

**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 \_\_\_\_\_

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: «Установка знесолення води на ТЕЦ»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) 2 курсу, групи ХН-91мп

Ткачук Олена Олегівна \_\_\_\_\_

Керівник:

Доцент, канд..техн. наук, доцент,

Концевой Сергій Андрійович \_\_\_\_\_

Консультант з економіко-організаційних рішень:

Доцент, к.т.н., доцент,

Підлісна Олена Анатоліївна \_\_\_\_\_

Консультант з охорони праці:

Доцент каф. , к.т.н., доцент,

Полукаров Юрій Олексійович \_\_\_\_\_

Консультант з автоматичного контролю та регулювання:

ст.викладач,

Лукінюк Михайло Васильович \_\_\_\_\_

Консультант з об'ємно-планувальних рішень:

к.т.н, асистент,

Крimeць Григорій Володимирович \_\_\_\_\_

Рецензент:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

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

Студент (-ка) \_\_\_\_\_

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**  
**Ткачук Олені Олегівні**

1. Тема дисертації «Установка знесолення води на ТЕЦ», науковий керівник дисертації Концевой Сергій Андрійович, канд.. техн.. наук, доцент, затверджені наказом по університету від «17» листопада 2020 р. №3332-с
2. Термін подання студентом дисертації 10 грудня 2020 р.
3. Об'єкт дослідження : води з великим вмістом солей жорсткості, завислих твердих речовин, розчиненого кисню.
4. Вихідні дані: продуктивність по вхідній воді 240 м<sup>3</sup>/год,
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: обґрунтування та вибір способу і технологічної схеми виробництва. Характеристика продукції, сировини, допоміжних матеріалів. Характеристика і обґрунтування прийнятого методу виробництва. Хімізм та його теоретичні основи. Опис технологічної схеми. Автоматичне регулювання та контроль виробництва. Економіко-організаційні розрахунки. Оцінка можливостей реалізації через стартап-проект. Охорона праці виробничого проекту. Екологічна безпеність виробництва. Об'ємно-планувальні рішення .
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: технологічна схема цеху, креслення загального вигляду головного апарату, схема дистанційного контролю та автоматичного регулювання технологічних параметрів, план-розріз цеху.

## 7. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економіко-організаційні рішення	Підлісна О.А., доцент		
Охорона праці	Полукаров Ю.О., доцент		
Автоматичний контроль та регулювання	Лукінюк М.В., ст.викладач		
Об'ємно-планувальні рішення	Крimeць Г.В., асистент		

## 8. Дата видачі завдання 18 вересня 2020 р.

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Обґрунтування та вибір способу виробництва	22 вересня	
2	Характеристика продукції, сировини, допоміжних матеріалів, енергетичних потоків. Характеристика прийнятого методу виробництва. Хімізм та теоретичні основи процесу	29 вересня	
3	Визначення витратних коефіцієнтів сировини, напівпродуктів, допоміжних матеріалів та енергетичних носіїв	6 жовтня	
4	Комп'ютерний набір технологічної частини пояснювальної записки	13 жовтня	
5	Характеристика технологічного обладнання розрахунків та вибір основного реактору, розрахунків та вибір допоміжного обладнання	20 жовтня	
6	Автоматичний контроль та керування виробництвом	27 жовтня	
7	Оцінка можливостей реалізації через стартап-проект	3 листопада	
8	Охорона праці виробничого проекту	10 листопада	
9	Екологічна безпека виробництва	17 листопада	
10	Об'ємно-планувальні рішення	24 листопада	
11	Оформлення пояснювальної записки, виконання креслень.	1 грудня	

Студент \_\_\_\_\_

Олена ТКАЧУК

Науковий керівник \_\_\_\_\_

Сергій КОНЦЕВОЙ

# **Пояснювальна записка до дипломного проекту**

на тему: Установка знесолення води на ТЕЦ

.

Київ – 2020 року

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 79 с.; 6 рис.; 23 табл.; 19 посилань; 2 додатки.

В магістерській дисертації розроблено модернізовану технологічну схему установки знесолення води для ТЕЦ. Наведено фізико-хімічні основи методів знесолення, а саме іонного обмінну і нанофільтрації. Охарактеризовано продукцію, сировину і допоміжні матеріали. Проведено конструктивно-технологічні розрахунки основного та допоміжного обладнання.

Підібрано засоби автоматичного управління і регулювання згідно технологічної схеми. Оцінено можливість реалізації даної установки знесолення через стартап-проект. Вирішено питання екологізації виробництва та утилізації утворених відходів. Розглянуто техніку безпеки на виробництві, оцінено шкідливі фактори виробництва і методи їх знешкодження.

Розроблений план-розріз цеху і охарактеризовано компонування і підбір обладнання у цеху.

ЗНЕСОЛЕННЯ, НАНОФІЛЬТРАЦІЯ, ІОННИЙ ОБМІН, ПЕРМІАТ, КОНЦЕНТРАТ, ОН-АНІОНІТОВИЙ ФІЛЬТР, Н-КАТІОНІТОВИЙ ФІЛЬТР, АВТОМАТИЗАЦІЯ, СТАРТАП-ПРОЄКТ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ЕКОЛОГІЗАЦІЯ, ПЛАН-РОЗРІЗ.

## РЕФЕРАТ

Пояснительная записка 79 с.; 6 рис.; 23 табл.; 10 ссылок; 2 приложения.

В магистерской диссертации разработано модернизированную технологическую схему установки обессоливания воды для ТЭЦ. Приведены физико-химические основы методов обессоливания, а именно ионного обмена и нанофильтрации.

Охарактеризовано продукцию, сырье и вспомогательные материалы. Проведено конструктивно-технологические расчеты основного и вспомогательного оборудования.

Подобрано средства автоматического управления и регулирования согласно технологической схеме. Оценена возможность реализации данной установки обессоливания через стартап-проект. Решен вопрос экологизации производства и утилизации образованных отходов. Рассмотрено технику безопасности на производстве, оценены вредные факторы производства и методы их обезвреживания.

Разработан план-разрез цеха и охарактеризовано компоновку и подбор оборудования в цехе.

ОБЕССОЛИВАНИЯ, НАНОФИЛЬТРАЦИЯ, ИОННЫЙ ОБМЕН, ПЕРМИАТ, КОНЦЕНТРАТ, ОН-АНИОНИТОВОЙ ФИЛЬТР, Н-

КАТИОНИТОВОЙ ФИЛЬТР, АВТОМАТИЗАЦИЯ, СТАРТАП-ПРОЕКТ,  
ОХРАНА ТРУДА, ЭКОЛОГИЗАЦИЯ, ПЛАН-РАЗРЕЗ.

### **ABSTRACT**

Explanatory note 79 pp.; 6 fig.; 23 tab.; 10 lib.; 2 appendices.

In the master's dissertation the modernized technological scheme of installation of desalination of water for thermal power plant is developed. The physicochemical bases of desalination methods, namely ion exchange and nanofiltration, are given.

Products, raw materials and auxiliary materials are characterized. Structural and technological calculations of the main and auxiliary equipment are carried out.

The means of automatic control and regulation were selected according to the technological scheme. The possibility of implementing this desalination unit through a start-up project has been assessed. The issue of greening production and disposal of generated waste has been resolved. The article considers safety measures at work, evaluates harmful factors of production and methods of their neutralization.

A sectional plan of the workshop was developed and the layout and selection of equipment in the workshop were characterized.

DESALINATION, NANOFILTRATION, ION EXCHANGE, PERMIATE,  
CONCENTRATE, ON-ANIONITE FILTER, H-CATIONITE FILTER,

AUTOMATION, STRARTUP-PROJECT, LABOR PROTECTION,  
ECOLOGIZATION-WASTE.



## Зміст

Зміст.....	8
ВСТУП .....	11
1 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА.....	12
1.1 Метод іонного обмінну.....	13
1.2 Мембранні методи.....	15
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ .....	18
2.1 Характеристика продукції та сировини .....	18
2.2 Характеристика допоміжних матеріалів.....	19
3.ХАРАКТЕРИСТИКИ І ОБГРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА.ХІМІЗМ.ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ОБГРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ .....	23
3.1 Процес іонного обмінну .....	23
3.2. Процес нанофільтрації.....	27
4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ .....	31
5. ВИТРАТНІ КОЕФІЦІЄНТИ З СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	33
6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ .....	37
6.1 Розрахунок системи нанофільтрації.....	37
6.2 Розрахунок аніонітового фільтра (основний апарат) .....	37
6.3. Розрахунок Н - катіонітового фільтра.....	39
6.4 Розрахунок механічного фільтру.....	41
6.5 Вибір допоміжного та насосного обладнання.....	42
7. АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ... 43	
7.1. Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації та обґрунтування задач автоматизації .....	43

					ХН91мп15 1440 001 ПЗ			
Вик	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
					Установка знесолення  води на ТЕЦ	Лім.	Аркуші	Акруш
								8
						КПІ ім. Ігоря Сікорського,  ХТФ гр. ХН-91мп		
Перевір.		Концевой С.А.						
Н. Контр.		Феденко Ю.М						
Затверд.								

7.2	Опис розробленої схеми автоматизації.....	45
8	ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ РЕАЛІЗАЦІЇ ЧЕРЕЗ СТАРТАП ПРОЄКТ .....	48
8.1	Загальна характеристика стартап-проєкту .....	48
8.2.	Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу .....	49
8.3.	Ключові фактори успіху проєкту методом Шонфільда.....	53
8.5	Розрахунок собівартості розробки .....	54
8.6	Ціна пропозиції на ринку .....	56
8.6.1	Метод повних витрат .....	56
8.6.2	Агрегатний метод.....	56
8.6.3	Метод точки безбитковості .....	57
8.7	Оцінка ризиків та страхування розробки.....	57
9	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	60
9.1	Охорона праці .....	60
9.1.1	Виявлення та аналіз ШНВФ. Заходи з охорони праці .....	60
9.1.1.4	Електробезпека.....	64
9.2	Безпека в надзвичайних ситуаціях .....	65
9.2.1	Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання .....	65
9.2.2	Пожежна безпека.....	66
9.2.3	Аналіз небезпеки об'єкта .....	67
10	ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА.....	68
10.1	Аналіз джерел та відходів, що утворюються під час технологічного процесу знесолення.....	68
10.2	Екологічний моніторинг .....	70
11.	СТАНДАРТИЗАЦІЯ, МЕТРОЛОГІЯ ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ .....	72
	ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ З ЗАЛУЧЕННЯМ СТАНДАРТІВ ISO.....	72
12	ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ.....	74
12.1	Компонування обладнання виробництва.....	74
12.2	Характеристика підйомно-транспортного устаткування.....	77
	ВИСНОВКИ.....	79

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Устаткування сучасних теплових електростанцій експлуатується в умовах високих теплових навантажень, що вимагають жорсткого обмеження товщини відкладень на внутрішніх поверхнях обладнання відповідно до умов температурного режиму в процесі роботи. Такі відкладення утворюються з домішок, які потрапляють в цикли установки. Тому забезпечення високої якості теплоносія на ТЕЦ є вкрай важливою задачею.

Для покращення якості води, що використовується на ТЕЦ виникає необхідність фізико-хімічного очищення природної води. Сучасні ТЕЦ застосовують різноманітні методи очищення води, що поєднують механічні, хімічні (пом'якшення, знесолення), мембранні (нанофільтрація, ультрафільтрація, зворотній осмос), а також термічні (для отримання дистилляту).

Для заповнення втрат пари і конденстату у циклі станції використовується глибоко знесолена вода. На вибір схеми очищення води впливає тип електростанції, якість води, тип котла і тиск при якому він працює, спосіб регулювання. Вода, яка використовується для утворення пари, не повинна містити завислих твердих речовин, розчинений кисень та солей, які спричиняють жорсткість.

На сьогоднішній день актуальною є задача проектування нових систем глибокого знесолення оснований на новітніх методах водопідготовки.

Мембранні технології визнані найефективнішими та найекономічнішими рішеннями для очищення води на сьогодні.

Метою магістерської дисертації є розроблення модернізованої технології знесолення води для ТЕЦ, вибір обладнання, автоматизація розробленої технологічної схеми, економічний розрахунок, екологізація процесу та об'ємно- планувальні рішення.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА

Знесолення води – виробнича необхідність, що визначається технічними вимогами в енергетиці, металургії, хімічній та харчовій промисловості.

У сферах енергетики та металургії використання знесоленої води може значно продовжити термін експлуатації парового та опалювального обладнання.

На сьогоднішній день існує дві групи отримання знесоленої води в промисловості: традиційна та сучасна.

Традиційний метод заснований на класичній схемі використання іонного обміну як методу знесолення та попередньої обробки води на безнапірних або швидких фільтрах з попереднім осадженням або без нього.

Сучасний підхід - мембранні методи на всіх етапах.

В даній магістерській дисертації пропонується комбінований метод процесу зниження загального вмісту солей.

Іонний обмін досі залишається одним із основних методів глибокого очищення води від солей. Наявність багатьох іоннообмінних матеріалів дозволяє ефективно вирішувати проблеми знесолення води різного хімічного складу.

Нанофільтрація – це спеціальний мембранний процес, який може захоплювати частинки розміром приблизно 1 нанометр. Область нанофільтрації лежить між ультрафільтрацією і зворотнім осмосом. Діапазон утримання розчинених солей при нанофільтрації становить від 20 – 98 %. Швидкість очищення солей з одновалентним аніоном: 20 – 80 %, а швидкість очищення солі з двовалентним аніоном становить 90 – 98 %.

У всіх країнах світу використання іоннообмінників для знесолення води стало звичним явищем. Хоча було досягнуто значного прогресу в розробці методів хімічного знесолення, технологія іонного обміну все ще використовується при підготовці води для атомних та теплових

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електростанцій з обладнанням, яке працює під високим, надвисоким та критичним тиском, а також для глибокого знесолення в хімічній та фармацевтичній промисловостях.

