37075405.pdf](http://www.iaea.org/inis/search/Chernobyl/Key_documents/37075405.pdf).
5. Исследования, разработка технологии и аппаратурно-технологическая схема утилизации отработавших ИОС ПО «Маяк», содержащих радионуклиды: отчет ПО «Маяк» / [Гужавин В.И., Бабинцев Е.С., Гелис В.М., Костюнина Т.В.]. - инв. № 5160. - Озерск, 1995.
6. Васелевски Р. Промышленные опыты по утилизации отработанных ионообменных смол в коксовой батарее / Р. Васелевски, А. Соболевски. - Кокс и химия. М.: Metallurgizdat. - № 2, 2011, С. 36 - 40.
7. Екологічні Інвестиції. Утилізація активованого вугілля [Електронний ресурс] / Екологічні Інвестиції – Режим доступу до ресурсу:  
<https://ekoinvest.com.ua/aktivirovannyu-ugol-asbest>.
8. Основные процессы и аппараты химической технологии / Под ред. Ю.И. Дытнерского – М.: Химия, 1991.
9. Запольский А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води :Підручник –К.: Вища школа, 2005. –671 с. ISBN 966-642-234-4.
10. Тугай А.М. Водопостачання. / А.М. Тугай, В.О. Орлов. – К.: Знання, 2009. –735 с. ISBN 978-966-346-487-9.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Автоматичні системи керування хіміко-технологічними процесами: навч. посіб. для студ. хіміко-технол. спец. / В. Я. Кожухар, В. В. Брем, Ю. Ф. Каверін, Ю. К. Тодорцев. – Одеса: Екологія, 2005. – 224 с.

12. Брик М.Т. Енциклопедія мембран. У 2-х томах. – К.: Вид. дім «Києво-Могилянська академія», 2005. –Т.1 –658 с. ISBN 966-518-340-0

13. Вихрев В.Ф. Водоподготовка / В.Ф. Вихрев, М.С. Шкроб. – М.: Энергия, 1973. –416 с

14. Генкин А. Э. Оборудование химических заводов [Текст] / А.Е. Генкин. –М.: Высшая школа, 1978. –271 с.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		