Розробка і вдосконалення всіх методів знесолення води, особливо стрімке удосконалення мембранних процесів, постійно змінює співвідношення вартостей установок до очищеної води. Крім того, в даний час все більшу роль відіграє екологічність процесів очищення води, тобто кількість солей, що скидаються в навколишнє середовище.

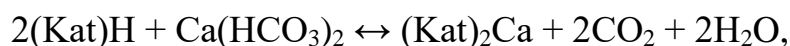
### 1.1 Метод іонного обміну

Суть методу полягає в здатності іонообмінних матеріалів (іонітів) поглинати з води (розчину електроліту) позитивні або негативні іони в обмін на еквівалентну кількість іонів іоніту.

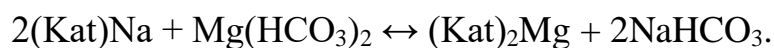
За своїм складом іоніти поділяються на мінеральні та органічні, які в свою чергу, поділяють на природні і штучні. В даний момент в промисловості широко застосовують органічні іоніти штучного походження [1].

Іонообмінні смоли є високомолекулярними органічними сполуками і не розчиняються у воді та органічних розчинниках. Здатність іонообміну залежить від структури іонообмінної смоли, в основі якої лежить високомолекулярна магістраль або так звана матриця (R) з фіксованими функціональними іонними групами, які мають позитивний заряд (аніонообмінна смола) або негативний заряд (катионообмінна смола) і компенсується на стадії іонного обміну зворотною заміною. Зустрічний іон переміщується в скелеті іонообмінної смоли, тому його можна замінити іншими іонами в розчині.

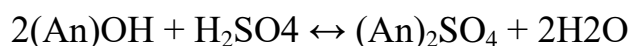
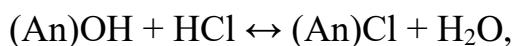
Процес катіонного обміну можна виразити наступним чином:



					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



А процес аніонного обміну можна представити наступним чином:



Реакції іонного обміну оборотні, що дозволяє здійснити регенерацію відпрацьованого іоніту, обробляючи його розчинами відповідних лугів, кислот і солей, наприклад:



В установці для знесолення з послідовним застосуванням Н - катіонування і ОН-аніонування, вода при проходженні через катіоніт звільняється від іонів кальцію і магнію в Н-катіонітових фільтрах, а потім в аніонітових фільтрах з неї видаляються аніони. Далі вода проходить через дегазатор, де вона звільняється від кисню і діоксиду вуглецю, і далі через збірник води надходить до споживача. Для регенерації в Н - катіонітовий фільтр подається 2% -й розчин сульфатної або хлоридної кислоти, в ОН-аніонітовий фільтр - 2- 4% -й розчин гідроксиду натрію [1].

Іонообмінний метод має ряд переваг та недоліків.

Переваги:

- можливість отримання води дуже високої якості (багатоступінчасті установки), в тому числі для котлів будь-якого тиску;
- здатність працювати при параметрах живильної води, які різко змінюються;
- невеликі капітальні та енерговитрати;
- невеликий об'єм води, який використовується на власні потреби, особливо у протиточних фільтрах;

Недоліки:

- велика витрата реагентів;

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- експлуатаційні витрати збільшуються пропорційно з солевмістом вихідної води;
- в залежності від якості вихідної води потрібно попередня очистка – іноді доволі складна;
- необхідність обробки стічних вод і складності з їх скиданням [1].

## 1.2 Мембранні методи

Зворотний осмос є одним з найбільш часто вживаних способів мембранної очистки. Дана технологія заснована на оборотності процесу природного (прямого) осмосу - самовільного переходу розчинника через напівпроникну мембрану в розчин. Щоб провести обробку води за технологією зворотного осмосу потрібно створити надлишковий тиск (що перевищує осмотичний), щоб змусити молекули води дифундувати через напівпроникну мембрану в напрямку, протилежному природному (прямому) осмосу. Процес знесолення з використанням технології зворотного осмосу добре відпрацьований з точки зору його організації, апаратурного оформлення і автоматизації [5].

Основні недоліки даного методу:

- необхідність дознесолення перміату;
- високе енергоспоживання;
- високі вимоги до якості води, яка подається на установку зворотного осмосу, які важко забезпечити на «традиційній» передочисці з використанням освітлювачів.

На сьогоднішній день потужного розвитку досягли і інші барометричні методи знесолення води. Перспективним і більш економічним, у порівнянні з методом зворотного осмосу є нанофільтрація.

Нанофільтрація - спосіб водопідготовки, який заснований на зворотноосмотичному поділі рідин. При цьому поверхня нанофільтраційної мембрани має більш проникний і менш щільний селективний шар в порівнянні з мембранами, що застосовуються в установках зворотного

					XH91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



осмосу. На мембранний елемент під тиском подають рідину. Чиста рідина надходить в канал перміату, а забруднена залишається в каналі подачі.

Технологія нанофільтрації оптимальна для видалення великих заряджених частинок (полівалентних іонів) наступних речовин: магній, кальцій, марганець, залізо, ртуть, свинець, мідь, пестициди, фосфати.

Крім очищення від шкідливих домішок, установка нанофільтрації забезпечує безреагентну дезінфекцію і знезараження води. Фільтри високо ефективні при видаленні найпростіших бактерій, вірусів і паразитів з розміром від 0,1 до 1 мкм.

Поверхневі властивості нанофільтраційних і зворотньоосмотичних мембран схожі, але у перших робочий тиск нижче в порівнянні з очищенням води методом зворотного осмосу.

Селективність мембран по двозарядним катіонам магнію і кальцію досягає 98%, а по моновалентним солям - близько 85% [4].

Перевага нанофільтрації - зниження енергетичних витрат у процесі водопідготовки. Не всі підприємства мають потребу в знесоленні води на рівні 99,5%, тому технологію зворотного осмосу замінюють методом нанофільтрації з меншим робочим тиском. Отриману рідину використовують в таких цілях:

- промивка обладнання, у технологічних процесах для хімічної, теплоенергетичної, фармацевтичної, парфумерної промисловостях;
- видалення високомолекулярних органічних забруднювачів БСК і ХСК;
- водопостачання нафтохімічних, виробничих підприємств і медустанов.

Очисні установки нанофільтрації повністю автоматизують процес підготовки води. Безперервність, ефективність і економічність процесу - безсумнівні переваги нанофільтраційних технологій. При цьому вона

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

екологічно чиста, оскільки не вимагає застосування хімічних речовин і небезпечних реагентів.

Апарати для здійснення нанофільтраційних процесів повинні мати велику поверхню мембран в одиниці об'єму апарату і бути простими в збірці і демонтажі зважаючи на необхідність періодичної зміни мембран. При русі по секціях і елементах апарату рідина повинна рівномірно розподілятися над мембранною поверхнею і мати досить високу швидкість течії для зменшення впливу концентраційної поляризації. Перепад тиску в апараті повинен бути, по можливості, невеликим [4].

На сьогоднішній день найкращі економічні, екологічні та технологічні показники мають комбіновані схеми глибокого знесолення, коли перша стадія здійснюється безреагентним методом (мембранні методи), а доочищення води – іонним обміном. Така схема дозволяє скоротити у порівнянні з «чистим» іонним обміном витрату реагентів і обсяг сольових стоків приблизно в 10 разів при максимальній якості очищення води.

Враховуючи вище наведену інформацію, обрано наступну схему знесолення води, нанофільтрація і іонний обмін ( із зміною послідовності Н і ОН іонування).

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

### 2.1 Характеристика продукції та сировини

Продукцією даного цеху водоочищення є глибокознесолена вода для поновлення втрат пари на ТЕЦ. У таблиці 2.1 наведена характеристика знесоленої води, яку використовують ТЕЦ [2].

Таблиця 2.1 – Показники якості глибокознесоленої води

Показник	Значення
Солевміст, мг/дм <sup>3</sup>	7÷8
Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	<0,1
Кремнієва кислота, мг/дм <sup>3</sup>	0,05÷0,06
Залізо, мкг/дм <sup>3</sup>	10
Твердість, мг-екв/дм <sup>3</sup>	0,001÷0,005
рН	6,5÷8,5
Лужність, мг-екв/дм <sup>3</sup>	-
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	-
Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	-

У таблиці 2.2 вказано показники яким відповідає вхідна вода.

Таблиця 2.2 – Показники якості вхідної води

Показник	Значення
Солевміст, мг/дм <sup>3</sup>	750
Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	1÷10
Кремнієва кислота, мг/дм <sup>3</sup>	8÷18
Залізо, мкг/дм <sup>3</sup>	350÷900
Твердість, мг-екв/дм <sup>3</sup>	3,0÷4,5
рН	7,5

Показник	Значення
Лужність, мг-екв/дм <sup>3</sup>	2,5÷4,0
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	8÷18
Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	200

## 2.2 Характеристика допоміжних матеріалів

При механічному фільтруванні у якості допоміжних матеріалів використовується завантаження фільтру (кварцевий пісок). На стадії нанофільтрації допоміжними матеріалами є самі мембранні елементи, а також розчини антискаланту розчин для промивки. В якості допоміжних матеріалів процесу іонного обміну використовуються сильнокислотний катіоніт (КУ-2-8), сильноосновний аніоніт (АВ-17-8), розчини хлоридної і кислоти і гідроксиду натрію.

Як завантаження у механічному фільтрі застосовується кварцевий пісок.

Кварцевий пісок – міцний, стійкий до пошкоджень природний матеріал із високою адсорбційною здатністю. Завдяки високому вмісту діоксиду кремнію кварцевий пісок, що використовується у фільтрі, може забезпечити надійне та ефективне очищення води. Характеристики і умови експлуатації кварцевого піску наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики кварцевого піску[8].

Показник	Кварцовий пісок А
Насипна маса, г/см <sup>3</sup>	1,3
Розмір гранул, мм	0,8-1,2
Коефіцієнт однорідності	1,6-1,8
Швидкість фільтрації, м/год	4-12

У якості мембран для стадії нанофільтрації застосовується мембрана FILMTEC NF270-400. Ця мембрана має чудову продуктивність і економічність. Мембрани виготовляються за запатентованою технологією, яка забезпечує надійну роботу всієї системи нанофільтрації і мають такі характеристики площа поверхні - 50м<sup>2</sup>, мінімальний робочий тиск – 5 бар.

Як засіб проти накипу використовується розчин антискаланту ECOTES RO 3010 – рідкий, диспергуючий засіб на основі полімерів та сополімерів акрилової кислоти та фосфонатів. Застосовується для пригнічення осаждения та диспергування колоїдів.

Для промивки мембранних елементів використовується кислотний реагент Avista RoClean L403. Буферна здатність цього реагенту може забезпечити підтримку необхідного значення рН під час процесу промивання, а рН компенсується температурою в широкому діапазоні температур для найбільш ефективного видалення відкладень.

Для знесолення води застосовують іонообмінні матеріали у вигляді аніоніту і катіоніту. Аніонітовий фільтр завантажений сильноосновним аніонітом АВ- 17- 8. Аніоніт АВ-17-8 представляє собою практично не розчину у водних розчинах речовину, з хорошою осмотичною та хімічною стійкістю. Основні властивості аніоніту перераховано в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристика Аніоніт АВ-17-8 [7].

Показники	Значення
Гранулометричний склад:	
розмір зерен, мм	0,315-1,25
вміст робочої фракції, %	95
ефективний розмір зерен, мм, не більше	0,4-0,6
коефіцієнт однорідності, не більше	1,7
Вміст води, %	30-50
Питомий об'єм, см <sup>3</sup> /г, не більше	
ОН – форма	3

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Показники	Значення
Повна статична об'ємна ємність, мг-екв/мл, не менше	1,15
Окиснюваність фільтрату в перерахунку на O <sub>2</sub> , мг/г, не більше	0,55
Осмотична стабільність, %, не менше	92,5

Катіонітові фільтри завантажені сильнокислотним катіонітом КУ-2-8.

Сильнокислотний катіоніт КУ-2-8 (ГОСТ 20298-74) одержують сульфуванням сополімеру стиролу із 8%-вим диметилбензолом. У нього гелева структура. Катіоніт характеризується високою хімічною стійкістю в розведених розчинах лугів, кислот, деяких окисників та органічних розчинників. Основні властивості катіоніту перераховано в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Характеристика катіоніту КУ-2-8 [6]

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	2,7
Повна статична об'ємна ємність, мг-екв/мл, не менше	1,7
Окиснюваність фільтрату в перерахунку на O <sub>2</sub> , мг/г, не більше	0,3

Показники	Значення
Осмотична стабільність, %, не менше	85-90

Для регенерації аніоніту і катіоніту застосовують хлоридну кислоту, гідроксид натрію.

Хлоридна кислота -  $\text{HCl}$ , розчин хлористого водню у воді; сильна одноосновна кислота. Безбарвна (технічна хлоридна кислота жовтувата через домішки  $\text{Fe}$ ,  $\text{Cl}_2$  та ін.), «димить» на повітрі, їдка рідина. Максимальна концентрація при  $20\text{ }^\circ\text{C}$  дорівнює 38 % масових, густина такого розчину становить  $1,19\text{ г/см}^3$ .

Гідроксид натрію технічний – це білі, непрозорі та дуже гігроскопічні кристали. Речовина добре розчинна у воді. Проявляє сильні лужні властивості. Марка Д: "хімічний". Концентрація - 42%.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

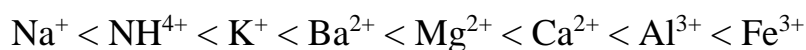
### 3.ХАРАКТЕРИСТИКИ І ОБГРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА.ХІМІЗМ.ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ОБГРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ

#### 3.1 Процес іонного обміну

Механізм іоннообмінного процесу включає наступні стадії:

- 1) дифузія іонів, що поглинаються іонітом з суцільної фази розчину електроліту до плівки розчину, що безпосередньо прилягає до зерна іоніту;
- 2) дифузія іонів, що поглинаються до поверхні зерна через плівку розчину, в якій не відбувається перемішування;
- 3) дифузія іонів, що поглинаються до місця розташування функціональних груп в обсязі зерна;
- 4) акт обміну іонів, що поглинаються на противоіони іоніту;
- 5) дифузія іонів, що видаляються в об'ємі зерна до поверхні;
- 6) дифузія іонів, що видаляються через плівку;
- 7) дифузія іонів, що видаляються в об'єм розчину.

В основі механізму знесолення води іонним обміном лежить здатність іонообмінних смол вибірково забирати з електроліту іони металів в обмін на еквівалентній кількості іонів іоніту. На швидкість процесу впливає валентність іонів, їх заряд, ступінь гідратації, радіус іона. Реакція іонного обміну в воді:



Найбільш часто використовують аніоніти, до складу яких входять аміно- і амонієві функціональні групи. Аніоніти з первинними ( $-\text{NH}_2$ ), вторинними ( $=\text{NH}$ ) і третинними ( $\equiv\text{N}$ ) аміногрупами характеризуються слабоосновними, а четвертинні амонієві групи ( $-\text{N} + \text{Ra}$ ) - сильноосновними властивостями. Слабоосновні аніоніти проявляють реакційну здатність тільки в кислому середовищі, сильноосновні- в розчинах з будь-якою реакцією[1].

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Катіоніти і аніоніти ділять на моно- і поліфункціональні. Монокатіоніти, що мають в складі сульфогрупу, відносяться до сильнокислотних, дисоціюють повністю і можуть здійснювати іонний обмін в розчині з будь-яким рН. Катіоніти з карбоксильними і фенольними групами - слабокислотні і можуть активно працювати лише в лужному середовищі. Фосфоровмісні групи мають середнє значення кислотності. Слабоосновні аніоніти частіше бувають поліфункціональними. Корисна обмінна ємність аніонітів підвищується з пониженням рН розчину.

Як іонітів застосовують синтетичні смоли, отримані шляхом полімеризації або поліконденсації. На швидкість іонного обміну впливає швидкість дифузії іонів до кордону розділу іонит - водний розчин. У компактних за структурою фільтрах процес йде швидко і переважно на зовнішніх шарах - екстраміцелярний іонообмін, але при цьому сорбційна ємність іоніту задіяна не в повному обсязі. У пористих фільтрах величина капілярів більше діаметра гідратованих катіонів та аніонів, іонообмін проходить на внутрішній стороні - інтраміцелярний процес. Він повільніше, але характеризується великим сорбційним потенціалом [4].

В класичній технології іонного обміну вода спочатку надходить на Н-катіонітний фільтр, а потім на ОН - аніонітний. При заміні послідовності розташування іонітних фільтрів можуть відбуватися процеси, що перешкоджають іонному обміну. В процесі знесолення вод, що мають досить високі показники вмісту солі, жорсткості та лужності, при підвищенні значення рН всередині аніонообмінного фільтра виникає небезпека випадання осадів карбонатів і силікатів кальцію, а також гідроксиду магнію. Випавший осад призводить до підвищення опору і кольматації аніонітного фільтра. Тому схема Н - ОН є на сьогоднішній день загальноприйнятою у світовій практиці технології іонного обміну.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Разом з тим подача води спочатку на Н -катіонітний фільтр має певні недоліки. Це пов'язано з тим, що по мірі руху води в Н -катіонному фільтрі відбувається заміна катіонів на іони водню. Це призводить до значного зниження рН води. У зв'язку з цим до наявної вільної вуглекислоти додається додаткова, яка утворюється при зниженому значенні рН і з аніонів  $\text{HCO}_3^-$  і  $\text{CO}_3^{2-}$ . Як правило, для видалення вільної вуглекислоти доводиться встановлювати додаткові апарати - декарбонізатори. Це збільшує капітальні та експлуатаційні витрати, крім того, навіть найефективніші декарбонізатори не повністю видаляють вільну вуглекислоту. Тому для отримання глибоко знесоленої води (питомий електричний опір більш 1 МОм·см) потрібно воду додатково пропускати через фільтри змішаної дії (ФЗД), що теж призводить до збільшення капітальних і експлуатаційних витрат.

Другий недолік полягає в тому, що по аналогії з вуглекислотою при зниженні рН після Н -катіонітового фільтра всі кремнієві сполуки знаходяться в основному у вигляді двоокису кремнію ( $\text{SiO}_2$ ). Це також призводить до неповного її затримування на наступному ступені ОН -аніонування і додатковій установці ФЗД.

На стадії ОН -аніонування вугільна кислота переходить в іони  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ , кремнієва кислота - в іони  $\text{HSiO}_3$ . Аніони слабких кислот затримуються разом з аніонами сильних кислот. Це дозволяє отримати воду з питомим електричним опором до 18 МОм·см (при 20°C) без використання декарбонізатора і фільтра змішаної дії знизити за рахунок цього капітальні та експлуатаційні витрати на отримання глибоко знесоленої води.

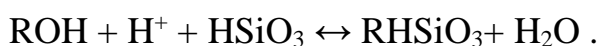
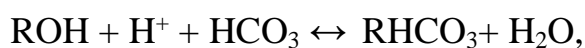
Пропонований спосіб отримання глибоко знесоленої води, в якому стадія додаткового глибокого знесолення виконана по схеми ОН - Н, де воду спочатку пропускають через ОН -аніонітовий фільтр, позбавлений недоліків описаних вище технологій знесолення води, здійснюваних спочатку на Н -катіонітному фільтрі, а потім на ОН -аніонітному. Оскільки більша частина

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

катіонів та аніонів затримується на стадії попереднього знесолення (нанофільтрація), то при русі частково знесоленої води через ОН-аніонітний фільтр не виникає небезпеки утворення нерозчинних сполук кальцію і магнію. Тому зниження фільтраційних характеристик іоннообмінного шару не відбувається.

Першим позитивним моментом при організації знесолення за схемою ОН-Н-іонування є те, що відбувається підвищення значень рН в зоні ОН-аніонітного обміну і це сприяє дисоціації слабких вугільної та кремнієвої

кислот, переходу їх в іонізований стан (вугільної кислоти в іони  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  кремнієвої кислоти в іони  $\text{HSiO}_3$ ), тому вони можуть брати участь в реакціях іонного обміну при використанні сильноосновних аніонітів:



При значеннях рН  $8,3 \div 8,4$  практично вся присутня у воді вугільна кислота представлена бікарбонатними іонами  $\text{HCO}_3^-$ , а при величині рН більше 12 вся вуглекислота представлена тільки іонами  $\text{CO}_3^{2-}$ . Карбонатна форма аніоніту здатна до подальшого поглинання вуглекислоти і її ємність по вуглекислому газу може досягати до 3 ммоль  $\text{CO}_2/\text{г}$  сухого аніоніту. Утвориться бікарбонатна форма здатна до обміну аніонів сильних кислот, при цьому обмінна ємність до проскоку досягає до 90% рівноважної ємності. Таким чином, вдається максимально повно видалити всі аніони, включаючи двооксид кремнію і карбонати. Розміщення ступені Н-катіонування після ОН-аніонування дозволяє зменшити залишкову жорсткість і вміст катіонів у фільтраті. Для запропонованого способу використовуються тільки сильнокислотні катіоніти і сильноосновні аніоніти.

Другим позитивним моментом схеми ОН-Н іонування є повне видалення на стадії ОН-аніонування залишків аніонів сильних кислот, які

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сприяють проскоку катіонів і підвищення залишкової жорсткості після Н-катіонітного фільтра по формулі:

$$Ж_{\phi} = \Phi_{\text{H}} \cdot K \cdot A^2,$$

Ж<sub>ф</sub> - залишкова жорсткість в фільтраті Н -катіонування;

Φ<sub>н</sub>- константа обміну;

К - константа повноти регенерації;

А - сума концентрацій солей у знесоленній воді.

Для оцінки можливості застосування способу знесолення по схемі ОН-Н для конкретної води найбільш доцільно застосовувати поняття карбонатний індекс – І<sub>к</sub>. Карбонатний індекс показує інтенсивність низькотемпературного карбонатного осадоутворення. Він являє собою добуток загальної лужності води і кальцієвої жорсткості. При підвищенні карбонатного індексу створюються умови для утворення осаду карбонату кальцію. При зменшенні карбонатного індексу осад не утворюється і всі сполуки кальцію і магнію знаходяться в розчиненому стані.

### 3.2. Процес нанофільтрації

Основні закономірності процесів мембранного поділу:

1. Потік очищеної води прямо пропорційний площі мембрани.
2. Потік води через мембрану тим більше, чим вище прикладена тиск.
3. Продуктивність мембрани тим вище (за інших рівних умов), чим тонше мембрана. Для багат шарових мембран враховують товщину самого щільного робочого шару.
4. Підвищення температури води зменшує її в'язкість і внаслідок цього підвищує пропускну здатність мембрани. Збільшення потоку становить приблизно 3% на кожен градус Цельсія.
5. Продуктивність мембрани знижується при збільшенні концентрації домішок.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Фільтрування води через великопористі мембрани можна проводити при будь-якому тиску [5].

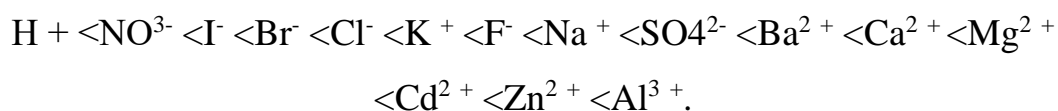
Однак, коли розмір отворів мембранної перегородки стає настільки малий, що наближається до розмірів молекул, картина принципово змінюється. Через те, що розчинені солі вже не можуть безперешкодно проходити через мембрану, виникає осмотичний тиск, який направлено назустріч робочому тиску в мембранному елементі. Робочий тиск має тепер перевищувати це протидія, інакше вода через мембрану взагалі не піде. При цьому осмотичний тиск тим більше, чим вище концентрація розчинених солей: кожні 1000 мг/л = 1 г/л солей дають приріст осмотичного тиску на 0,6-0,8 бар.

Зміна тиску впливає на селективність мембранного поділу (зниження концентрації домішок у відсотках в порівнянні з вихідною водою). При збільшенні тиску потік води через мембрану зростає, а проходження домішок практично не змінюється. Крім того, під дією тиску полімерна мембрана дещо ущільнюється і стає менш проникною для домішок. Тому в області малих тисків селективність лінійно зростає зі збільшенням тиску.

Однак потім зростання сповільнюється, і при деякому тиску селективність досягає максимуму, що визначається типом мембрани і природою видаляються речовин.

Від концентрації домішок селективність не залежить (в області малих концентрацій).

Селективність нанофільтрації і зворотного осмосу по відношенню до різних іонів в основному збігається з рядом збільшення їх енергії гідратації:



Чим більше у вихідній воді речовин з низькою розчинністю або взаємодіючих з матеріалом мембрани, тим більша ймовірність її забруднення (fouling) [4].

					XH91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Головна причина такого роду проблем - так звана концентраційна поляризація, тобто локальне підвищення концентрації домішок поблизу робочої поверхні мембрани. Механічні і колоїдні частинки в таких умовах мають тенденцію до укрупнення та утворення агрегатів, які можуть відкладатися на мембрані, блокуючи її. Для солей з відносно низькою розчинністю підвищення концентрації теж може викликати утворення осаду.

Для того щоб знизити інтенсивність забруднення, оптимізують конструкцію мембранних елементів і схему їх підключення один з одним, якщо установка багатоступінчаста. При цьому домагаються якомога більшої лінійної швидкості руху води уздовж поверхні мембрани, в тому числі за рахунок рециркуляції концентрату, і максимальної турбулентності потоку.

Визначальними при реалізації нанофільтраційних методів є розробка і виготовлення напівпроникних мембран, які відповідають таким основним вимогам:

- висока роздільна здатність (селективність),
- висока питома продуктивність (проникність),
- хімічна стійкість до дії компонентів системи,
- незмінність характеристик в процесі експлуатації,
- достатня механічна міцність, що відповідає умовам монтажу, транспортування та зберігання мембран,
- низька вартість.

В даний час на ринку є мембрани двох основних типів, виготовлені з ацетилцелюлози (суміш моно-, ди-і триацетату) і ароматичних поліамідів.

Для ацетилцелюлозних мембран характерна висока питома продуктивність. За формою мембрани поділяються на трубчасті, листові (спіральні згорнуті) і виконані у вигляді порожніх волокон.

Поліамідні мембрани мають більш низьку питому продуктивність. Їх випускають у вигляді рулонних елементів, що дозволяє забезпечити

					XH91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

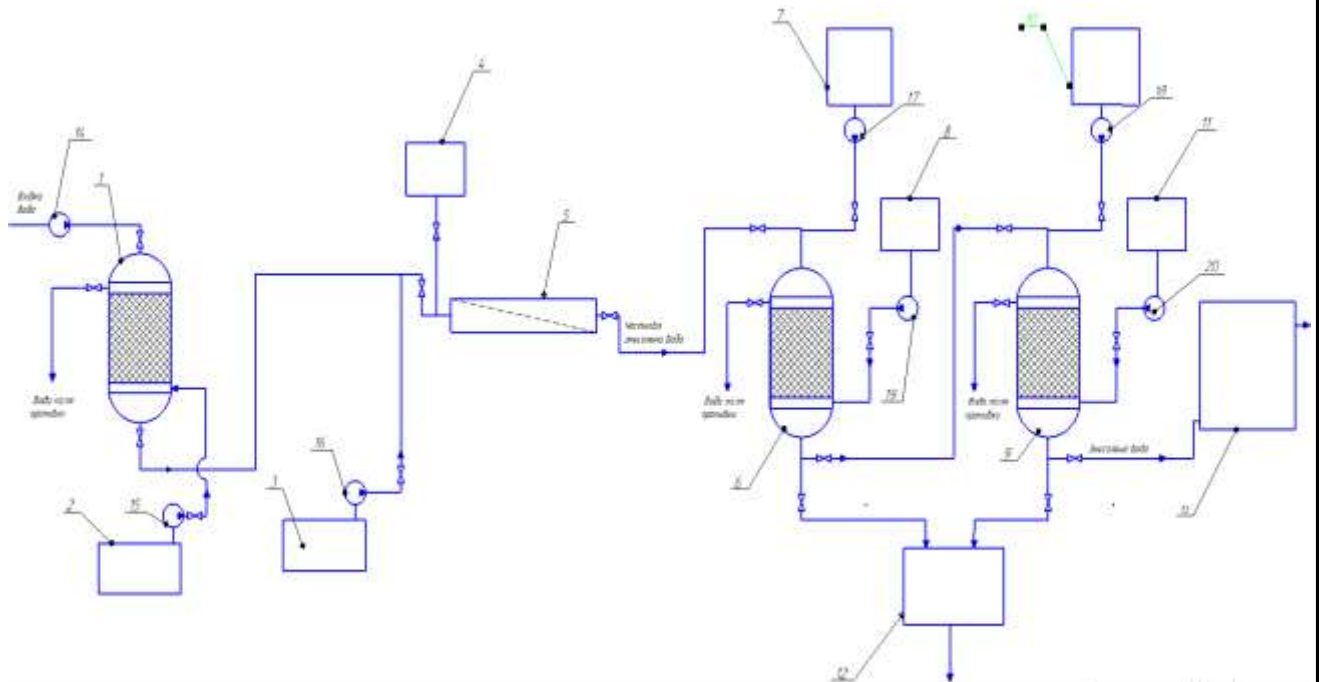
максимальну площу поверхні на одиницю об'єму, яка приблизно в 15 разів більше, ніж у елементів в плоских конструкціях.

Важливо відзначити: поліамідні мембрани дуже стійкі до впливу хімічних і біологічних факторів, що забезпечує велику довговічність їх в порівнянні з ацетилцелюлозними мембранами, гідроліз яких неминучий, хоча і може бути зведений до мінімуму, якщо строго контролювати значення рН і температур [5].

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

Технологічна схема установки знесолення зображена на рисунку 4.1



1 – механічний фільтр, 2 – бак з водою для промивання механічного фільтру, 3 – бак з речиною антискланту, 4 – бак з водою з промивання мембран, 5 – нанофільтраційний мембранний модуль першої ступені, 6 – ОН-аніонітовий фільтр, 7 – бак з розчином лугу, 8 – бак з водою для промивки і розпушування фільтру, 9 – Н-катіонітовий фільтр, 10 – бак з розчином кислоти, 11 – бак з водою для промивки і розпушування фільтру, 12 – бак з відпрацьованими регенераційними розчинами, 13 – для очищених вод, 14...20 – насоси.

Рисунок 4.1 – Технологічна схема установки знесолення води для ТЕЦ

Сировиною є природна вода з річки Дніпро, яка попередньо проходить попередню очистку (очищення від колоїдних домішок, внесення гіпохлориту натрію і дехлорування), а потім поступає власне на установку знесолення. на механічний фільтр 1 завантажений кварцовим піском з метою видалення завислих частинок. Очищена вода проходить через завантаження і направляється на стадію нанофільтрації 5 під тиском 0,69 МПа.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Після проходження очищення на нанофільтраційних мембранах вода поступає на ОН – аніонітовий фільтр 6. Регенерація даного фільтра проводиться з баку розведеного лугу 7 за допомогою насоса 17. Промивка і розпушення завантаження даного фільтру виконується за допомогою насосу 19 з баку 8. По закінченню стадію аніонування вода подається на стадію Н-катионування в фільтр 9. Регенерація даного фільтра проводиться з баку розведеної кислоти 10 за допомогою насосу 18. Промивка і розпушення завантаження Н-катионованого фільтру виконується за допомогою насосу 20 з баку 11. Відпрацьовані регенераційні розчини збираються у баку 12, звідки направляються на подальше використання у інших процесах ТЕЦ. Промивка механічного фільтру здійснюється за допомогою насосу 15 з баку 2. Також у трубопровід води вноситься антискалант з баку 3.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5. ВИТРАТНІ КОЕФІЦІЄНТИ З СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

Після механічної фільтрації вода потрапляє на стадію нанофільтрації в мембранну систему. Після мембранної системи вода направляється двома потоками. Перший на подальше знесолення іонним обміном. Другий потік це концентрована вода після модулів системи, яка направляється на скид або на подальше використання у підприємстві.

Дані для розрахунку:

Продуктивність по знесоленій воді 240 м<sup>3</sup>/год.

Сумарний солевміст вихідної води – 750 мг/дм<sup>3</sup>.

Загальна кількість модулів нанофільтрації – 20 ( в кожному з них по 6 елементів).

Робочий тиск – 0,69 МПа, вихідна температура – 25°C, pH – 7,6.

Для розрахунку матеріального балансу мембранної системи нанофільтрації було використано програму Reverse Osmosis System Analysis (ROSA). Скрішот програми з даними отриманими на виході зображений на рисунку 5.1.

### System Details

Feed Flow to Stage 1	240.00 m <sup>3</sup> /h	Pass 1 Permeate Flow	211.59 m <sup>3</sup> /h	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	240.00 m <sup>3</sup> /h	Pass 1 Recovery	88.16 %	Feed	0.45 bar
Feed Pressure	6.90 bar	Feed Temperature	25.0 C	Concentrate	2.80 bar
Flow Factor	0.85	Feed TDS	770.23 mg/l	Average	1.62 bar
Chem. Dose	None	Number of Elements	120	Average NDP	4.49 bar
Total Active Area	4459.20 M <sup>2</sup>	Average Pass 1 Flux	47.45 l/mh	Power	57.51 kW
Water Classification: Well Water SDI < 3				Specific Energy	0.27 kWh/m <sup>3</sup>

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m <sup>3</sup> /h)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m <sup>3</sup> /h)	Conc Flow (m <sup>3</sup> /h)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m <sup>3</sup> /h)	Avg Flux (l/mh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	NF270-400	20	6	240.00	6.56	0.00	28.41	5.45	211.59	47.45	0.00	6.90	162.23

Рисунок 5.1 – Характеристика води отримана за допомогою програми ROSA.

Спираючись на ці дані було сформований матеріальний баланс, який наведений у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Матеріальний баланс установки нанофільтрації

Прихід			Витрата		
Стаття	м³/год	%	Стаття	м³/год	%
Вихідна вода в т.ч.: до модулів нанофільтрації	240	100	Концентрат	28,41	11,84
			Частково знесолена вода	211,59	88,16
Всього	240	100	Всього	240	100

Також за допомогою програми ROSA було отримано якісний і кількісний склад води, який зображений на рисунку 5.2

Pass Streams (mg/l as Ion)					
Name	Feed	Adjusted Feed	Concentrate	Permeate	
			Stage 1	Stage 1	Total
NH4+ + NH3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	153.57	240.82	1642.79	52.59	52.59
Mg	9.73	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	60.12	0.10	0.62	0.03	0.03
Sr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO3	0.88	0.88	25.85	0.04	0.04
HCO3	247.07	247.07	1601.18	60.17	60.17
NO3	5.00	5.00	8.06	4.59	4.59
Cl	76.33	76.33	346.94	40.00	40.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SO4	200.02	200.02	1653.97	4.80	4.80
SiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Boron	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO2	7.72	7.84	17.76	8.34	8.34
TDS	752.72	770.23	5279.42	162.23	162.23
pH	7.60	7.60	7.93	7.02	7.02

Рисунок 5.2 – Якісний і кількісний склад води після стадії нанофільтрації.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливою характеристикою будь-якого технологічного процесу є витратні коефіцієнти. Отже, розрахуємо витратний коефіцієнт вихідної води.

Витратний коефіцієнт вихідної води визначається за формулою:

$$\beta_{\text{вих.вода}} = \frac{Q_{\text{вих.вода}}}{Q_{\text{знес.вода}}} = \frac{240}{236,04} = 1,02 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

де  $\beta_{\text{вих.вода}}$  – витратний коефіцієнт вихідної води,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;

$Q_{\text{вих.вода}}$  – витрата вихідної води,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$Q_{\text{знес.вода}}$  – продуктивність по знесоленній воді,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

Також визначимо витратний коефіцієнт антискаланту:

$$\begin{aligned} \beta_{\text{антис.}} &= \frac{Q_{\text{вих.вода}} \cdot D_a \cdot 1000}{Q_{\text{знес.вода}} \cdot \rho_a \cdot 1000} = \frac{Q_{\text{вих.вода}} \cdot D_{\text{антис}} \cdot 1000}{Q_{\text{знес.вода}} \cdot \rho_{\text{антис}} \cdot 1000} = \\ &= \frac{240 \cdot 5 \cdot 1000}{236,04 \cdot 1,15 \cdot 1000} = \frac{240 \cdot 5 \cdot 1000}{236,04 \cdot 1,15 \cdot 1000} = 4,42 \text{ мг/дм}^3. \end{aligned}$$

У даному відділенні використовується вода на власні потреби (промивка, розпушення).

Витрата води на розпушування фільтра визначається за формулою:

$$Q_{\text{розп}} = \frac{\tau_{\text{розп}} \cdot f \cdot i \cdot 60}{1000} = \frac{\tau_{\text{розп}} \cdot f \cdot i \cdot 60}{1000} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 60}{1000} = 7,54 \text{ м}^3$$

де  $\tau$  – час розпушування, хв;

$f$  – площа фільтрування,  $\text{м}^2$ ;

$i$  – інтенсивність розпушування,  $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ .

Витрата води на промивку фільтра визначається за формулою:

$$Q_{\text{пром}} = \frac{f \cdot \tau_{\text{пром}} \cdot \omega}{60} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 20}{60} = 2,1 \text{ м}^3$$

Отже, сумарна витрата води на власні потреби дорівнює:

$$Q_{\text{вит}} = \frac{(Q_{\text{розп}} + Q_{\text{пром}}) \cdot n \cdot t}{24} = \frac{(7,54 + 2,1) \cdot 3 \cdot 6}{24} = 7,23 \text{ м}^3.$$

де  $n$  – кіл-сть фільтрів.

$t$  – кіл-сть промивок на добу;

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрата на промивку і розпушування одного механічного фільтру становить 2,41 м<sup>3</sup>. Тому ми можемо використовувати для промивання механічного фільтру концентрат після мембранної системи. Оскільки його витрата 3,96 м<sup>3</sup>.

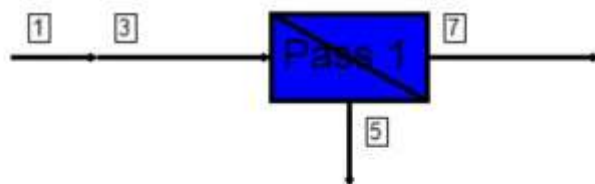
					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

### 6.1 Розрахунок системи нанофільтрації

Програма Reverse Osmosis System Analysis використовується для оцінки стабільних робочих параметрів конкретної системи нанофільтрації в проектних умовах або реальних робочих умовах.

Огляд конструкції системи, експлуатаційних параметрів нанофільтраційної системи зображено на рисунку 6.1



Raw Water TDS	752.72 mg/l	% System Recovery (7/1)	88.16 %
Water Classification	Well Water SDI < 3	Flow Factor (Pass 1)	0.85
Feed Temperature	25.0 C		

Pass #	Pass 1
Stage #	1
Element Type	NF270-400
Pressure Vessels per Stage	20
Elements per Pressure Vessel	6
Total Number of Elements	120
Pass Average Flux	47.45 lmh
Stage Average Flux	47.45 lmh
Permeate Back Pressure	0.00 bar
Booster Pressure	6.90 bar
Chemical Dose	-
Energy Consumption	0.27 kWh/m³

Рисунок 6.1 – Експлуатаційні характеристики нанофільтраційної системи

### 6.2 Розрахунок аніонітового фільтра (основний апарат)

Продуктивність установки  $Q = 240 \text{ м}^3/\text{год.} = 5760 \text{ м}^3/\text{добу.}$

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідна площа фільтрування при швидкості фільтрування 20 м/год визначається за формулою:

$$F = Q / w ,$$

$$F = 240 / 20 = 12 \text{ м}^2.$$

Фільтр  $D = 2000 \text{ мм}$ ,  $h_{\text{ш}} = 1,5 \text{ м}$ ,  $f = 3,14 \text{ м}^2 [3]$ .

Дійсна швидкість фільтрування:

$$W_d = Q / f / n ,$$

$$W_d = 240 / 3,14 / 4 = 19,1 \text{ м/год.}$$

$$Q_{\text{доб.}} = 5760 + (5760 / 4) = 7200 \text{ м}^3/\text{доб.};$$

$$V_{\text{ан.}}^{\text{вол.}} = 7200 \cdot 2,5 / 650 = 27,7 \text{ м}^3.$$

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

$$V_{\text{ан.}}^{\text{сух.}} = V_{\text{ан.}}^{\text{вол.}} / K_{\text{ан.}}^{\text{наб.}} = 27,7 / 2,24 = 12,7 \text{ м}^3,$$

де  $K_{\text{ан.}}^{\text{наб.}}$  – коефіцієнт набряку аніоніту.

Тривалість фільтрування визначають за формулою :

$$\tau = f_a \cdot h_{\text{ш}} \cdot E_{\text{ан}} \cdot n / Q / C ,$$

де  $C$  – концентрація іонів ( $\text{SiO}_3^{2-} + \text{CO}_3^{2-}$ ), мг-екв /  $\text{дм}^3$  ;

$$\tau = 3,14 \cdot 1,5 \cdot 650 \cdot 4 / 240 / 2,5 = 20,4 \text{ год.}$$

Добове число регенерації:

$$m = 24 \cdot 4 / 20,4 = 4,8 \text{ рег./ доб.}$$

Витрата  $\text{NaOH}$ :

$$\sigma_{\text{NaOH}}^{100} = 3,14 \cdot 1,5 \cdot 100 \cdot 650 / 1000 = 306,1 \text{ кг.}$$

$$\sigma_{\text{NaOH}}^{42} = \sigma_{\text{NaOH}}^{100} \cdot 100 / 42 ;$$

$$\sigma_{\text{NaOH}}^{42} = 306,1 \cdot 100 / 42 = 728,8 \text{ кг} = 0,5 \text{ м}^3.$$

Добова витрата  $\text{NaOH}$  :

$$\sigma_{\text{NaOH}}^{\text{доб}} = \sigma_{\text{NaOH}}^{42} \cdot m;$$

$$\sigma_{\text{NaOH}}^{\text{доб}} = 728,8 \cdot 4,8 = 3498,24 \text{ кг.}$$

Визначимо скільки потрібно буде  $\text{NaOH}$  на одну регенерацію:

$$\sigma_{\text{NaOH}}^4 = \sigma_{\text{NaOH}}^{42} \cdot 100 / 4 ,$$

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{\text{NaOH}}^4 = 728,8 \cdot 100 / 4 = 18220 \text{ кг} = 17,46 \text{ м}^3.$$

Тривалість пропуску регенераційного розчину при швидкості потоку  $\omega = 5 \text{ м / год}$ , визначають за формулою [3]:

$$t_1 = \sigma_{\text{NaOH}}^4 / f_a / \omega ,$$

$$t_1 = 16,96 / 3,14 / 5 = 1,08 \text{ год.}$$

Кількість води на відмивання [3]:

$$V_{\text{відм.}} = f_a \cdot h_{\text{ш}} \cdot a ;$$

$$V_{\text{відм.}} = 3,14 \cdot 1,5 \cdot 8 = 37,68 \text{ м}^3.$$

Тривалість відмивання:

$$t_2 = V_{\text{відм.}} / f_a / \omega ,$$

$$t_2 = 37,68 / 3,14 / 10 = 1,2 \text{ год.}$$

Кількість води на розпушення

$$V_{\text{розп.}} = f_a \cdot t_3 \cdot i \cdot 60 / 1000 ,$$

де  $t_3$  - тривалість розпушення, хв. ;

$$V_{\text{розп.}} = 3,14 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 60 / 1000 = 2,262 \text{ м}^3.$$

Загальна тривалість регенерації:

$$t = t_1 + t_2 + t_3;$$

$$t = 1,08 + 1,2 + 4 / 60 = 2,35 \text{ год.}$$

Загальна витрата води на власні нестатки:

$$V_{\Sigma} = V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{відм.}} + V_{\text{розп.}}$$

$$V_{\Sigma} = 16,96 + 37,68 + 2,262 = 56,9 \text{ м}^3.$$

Годинна витрата води на власні нестатки:

$$q_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\Sigma} \cdot m / 24;$$

$$q_{\text{H}_2\text{O}} = 56,9 \cdot 4,08 / 24 = 9,7 \text{ м / год.}$$

### 6.3. Розрахунок Н - катіонітового фільтра

Продуктивність установки  $Q = 240 \text{ м}^3/\text{год.} = 5760 \text{ м}^3/\text{добу.}$

Необхідна площа фільтрування при швидкості фільтрування  $20 \text{ м/год}$  визначається за формулою:

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$F = Q / w ,$$

$$F = 240 / 20 = 12 \text{ м}^2.$$

Приймаємо стандартний фільтр  $D = 2000 \text{ мм}$ ,  $h_{\text{ш}} = 1,5 \text{ м}$ ,  $f = 3,14 \text{ м}^2 [3]$ .

Тоді дійсна швидкість фільтрування розраховується за формулою:

$$W_d = Q / f / n ,$$

$$W_d = 240 / 3,14 / 4 = 19,1 \text{ м/год.}$$

Кількість 100%-вої хлоридної кислоти для регенерації:

$$\sigma_{\text{HCl}}^{100} = f_r \cdot h_{\text{ш}} \cdot b \cdot E_{\text{ан}} / 1000 ,$$

де  $b$  – питома витрата кислоти,  $\text{кг} / \text{м}^3$ .

$$\sigma_{\text{HCl}}^{100} = 3,14 \cdot 1,5 \cdot 70 \cdot 600 / 1000 = 197,82 \text{ кг.}$$

Кількість 32%-вої хлоридної кислоти [3] :

$$\sigma_{\text{HCl}}^{32} = \sigma_{\text{HCl}}^{100} \cdot 100 / 32;$$

$$\sigma_{\text{HCl}}^{32} = 197,82 \cdot 100 / 32 = 618,2 \text{ кг} = 0,54 \text{ м}^3.$$

Регенерацію Н-катионітового фільтра здійснюють 4% -вим розчином  $\text{HCl}$ :

$$\sigma_{\text{HCl}}^4 = \sigma_{\text{HCl}}^{32} \cdot 100 / 4;$$

$$\sigma_{\text{HCl}}^4 = 618,2 \cdot 100 / 4 = 15455 \text{ кг} = 15,03 \text{ м}^3.$$

Тривалість пропуску регенераційного розчину при швидкості потоку  $w_{\text{рег.}} = 5 \text{ м} / \text{год} [9]$  визначається за формулою :

$$t_1 = \sigma_{\text{HCl}}^4 / f_k / \omega,$$

$$t_1 = 15,03 / 3,14 / 5 = 0,95 \text{ год.}$$

Кількість води на відмивання:

$$V_{\text{відм.}} = f_k \cdot h_{\text{ш}} \cdot a ,$$

де  $a$  – питома витрата води на відмивання,  $\text{м}^3 / \text{м}^3$ .

$$V_{\text{відм.}} = 3,14 \cdot 1,5 \cdot 9 = 42,39 \text{ м}^3.$$

Час відмивання:

$$t_2 = V_{\text{відм.}} / f_a / \omega;$$

$$t_2 = 42,39 / 3,14 / 10 = 1,35 \text{ год.}$$

Кількість води на розпушення:

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\text{розп.}} = f_a \cdot t_3 \cdot i \cdot 60 / 1000 ,$$

де  $t_3$  - тривалість розпушення, хв. ;

$$V_{\text{розп.}} = 3,14 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 60 / 1000 = 2,26 \text{ м}^3.$$

Сумарна тривалість регенерації:

$$t = t_1 + t_2 + t_3;$$

$$t = 0,95 + 1,35 + 4 / 60 = 2,37 \text{ год.}$$

Загальна витрата води на регенерацію:

$$V_{\Sigma} = V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{відм.}} + V_{\text{розп.}};$$

$$V_{\Sigma} = 14,49 + 42,39 + 2,26 = 59,14 \text{ м}^3.$$

#### 6.4 Розрахунок механічного фільтру

Загальна необхідна площа фільтрування визначається за формулою [3]:

$$F = \frac{0,5 \cdot Q}{\omega} = \frac{0,5 \cdot 240}{20} = 6 \text{ м}^2 ,$$

де  $Q$  – продуктивність по очищеній воді, м<sup>3</sup>/год;

$\omega$  – швидкість фільтрування через обраний фільтруючий матеріал, м/год.

Площа фільтрування одного фільтра визначається за формулою:

$$f = \frac{F}{n} ,$$

де  $n$  – кількість фільтрів.

Встановлено 3 механічні фільтри. Тоді площа фільтрування кожного фільтра:

$$f = \frac{6}{3} = 2 \text{ м}^2.$$

Отже для механічної фільтрації необхідно встановити три однокамерні фільтри з площею фільтрування  $f_i = 2 \text{ м}^2$  та діаметром  $D = 2 \text{ м}$ .

Витрата води на розпушення фільтра, визначається за формулою:

$$q_{\text{розп.}} = F \cdot i \cdot t_{\text{розп.}} \cdot 60 / 1000;$$

$$q_{\text{розп.}} = 6 \cdot 10 \cdot 15 \cdot 60 / 1000 = 54 \text{ м}^3,$$

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $F$  – площа фільтрування фільтра,  $\text{м}^2$ ;  $i$  – інтенсивність розпушення фільтра,  $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ ;  $t_{\text{розп}}$  – тривалість розпушення фільтра, хв.

Продуктивність фільтрів:

$$Q_{\text{в.н}} = Q_0 + q_{\text{г}} = 240 + 1,2 = 241,2 \text{ м}^3/\text{год.}$$

$q_{\text{г}}$  – витрата води на власні нестатки фільтра.

## 6.5 Вибір допоміжного та насосного обладнання

У якості насосного обладнання у цеху використовуються консольні насоси типу К80-60-165 потужністю 7,5 кВт [8]. Номінальна подача насосу –  $50 \text{ м}^3/\text{год.}$  З натиском води – 32 м.в.ст.

Об'єм баку для очищеної води визначається за формулою:

$$V_{\text{б.в.}} = Q \cdot \tau \cdot 1,3 = 240 \cdot 1 \cdot 1,3 = 321 \text{ м}^3.$$

де  $Q$  – продуктивність по очищеній воді,  $\text{м}^3/\text{год.}$

$\tau$  – час перебування води в баку, год.

Обираємо ємність, прямокутну в плані з параметрами: висота 5,5 м, ширина 8 м, довжина 10 м.

Для розчину антискаланту обираємо бак об'ємом  $0,3 \text{ м}^3$ .

Для води, що йде на промивання фільтрів і нанофільтраційних мембран обираємо бак об'ємом  $20 \text{ м}^3$ .

Для регенераційних розчинів обираємо бак об'ємом  $15 \text{ м}^3$ .

Для збору відпрацьованих регенераційних розчинів обираємо бак об'ємом  $25 \text{ м}^3$ .

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7. АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ

7.1. Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації та обґрунтування задач автоматизації

На основі аналізу характеристик процесу знесолення води, його апаратного оформлення та технічних особливостей процесу необхідно забезпечити такий рівень виробництва:

- контроль та регулювання витрати води в трубопроводах;
- контроль і сигналізація перепаду тиску на механічному фільтрі та іоннообмінних фільтрах;
- контроль рівня в баку для розчину антискаланту;
- контроль і регулювання витрати розчину антискаланту;
- контроль і сигналізація перепаду тиску на стадії нанофільтрації;
- контроль витрати концентрату після мембранного очищення;
- контроль тиску води після стадії нанофільтрації;
- контроль концентрації розчинених солей у воді після стадії нанофільтрації.
- контроль рівня рідини в баках з розчинами кислоти і лугу;
- контроль рН в баках з розчинами кислоти і лугу;
- контроль рівня в баку з відпрацьованими регенераційними розчинами;
- контроль концентрації розчинених солей у воді після іонного обміну.

Параметри контролю та регулювання виробництва наведено у таблиці 7.1

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№ п/п	Назва стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Назва контрольова-ного чи регульованого параметра	Норми техно- логічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
----------	--	--	---	---

Таблиця 7.1 – Параметри контролю та керування виробництв

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	Трубопровід вихідної води	Витрата	240 м³/год	Контроль, регулювання
2	Механічний фільтр	Перепад тиску	0,1 МПа	Контроль, сигналізація
3	Бак розчину антискаланту	Рівень	1,5 м	Контроль, сигналізація
4	Трубопровід подачі антискаланту	Витрата	28 см³/год	Контроль, регулювання
5	II ступінь установки нанофільтрації	Витрата		Контроль
		Перепад тиску	0,08 МПа	Контроль, сигналізація
		Концентрація		Контроль
6	Аніонітовий фільтр	Перепад тиску	0,3...0,35 МПа	Контроль, сигналізація
7	Катіонітовий фільтр	Перепад тиску	0,3...0,35 МПа	Контроль, сигналізація
8	Бак регенераційного луку	Рівень	3 м	Контроль, сигналізація
		pH	4	
9	Бак регенераційної кислоти	Рівень	3 м	Контроль, сигналізація
		pH	4	
10	Трубопровід знесолненої води	Концентрація	500 мг/кг	Контроль, регулювання
11	Бак з відпрацьованими регенераційними розчинами	Рівень	3 м	Контроль, сигналізація

## 7.2 Опис розробленої схеми автоматизації

Для нормальної роботи усього технологічного устаткування, мінімізації можливих людських помилок, стабілізації, контролю та реєстрації технологічних параметрів розроблено схему автоматизації.

Для контролю та регулювання витрати води, що подається на очищення, розчину антискаланту розроблено контури 1, 4, які складаються з первинних перетворювачів витрат (1-1, 4-1), проміжних перетворювачів (1-2, 4-2), вторинних показувальних і реєструвальних приладів (1-3, 4-3),

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

регулювальних блоків (1-4, 4-4), пускачів магнітних безконтактних реверсивних (МП1, МП2), кнопок запобіжного вимикання (SA1, SA2) та виконавчих механізмів (1-5, 4-5).

Контроль та сигналізацію перепадів тиску на механічних фільтрах, мембранних модулях нанофільтрації та іоннообмінних фільтрах здійснено контурами 2, 5, 9, 13 відповідно. Вони складаються з мікропроцесорних тензодатчиків різниці тисків (2-1, 5-1, 9-1, 13-1), автоматичних показувальних і реєструвальних вторинних приладів (2-2, 5-2, 9-2, 13-2) та ламп сигнальних світлодіодних із жовтим індикатором (HL1, HL4, HL5, HL8).

Для контролю та сигналізації рівня рідини в баку для розчину антискалantu, баку розчину лугу, баку розчину кислоти, баку з відпрацьованими регенераційними розчинами було розроблено контури 3, 11, 15, 17 відповідно. В контурах використовуються буйкові рівнеміри з пневматичними передавальними перетворювачами (3-1, 11-1, 15-1, 17-1), пневмоелектричні перетворювачі (3-2, 11-2, 15-2, 17-2), автоматичні показувальні і реєструвальні вторинні прилади (3-3, 11-3, 15-3, 17-3), лампи сигнальні світлодіодні із жовтим індикатором (HL2, HL3, HL6, HL7, HL9, HL10, HL11, HL12).

Контроль та сигналізація тиску перміату після модулів нанофільтрації здійснено контуром 6. Він складається з вимірювального тензоперетворювача надлишкового тиску (6-1) та автоматичного показувального і реєструвального вторинного приладу (6-2).

Для контролю витрати концентрату, що йде на скидання розроблено контур 7 відповідно. Він складається з первинного перетворювача витрати (7-1), проміжного перетворювача (7-2), вторинного показувального та реєструвального приладу (7-3).

Для контролю концентрації розчинених солей у перміаті після нанофільтраційного мембранного модуля було розроблено контур 8. Він складається з первинного перетворювача кондуктометричного аналізатора

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рідини АЖК-1 (8-1) та автоматичного показувального і реєструвального вторинного приладу (8-2).

Контроль і регулювання концентрації розчинених солей у знесоленій воді після іоннообмінних фільтрів здійснює контур 10. Він складається з первинного перетворювача кондуктометричного аналізатора рідини АЖК-1 (10- 1), електричного показувального та реєструвального вторинного приладу (10-2), і мікропроцесорного регулятора (10-3).

Для контролю рН розчинів луку та кислоти застосовано контури 12 і 16 відповідно. Вони складаються з первинних вимірювальних перетворювачів позиції (12-1, 16-1), перетворювачів високоомних (12-2, 16-2) та показувальних та реєструвальних приладів (12-3, 16-3).

Дистанційне керування роботою електроприводом насоса здійснюється контуром, який включає в себе магнітний пускач (МПЗ), кнопку запобіжного вмикання (SA3), пост управління (SB1, SB2), лампу сигнальну світлодіодну із зеленим індикатором (HL13), лампу сигнальну світлодіодну із червоним індикатором (HL14).

Специфікацію устаткування, виробів і матеріалів, яка містить усі використані в схемі технічні засоби автоматизації, наведено в додатку А.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 8 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ РЕАЛІЗАЦІЇ ЧЕРЕЗ СТАРТАП ПРОЄКТ

### 8.1 Загальна характеристика стартап-проєкту

Бізнес-ідея: Розробка технологічної схеми отримання знесоленої води з використанням нових методів. Назва бізнес-ідеї: «New technology».

Мета бізнес-ідеї: розробка та реалізація технологічної схеми знесолення води.

Так як на сьогоднішній день для підприємств актуальним є впровадження модернізованих методів очищення води з метою збільшення екологічності, зниження собівартості та зменшення кількості обладнання. Саме для цього розроблено новітнє технологічне рішення виробництва знесоленої води з цілю продажу її підприємствам, для задоволення їх потреб.

Місце данної ідеї у ланцюжку цінностей – продаж технологічного рішення для подальшого впровадження у виробництва. Постачальниками сировини та матеріалів для створення розробки даного проєкту є такі компанії: Ecosoft (іоннообмінні фільтри, іоннообмінні смоли, антискалант), ТОВ «Перша ВОДА» (механічні фільтри), Dow Chemical Company (мембрани).

Таблиця 8.1 - Резюме стартап-проєкту

Сутність ідеї	Розробка та продаж технологічного рішення (технологічної схеми) для отримання знесоленої води за допомогою нових методів.
Наявність аналогів або прототипів ідеї	ТОВ «Envirotech engineering», ДП «НДКТИ МГ».
Основна потреба, яку задовольнить реалізований стартап	- Готова технологічна схема для виробництв, яким потрібна знесолена вода. ( ТЕЦ, фармакологічні виробництва). - Потреба продажу товару виробників обладнання, що наявні в даній схемі.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	(Ecosoft, ТОВ «Перша ВОДА», Dow Chemical Company)
--	---

### Продовження таблиці 8.1

КВЕД, до якого може належати дане виробництво	Секція М 72.19
Об'єкт дослідження	Модернізовані технології водоочищення.
Бізнес-модель стартапу	B2B
Конкуренти вітчизняні	ДП «НДКТІ МГ», «ТОВ АНТРИС».
Конкуренти іноземні	ТОВ «КОРТЕК РУС»
Ключові фактори успіху стартапу	- Унікальність розробки схеми «під ключ». - Супровід на всіх етапах впровадження.
Споживачі	Підприємства: теплоенергетичної (КВЕД: секція D 35.3), фармацевтичної (КВЕД: секція C 21.1-21.2), хімічної ( КВЕД: секція C 20.1), промисловостей.
Споживачі на етапі розвитку	ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ».
Споживачі на етапі зрілості	Київська ТЕЦ 5, Київська ТЕЦ 6, ПРАТ "ФАРМАЦЕВТИЧНА ФІРМА "ДАРНИЦЯ"

### 8.2.Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу

Зовнішнє середовище – це середовище, в якому функціонує організація, переважно складається з учасників ринку. Внутрішнє середовище обумовлює організаційні умови роботи підприємства. За допомогою аналізу зовнішнього середовища можна визначити всі загрози, що можуть виникнути на будь-якій стадії бізнес-процесу. При аналізі внутрішнього середовища виявляються слабкі та сильні сторони діяльності підприємства.

Зовнішнє середовище генерує загрози і можливості підприємства. Фактори зовнішнього середовища: економіка, науково-технічний прогрес,

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

політика, демографія, географія, культура. При розгляді всіх загроз і можливостей було оцінено їх допустимість на сьогоднішній день. (табл. 8.2).

Таблиця 8.2 - Загрози та можливості зовнішнього середовища

Економіка				
Фактори	Загрози	Оцінка	Можливості	Оцінка
Зменшення доходів населення	- придбати технологію не зможуть компанії з річним доходом 50 000 000 грн/рік і менше.	0,7 (допустимо)	- формування технології, період повернення вартості якої становитиме не більше 7 років.	0,4 (мало ймовірно)
Підвищення податку	- зниження прибутку виробництва на 10 % при підвищенні податку на 8 %	0,7 (допустимо)	-збільшення прибутку компаній, які зможуть купувати технологію (Застосування технології збільшує прибуток на 8 %)	0,6 (допустимо)
Нестабільність економічної ситуації в країні	-нестабільність курсу валюти, що впливає на собівартість	0,6 (допустимо)	-залучення іноземних інвесторів ( не менше 200 000 грн)	0,7 (допустимо)
	-невигідні умови кредитування у банках ( більше 15 %)	0,4 (мало ймовірно)		

Продовження таблиці 8.2

НТП				
Запровадження модернізованих технологій	-збільшення собівартості нового обладнання (знизить прибуток на 10 %)	0,7 (допустимо)	-використання нових технологій (збільшить прибуток на 8 %)	0,8 (допустимо)
	-збільшення конкурентів з новими технологіями (знизить прибуток на 5 %)	0,5 (мало ймовірно)		
Політика				
Нестабільність політичної ситуації в країні	-проблема закупівлі імпортової сировини і матеріалів	0,7 (допустимо)	-співробітництво з українськими виробниками	0,8 (допустимо)
Демографія				
Збільшення населення	-потреба у більших потужностях виробництва	0,4 (мало ймовірно)	-збільшення попиту у підприємств, які є цільовими покупцями	0,5 (мало ймовірно)

До факторів внутрішнього оперативного середовища відносять конкурентів, постачальників, посередників, споживачів. Аналогічно до факторів зовнішнього середовища чинники внутрішнього середовища теж були проаналізовані стосовно їх ймовірності. (табл. 8.3).

Таблиця 8.3 - Недоліки та переваги внутрішнього середовища

Недоліки	Оцінка	Переваги	Оцінка
Конкуренти			
Поява нових конкурентів призведе до зниження попиту (При збільшенні конкурентів на 10 % попит зменшиться на 5 %.)	0,8 (допустимо)	Можливість виходу на нові ринки	0,7 (допустимо)
Постачальники			
Можливість труднощів при підписанні договорів із постачальниками.	0,4 (мало ймовірно)	Поява нових матеріалів на ринку, розробка нового обладнання, технологій.	0,9 (допустимо)
Збільшення цін на обладнання та сировину.	0,8 (допустимо)		
Посередники			
Співпраця з посередниками збільшить витрати на матеріали.	0,4 (мало ймовірно)	Забезпечення технічної підтримки після впровадження технології.	0,7 (допустимо)
Збільшення можливості знайти оптимальний варіант обладнання для очистки води	0,7 (допустимо)		
Споживачі			
Соціально-нестабільність населення.	0,5 (мало ймовірно)	Впровадження нових технологій для задоволення якомога більшої кількості	0,8 (допустимо)
Необхідність зміни технології	0,5		

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

через зміну споживчого попиту.	(мало ймовірно)	споживачів.	
--------------------------------	-----------------	-------------	--

### 8.3.Ключові фактори успіху проєкту методом Шонфільда

Конкурентноспроможність даної технологічної схеми оцінювалась за методом Шонфільда. Можливими конкурентами були обрані компанії, які надають послуги з розробки технічних схем для очищення води. Це компанії ТОВ «Envirotech engineering» і ДП «НДКТИ МГ». Розглянуто кілька факторів, які найбільше впливають на вибір споживача.

Таблиця 8.4 –Фактори успіху проєкту за методом Шонфільда

Значення	Коефіцієнт	Оцінка		
		«New technology»	ТОВ «Envirotech engineering»	ДП «НДКТИ МГ»
Ціна (грн)	0,4	5	4	3
		$0,3 \cdot 5 = 1,5$	$0,3 \cdot 4 = 1,2$	$0,3 \cdot 3 = 0,9$
Час введення в експлуатацію (місяці)	0,3	4	4	3
		$0,3 \cdot 4 = 1,2$	$0,3 \cdot 4 = 1,2$	$0,3 \cdot 3 = 0,9$
Співпраця з компаніями постачальниками (к-сть підписаних договорів)	0,2	5	3	4
		$0,2 \cdot 5 = 1,0$	$0,2 \cdot 3 = 0,6$	$0,2 \cdot 4 = 0,8$
Супровід на всіх етапах впровадження (к-сть етапів)	0,2	5	3	2
		$0,2 \cdot 5 = 1,0$	$0,2 \cdot 3 = 0,6$	$0,2 \cdot 2 = 0,4$

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

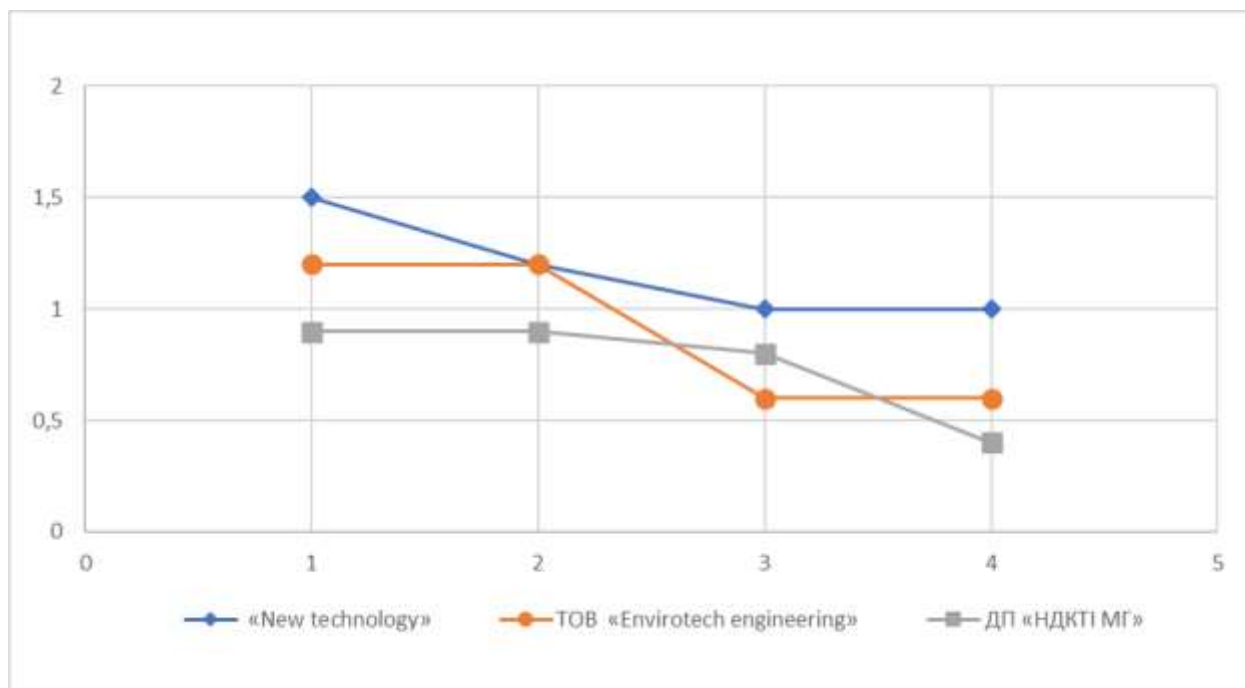


Рисунок 8.1 - Оцінка конкурентоспроможності за методом Шонфільда

За результатами, головними факторами даного стартапу є співпраця з компаніями постачальниками і супровід на всіх етапах впровадження. Компанії постачальники ( ТОВ «Перша вода», Dow Chemical Company, Ecosoft) співпрацюють саме з нами тому що ми гарантуємо вигідні умови співпраці (своєчасна оплата, поширення їхнього обладнання на виробництвах) а наші конкуренти не проявляють інтерес до спільної роботи з ними.

Саме наша розробка передбачає консультацію і допомогу на кожному етапі виробництва. Для початку консультиувати буде розробник, так як саме він знає всі тонкощі технології і зможе допомогти замовнику, супроводжувати всі етапи пов'язані з обладнанням будуть проводити компанії постачальники.

Зважаючи на всі розглянуті критерії можна зробити висновок, що розроблена технологія є конкурентно спроможною.

## 8.5 Розрахунок собівартості розробки

У таблиці 8.6 перелічено необхідні елементи для розробки стартапу.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.6 - Вартість компонентів

Найменування	Вартість
ПК	20 000
ПО	2 000
Оренда приміщення	5 000
Допоміжні матеріали	1 500

Також у таблиці 8.7 наведена заробітна плата групи виконавців.

Таблиця 8.7 - Заробітна плата групи для виконання.

Посада	Вид роботи	Місячна заробітна плата, грн
Розробник	Розробка технологічного процесу	-
Старший науковий співробітник	Консультація по основним теоретичним процесам	14 000
Профконсультант	Консультація по економічним питанням	12 000
Профконсультант	Консультація по автоматизації процесу	12 000
Профконсультант	Консультація з охорони праці	12 000

Розробка даного стартап проєкту складається з декількох стадій:

1. Підготовча, в процесі якої підбирають необхідну інформацію, оглядають літературні дані, складають робочі плани;
2. Фактична розробка проєкту, яка включає вибір обладнання, його розрахунок і розробку компоновування.
3. Завершальна, під час якої підсумовуються результати, проводиться повний розрахунок і створюється готове рішення для процесу.



Загальну оплату для виконавців визначають, виходячи з їх місячних окладів.

Середня кількість робочих днів на місяць за п'ятиденний робочий день тиждень становить 21,1. Внески працівників наукових установ до закладів соціального страхування становлять 22% заробітної плати.

#### 8.6 Ціна пропозиції на ринку

Процес ціноутворення – процес перевірки, затвердження та модифікації цін і тарифів, а також процес визначення їх рівнів, співвідношень та структур.

Визначення ціни пропозиції для ринку відбувається при конкретизації потенційного споживача та його особливостей при прийнятті рішення про купівлю стартаппроєкту.

За допомогою різних методів ціноутворення порівнюємо ціну даного стартапу.

##### 8.6.1 Метод повних витрат

За цим методом ціна розраховується, виходячи із суми постійних і змінних витрат на одиницю продукції й запланованого прибутку з урахуванням нижнього порогу ціни.

$$Ц = C + П$$

де Ц – ціна товару, грн; С – собівартість товару, грн; П – прибуток, який бажає отримати підприємство від реалізації, грн.

Величина прибутку становить 7 % від собівартості (середній рівень інфляції за останні три роки + відсотки для його страхування)

$$Ц = 49\,200,9 + 3\,444,07 = 52\,644,97 \text{ грн.}$$

##### 8.6.2 Агрегатний метод

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Суть агрегатного методу полягає в узагальненні цін на різні структурні компоненти (деталі, вузли, компоненти) виробів, що входять до ряду параметрів, і збільшенні очікуваного прибутку.

Структурними частинами даного проєкту будуть:

1. Компоненти необхідні для створення розробки.
2. Заробітня плата виконавців.
3. Ідея розробки.

Вартість ідеї оцінюємо в 12 000 грн.

Таким чином, ціна проєкту за агрегатним методом:

$$\begin{aligned} C_{\text{а.м.}} &= C_{\text{елементи}} + C_{\text{ф}} + C_{\text{фоп}} + C_{\text{ідея}} = 20\,500 + 4\,000 + \\ &+ 24\,700,9 + 12\,000 = 61\,200,9 \text{ грн.} \end{aligned}$$

### 8.6.3 Метод точки беззбитковості

Метод полягає у визначенні ціни на основі розрахунку оптимального обсягу виробництва:

$$П = Ц - С;$$

$$Ц = С, \text{ звідси } П = 0.$$

$$ПВ = 25\,509,8 \text{ грн.}$$

$$ЗВ = 23\,691,1 \text{ грн}$$

$$\text{Нехай } Ц = x, \text{ тоді:}$$

$$x - (25\,509,8 + 23\,691,1) = 0$$

$$x = 49\,200,9 \text{ грн.}$$

Отже, для того, щоб  $П = 0$ , необхідно понизити ціну до  $Ц = 49\,200,9$  грн.

Проаналізувавши обрані методи розрахунків ціни, вибираємо ціну за агрегатним методом яка становить **61 200,9** грн/розробку.

### 8.7 Оцінка ризиків та страхування розробки

У цьому розділі визначені найбільш ймовірні ризики, що можуть виникнути при реалізації даного проєкту.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.10 – Оцінка ризиків

Ризик	Коефіцієнт впливу на дохід	Імовірність настання
Організаційні ризики:		
- відсутність досвідчених консультантів	0,5	0,3
- необхідність доопрацювання в процесі впровадження технології.	0,9	0,3
Фінансові ризики:		
- інфляція	0,95	0,5
- ризик банкрутства споживачів	0,5	0,2
Комерційні ризики:		
- недостатній попит на технологію.	0,99	0,3
- конкуренти з нижчими цінами але близькими показниками	0,75	0,5
Форс-мажор:		
- форс-мажорні обставини	0,33	0,5

З ціллю страхування або усунення описаних ризиків пропонуються заходи вказані нижче. А також передбачений фонд для страхування ризиків, який закладений у собівартості розробки і прийнятий до уваги при розрахунку ціни.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Даний аналіз показав, що стартап проєкт має конкуренту перевагу. Оскільки на ринку відсутня пропозиція розробити технологію «під ключ» (тобто яка включає в себе всі стадії до початку виробництва).

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 9 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Проаналізувавши технологічну схему, можна прийти до висновку, що у відділенні використовуються шкідливі та небезпечні фактори. Використовується електрична, механічна, теплова енергія. При проектуванні виробництва прийнято рішення, які відповідають вимогам охорони праці та пожежної профілактики. В якості внутрішньоцехового транспорту використовуються трубопроводи.

### 9.1 Охорона праці

#### 9.1.1 Виявлення та аналіз ШНВФ. Заходи з охорони праці

##### 9.1.1.1 Повітря робочої зони

Відповідно ДСН 3.3.6.042-99 роботи, що виконуються на даному виробництві, за витратами фізичної енергії, відносяться до категорії середньої тяжкості – Па [9].

У таблиці 9.1 наведені санітарні норми параметрів мікроклімату для двох періодів року.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9.1 – Санітарні норми параметрів мікроклімату цеху

Період року	Категорія робіт	Температура, °C			Відносна вологість повітря, %		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	Фактична		Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
			Нижня межа	Верхня межа				
Холодний	Па	18-20	15-17	23-24	40-60	75	0,2	<0,3
Теплий	Па	21-23	17-18	27-29	40-60	65	0,3	0,2-0,4

У цеху використовуються агресивні речовини. Санітарна характеристика відділення та заходи безпеки наведені в таблиці 9.2.

Таблиця 9.2 – Санітарна характеристика цеху

Параметр	Характеристика
Агресивні речовини, причини їх виділення	Хлоридна кислота, витік
Характеристика шкідливої дії, група речовини	Високо небезпечна.
ГДК речовини у повітрі робочої зони, мг/м <sup>3</sup>	0,1 ... 1,0
Клас небезпечності речовини	II
Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ	Спеціальний одяг, засоби захисту рук, захисні окуляри
Засоби допомоги	Промити водою і 5 % розчином питної соди

Температура технологічного обладнання, стін, підлоги, стелі огорожуючих конструкцій не повинна виходити більш ніж на 2°C за межі оптимальних величин температури повітря.

Для нормалізації мікроклімату необхідний рівномірний теплообмін, для цього використовується змішана загальнообмінна вентиляція. Для контролю мікроклімату використовується: термометр, психометр, анемометр.

#### Розрахунок аерації цеху

Температура повітря верхньої частини приміщення:

$$t_{\text{вид}} = t_{\text{зов}} + \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{рз}}}{m},$$

$$t_{\text{вид}} = 23,5 + \frac{22 - 23,5}{0,55} = 21,67^{\circ}\text{C}.$$

Віконний проріз має конструкцію одинарної підвіски. Кут відкриття стулки  $45^{\circ}$ .

Питому вагу повітря визначимо за формулою:

$$\rho_{\text{вид}} = \frac{353}{21,67 + 273} = 1,197 \text{ кг/м}^3.$$

$$\Delta P = 10 \cdot (1,197 - 1,191) = 0,06 \text{ кг/м}^3.$$

Тиск, що витрачається при проході через прорізи визначимо за формулою:

$$\Delta P_{\pi} = \beta \cdot \Delta P,$$

де  $\beta$  – різниця тисків, що витрачається на прохід повітря через прорізи.

$$\Delta P_{\pi} = 0,4 \cdot 0,06 = 0,024 \text{ кг/м}^3.$$

#### 9.1.1.2 Виробниче освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018, відділ виконує роботи категорії IVa розряду – середньої точності [9].

У таблиці 9.3 наведено нормативні значення параметрів освітлення для даного розряду робіт.

Таблиця 9.3 – Нормативні значення освітлення

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розряд зорових робіт	Штучне освітлення, лк		Природне освітлення, КПО III, %
	Комбіноване	Загальне	Бокове
Середньої точності – IVa	750÷300	750÷300	0,5

Відділ передбачає використання комбінованого штучне освітлення – поєднання загального і місцевого освітлення. Природне освітлення представлено боковою двосторонньою системою. Проєктом передбачено робоче, аварійне та технічне освітлення. Отже, в цеху реалізовано суміщене освітлення.

Світловий потік обраної лампи необхідний для освітлення горизонтальної поверхні при рівномірному освітленні отримаємо таку формулу:

$$F = E \cdot S \cdot z \cdot k / n \cdot u \cdot m,$$

Де E – нормована освітлюваність, (500 лк);

S – площа приміщення (120 м²);

z – поправочний коефіцієнт світильника (1,25);

k – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості при експлуатації (1,1);

n – кількість світильників (n = 28);

u – коефіцієнт використання, що залежить від типу світильника, показника (індексу) приміщення, відбиття і т.д., (0,6);

m – число люмінесцентних ламп у світильнику, m = 2.

Тож необхідний світловий потік однієї лампи:

$$F = E \cdot S \cdot z \cdot k / n \cdot u \cdot m = 500 \cdot 120 \cdot 1,25 \cdot 1,1 / 28 \cdot 0,6 \cdot 2 = 2456 \text{ лм.}$$

Вибір лампи проведемо згідно ГОСТ 6825-74. У відділені використаємо лампи типу ЛБ-40-1 потужністю 40 Вт та світловим потоком 2720 лм..

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### 9.1.1.3 Виробничий шум та вібрації.

Джерелом шуму на підприємстві є: електродвигали насосів.

Допустимий рівень вібрації на робочому місці, згідно ДСН 3.3.6.039-99, не повинен перевищувати 93 дБ.

Для зменшення вібрації та шуму, що утворюється під час роботи обладнання в цеху, передбачені такі заходи:

- Закріплення вібраційних деталей;
- Усунення надмірних розривів між обладнанням;
- Збалансування деталей та механізмів руху та обертання;
- Ізоляція фундаменту обладнання від землі через повітряний проміжок (акустичний шов);
- Збільшення ваги фундаменту та використання суцільної металевий пластини в опорі фундаменту;
- Збільшення розриву між власною та резонансною частотою
- Застосування динамічного віброгасіння [9].

Проектом передбачено, що насос встановлюється у спеціальній закритій камері. Це також зменшить шум та вібрацію під час роботи насоса. Шумозахисні шоломи, навушники і вкладки використовуються як засоби індивідуального захисту.

Для зменшення вібрації використовуються пружини та гумові шайби, а також спеціальні підкладки для обладнання.

### 9.1.1.4 Електробезпека

Електроживлення електричного обладнання забезпечується трьохфазною чотирьохпровідною мережею змінного струму промислової частоти із глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 В.

Коли електроізоляційний шар порушений, або електропровідні елементи пристрою під напругою, може статися ураження електричним

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

струмом. У цьому випадку запобіжним заходом електричного струму є ізоляція частин, що проводять струм.

У відділені використовуються напірні фільтри та мембранна система очищення води, що працює під тиском до 0,7 МПа. При порушенні технологічного режиму, чи неправильній експлуатації обладнання можливе виникнення аварійної ситуації.

Шкідлива дія електричного струму на людину розраховується за формулою:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}} \cdot 10^3}{R_{\text{л}} + R_{\text{о}}}, \text{ мА}$$
$$I_{\text{л}} = \frac{200 \cdot 10^3}{4000 + 4} = 0,05 \text{ А.}$$

Розрахуємо допустиму напругу дотику ( $U_{\text{д}}$ ):

$$U_{\text{д}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}} \cdot 10^3 \text{ В.}$$
$$U_{\text{д}} = 0,05 \cdot 4 \cdot 10^3 = 220 \text{ В.}$$

Для забезпечення безпечної роботи існуючих електроустановок передбачається низка заходів:

- Використання огорож для захисту ізоляції електричного обладнання поблизу транспортних зон;
- Заземлення металевих деталей обладнання, де може виникнути електричний заряд;
- Забезпечення захисту дротів від механічного пошкодження;
- Закриття пилонепроникних двигунів;

## 9.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

### 9.2.1 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання

Передбачено проходження персоналом спеціальної підготовки та інструктажу з охорони праці.

Причинами аварійних ситуацій в даному цеху можуть бути:

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Різкий перепад тиску, гідравлічні удари, дефекти металу призводять до розриву трубопроводів;
- Розгерметизація обладнання через фурнітуру та ущільнення;
- Аварійне припинення подачі реагентів та електроенергії в наслідок руйнування систем підводу.
- Порушення технічних характеристик через несправність системи автоматичного керування та регулювання технологічного процесу.

Проектом передбачено вчасно здійснювати планово-попереджувальний ремонт обладнання та підтримку його у належному стані.

#### 9.2.2 Пожежна безпека

Можливі причини пожежі в хімічного цеху, що розглядається в даному проєкті:

- Пошкодження електроживлення;
- Утворення електричних іскор від механічного обладнання;
- Прямі удари блискавки в будівлю;
- Перенавантаження двигунів обладнання.

Методи захисту, передбачені проєктом:

- Згідно з СНиП 2.09.02-85, у цеху розміщений пожежний кран діаметром 50 мм і довжиною 20 м, вогнегасник ВХП-10, протипожежний щит та ємність з піском;
- встановлено протипожежну сигналізацію;
- Наявність автоматичних вимикачів для захисту електрообладнання від перевантаження;
- Захист будівлі блискавковідводами стрижньового типу від прямих уражень блискавок;
- Забезпечення необхідних та безпечних методів евакуації з будівлі.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вогнегасники та засоби пожежогасіння знаходяться у справному стані та пофарбовані в червоний колір.

### 9.2.3 Аналіз безпеки об'єкта

Згідно з Положенням «про план локалізації і ліквідації надзвичайних ситуацій», даний цех за масштабами потенційних надзвичайних ситуацій відноситься до категорії «Б».

В даному цеху можуть виникати наступні аварійні ситуації:

- пожежа;
- розрив обладнання;
- вибух (усередині обладнання або в будівлі)

В екстрених випадках потрібно негайно вимкнути все обладнання. Споживачі повинні ізолювати небезпечну зону від джерела живлення. Працівникам потрібно повідомити про ситуацію керівника. Якщо є постраждалі - надати їм першу допомогу, при необхідності викликати швидку допомогу.

Виявляємо наявність основних і допоміжних приміщень, відповідність їх розмірів нормам і визначаємо потрібні площі, яких не вистачає: сховище 1 відповідає нормам.

Визначаємо розрахункову місткість сховища 1 за площею до і після дообладнання їх:

$$M_{\text{пр}} = 52 / 0,5 = 104 \text{ ос.}$$

Визначимо розрахункову місткість за об'ємом приміщення:

На одну людину передбачений об'єм  $1,5 \text{ м}^3$ .

$$M_{12} = \frac{(52+12) \cdot 2,8}{1,5} = 119 \text{ ос.}$$

Визначасмо коефіцієнт місткості:

$$K_m = \frac{M}{N} = \frac{104}{60} = 1,73, \text{ де } N - \text{кількість працівників найбільшої зміни.}$$

Визначаємо потрібну кількість нар у приміщеннях для людей .

$$H = \frac{M}{5} = \frac{104}{5} = 21 \text{ нар.}$$

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже,  $K_m > 1$ , тобто захисні споруди дозволяють розмістити всіх працівників. Слід придбати 21 двох'ярусний нар для захисних спор

## 10 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА

Метою даного розділу є визначення та класифікування відходів та наведення можливих варіантів екологізації виробництва.

10.1 Аналіз джерел та відходів, що утворюються під час технологічного процесу знесолення.

Іонний обмін є дуже ефективним методом, але має і вагомі недоліки. Одним із них це велика кількість утворених відходів після очистки, розпушення, промивки та регенерації. На сьогоднішній день гостро стоїть проблема розробки нових методів утилізації відходів після іонного обміну (іоннообмінні смоли, води після промивки, відпрацьовані регенераційні розчини).

Також в технологічній присутні стадії механічного очищення і нанофільтрації. На даних стадіях також передбачена промивка, відповідно також утворюються стоки.

У таблиці 10.1 наведена характеристика відходів, що утворюються і методи їх утилізації.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 10.1 - Характеристика твердих та рідких відходів, що утворюються в процесі виробництва.

№	Характеристика стоки	Метод знешкодження
1	Механічна фільтрація:	
	- вода після промивання фільтрів	Розведення
2	Мембранне очищення:	
	- концентрат	Використання на інших стадіях процесу
	- концентрат для промивання мембран	Нейтралізація
3	Іонний обмін:	
	- іоннообмінні смоли	Утилізація або регенерація
	- води після промивки і розпушення	Розведення
	- відпрацьовані регенераційні розчини	Усереднення для подальшого використання для На катіонування

Води після промивки і розпушення механічного фільтра і іоннообмінних фільтрів можна направити на скид у каналізацію або на власні технічні потреби цеху.

Стосовно стадії мембранного очищення також пропонуються різні варіанти екологізації. Рекомендується частину концентрованої рідини, що утворюється після очищення мембран направляти у бак для стадії механічного очищення води.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Утилізація відпрацьованих іонообмінних смол складний і трудомісткий процес, так як на існуючих печах спалювання система газоочистки дозволяє переробляти іонообмінні смоли в малому обсязі.

Існують і інші методи утилізації іонообмінних смол: включення в різні матриці, сушка і пряме пресування в бочках з наступним цементуванням отриманих блоків.

Процес утилізації відпрацьованих іонообмінних смол за допомогою термічної деструкції повністю безпечний, і відповідає екологічним нормам і дозволяє скоротити викид забруднюючих речовин в атмосферу і воду.

В Україні існують підприємства, які займаються утилізацією іонообмінних смол.

Але найбільш екологічним буде регенерація іоннообмінних смол з видаленням з матриць забруднюючих сполук. Ці сполуки можна використовувати у різноматних процесах хімічної технології.

Найбільшу увагу у даному розділі приділяється методу екологізації відпрацьованих регенераційних розчинів. Для початку їх пропонується усереднювати у одному баку з метою нейтралізації. А потім використовувати у процесі Na-катіонування для пом'якшення води, яка також присутня на ТЕЦ.

## 10.2 Екологічний моніторинг

Основною метою екологічного моніторингу є забезпечення раціонального та безпечного використання природних ресурсів та виробничої діяльності з мінімальною шкодою для навколишнього середовища.

У цеху потрібно визначити місця відбору проб для контролю екологічної безпечності.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 10.2 – Перелік місць відбору проб і методів їх аналізу

Найменування стадії	Місце відбору проби	Показник, що контролюється	Частота контролю	Методика та засоби вимірювання
Концентрат після нанофільтрації	Трубо-провід концентрату	рН Солевміст, г/дм <sup>3</sup>	2 раз у зміну	Титриметричний метод аналізу

## 10.2 Розрахунок екологічних платежів

Якщо у відділенні не будуть вживатися екологічні заходи і не будуть ліквідуватися будь-які відходи, потрібно сплачувати державі екологічний податок.

Сума податку, що сплачується за скидання забруднюючих речовин:

$$П_c = \sum_{i=1}^n (М_{п_i} \cdot Нб_i) \cdot К_t,$$

де  $Нб_i$  – норматив плати за скидання 1 т забруднюючої речовини, грн/т;

$М_{п_i}$  – маса річного скиду і забруднюючої речовини, т;

$К_t$  – коефіцієнт, що враховує територіальні екологічні особливості.

Отже, розрахуємо екологічний податок:

$$П_c = (62,2 \cdot 46,19 + 11,9 \cdot 46,19) \cdot 1 = 3\,422,7 \text{ грн.}$$

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 11. СТАНДАРТИЗАЦІЯ, МЕТРОЛОГІЯ ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ З ЗАЛУЧЕННЯМ СТАНДАРТІВ ISO

Стандартизація на виробництві - це діяльність по встановленню правил, норм і характеристик, спрямована на досягнення впорядкованості у технологічних процесах, забезпечення безпеки працівників і навколишнього середовища, а також підвищення конкурентоспроможності продукції.

Для якісного процесу стандартизації необхідно застосовувати певний набір обов'язкових вимог щодо змісту самого стандарту.

Під час роботи цеху потрібно слідкувати за дотриманням усіх вимог і стандартів. Об'єктом стандартизації у цеху знесолення води є реагенти (хлоридна кислота і гідроксид натрію), допоміжна сировина (іоннообмінні смоли).

Також під особливою увагою має бути обладнання, що знаходяться під тиском, дренажні системи фільтрів і т.д. Все обладнання повинно бути у справному стані. Під час виникнення пошкоджень, потрібне своєчасне їх усунення.

Все обладнання повинно проходити перевірку раз на пів року. Капітальні ремонти проводяться по мірі зношення обладнання і в залежності від стану цеху. Ремонти бажано проводити без перешкоди в роботах електроприводів.

В таблиці 11.1 наведена інформація про стандарти сировини і матеріалів, що використовуються цеху знесолення води.

					XH91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 11.1 – Зведений список стандартів, використаних при виконанні проєкту

№	Назва матеріалів і сировини	Номер і назва стандарту, технічних умов
1	Аніоніт АВ-17-8	ГОСТ 20.301-74
2	Катіоніт КУ – 2 – 8 -Н	ГОСТ 20.298-74
3	Натрію гідроксид	ГОСТ 22.63-79
4	Хлоридна кислота	ГОСТ 21.84-77

При отриманні на виробництві даних товарів обов’язкова наявність документів, в яких має зазначатися: товарний знак, марка і сорт, маса брутто і нето, дата виготовлення, стандарт на продукцію.

Всі реагенти і сировину отримують партіями з дотриманням усіх вимог стандарту.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 12.1 Компонування обладнання виробництва

Під компонуванням виробничого цеху розуміють визначення розмірів і форми виробничої будівлі, виділення в ньому самостійних відділень, розміщення обладнання в плані та у об'єму.

Планування приміщень і розміщення обладнання в них проводиться за принципом виробничого потоку. Виробничим потоком називається найкоротший і послідовний напрямок руху напівфабрикатів від сировини до готової продукції [10].

Технологічне обладнання необхідно розмішувати так, щоб у цеху залишались необхідні по довжині й ширині проходи, а також площадки для його обслуговування і проходи до нього.

- ширина основних проходів у цеху повинна бути не менш як 2,5 – 3 м;
- відстань між частинами апаратів, що виступають, 0,8–1,0 м; а в місцях, де не передбачено рух робітників, – 0,5 м;
- для обладнання з висувними частинами (валами, люками, кришками і т.д) розміри проходів визначають по відстані між висувними частинами, враховуючи можливість вільного їх пересування;
- технологічне обладнання розміщується так, щоб відстань від верху обладнання до низу балок або при розміщенні між балками до низу плити було не менше 500мм.
- при фронтальному розміщенні машин і апаратів один до одного – не менш як 1,5 м.
- якщо тару до місця розфасовування і готовий продукт у камеру транспортують електрокарами, то для розвороту транспорту в цеху необхідно передбачати ширину проїзду в межах 2,5–3,5 м [10].

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологічне обладнання komponують, завершивши планування цехів і приміщень основного виробничого призначення, підсобних, допоміжних і складських приміщень. Це дає можливість визначити напрямок руху сировини, напівфабрикатів, відходів і готової продукції, допоміжних матеріалів і тари. Визначають розміщення дверних прорізів, схему руху робітників із санітарно-побутових приміщень до робочих місць у виробничих цехах. При розташуванні обладнання необхідно дотримуватися умов, які забезпечують проведення санітарного контролю за виробничим процесом, якістю сировини, напівфабрикатів і готової продукції, а також можливості миття, прибирання та дезінфекції приміщення і обладнання.

Розрахунок ширини робочого проходу:

$$l_{\text{пр}} = \alpha \cdot \alpha,$$

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2},$$

де  $\alpha_1, \alpha_2$  – зони обслуговування.

$$\alpha = \frac{1,4 + 1,4}{2} = 1,4 \text{ м.}$$

$$l_{\text{пр}} = \alpha \cdot \alpha = 1,4 \cdot 1,4 = 1,96 \text{ м.}$$

Відстань між обладнанням і стіною (між двома одиницями обладнання),

необхідна для обслуговування:

$$l_{\text{обсл.}} = \alpha_{\text{обсл.}} + 0,2 = 1,4 + 0,2 = 1,6 \text{ м.}$$

Відстань між обладнанням і стіною (між двома одиницями обладнання),

необхідна для обслуговування:

$$l_{\text{обсл.}} = \alpha_{\text{обсл.}} + 0,2 = 1,4 + 0,3 = 1,7 \text{ м.}$$

Розрахунок висоти цеху [10]:

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

де  $h_1$  – найбільша висота технологічного устаткування,

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$h_3$  – відстань від верху вантажу до центра гака, обумовлена конструкцією траверси, як правило, 500 мм.

$h_4$  – відстань від центру гака до низу кроквяної конструкції, приймається 1500 мм...4000 мм залежно від вантажопідйомності крана:

$$H = 5,5 + 0,5 + 0,5 + 1,5 = 8 \text{ м.}$$

Таблиця 12.1 – Апарати, що розміщуються у цеху

Обладнання	Кількість	Основні габарити, мм	
		Діаметер/довжина	Висота
Механічний фільтр	1	2000	3800
Система нанофільтраційних мембран	1	3600	1800
ОН-аніонітовий фільтр	1	2000	3800
Н-катионітовий фільтр	1	2000	3800
Бак з водою для промивки механічного фільтру	1	1500	2500
Бак з розчином антискаланту	1	1000	2000
Бак з водою для промивки мембран	1	1000	2000
Бак з регенераційними розчинами	2	2000	1000
Бак для промивки і розпушення фільтрів	2	3000	2500
Бак з відпрацьованими регенераційними розчинами	1	4000	2000

Бак для очищеної води	1	4000	5500
-----------------------	---	------	------

## 12.2 Характеристика підйомно-транспортного устаткування

Підйомно-транспортне обладнання призначається для механізації праці при виконанні таких операцій: розвантаження і навантаження транспортних засобів; переміщення і підйом вантажів на різні рівні будівлі; укладання їх штабелями, на стелажі і в підсобні приміщення; внутрішньо-складське і переміщення вантажів до місця їх дальшої обробки.

Вибір виду внутрішнього цехового транспорту залежить від технологічного процесу, характеру вантажів, необхідності модернізації процесу виробництва. Доцільно застосовувати такі види транспорту, що мало впливають на об'ємно-планувальне і конструктивне рішення будівлі [10].

У цеху використовуються підлоговий безрейковий транспорт.

Підлогові безрейкові транспортні роботи забезпечують:

- значне зниження капіталовкладень на монтаж траси ;
- усунення захащення виробничих площ стаціонарними транспортними пристроями ;
- економію виробничих площ внаслідок суміщення трас роботів з внутрішньоцехових проїздами та проходами ;
- оптимальний розподіл вантажопотоків завдяки простоті трас і можливості зміни маршрутних схем і парку робот - машин при перебудові виробництва або збільшенні випуску продукції;
- простоту взаємодії з допоміжним технологічним обладнанням на робочих місцях.

Підйомно-транспортне обладнання має бути безпечним в експлуатації; гарантувати високу продуктивність і мати високий коефіцієнт корисної дії; бути зручним у роботі й легким в керуванні; мати необхідну конструктивну міцність і довговічність; бути економічним у виготовленні та користуванні.

Також у цеху використовується мостовий кран.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мостовий кран - кран з вантажозахватним пристроєм, підвішеним до вантажного візка або талі, які переміщаються по рухомій сталевій конструкції

Це спеціальна конструкція, що має надземне розташування і застосовується в для підйому і переміщення різних вантажів і устаткування. Завдяки простоті виконання даний механізм має широкий попит [10].

Всі механізми мостового крану мають незалежні двигуни. Механізм крану управляється з кабіни крановика.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

В магістерському проекті було описано методи знесолення вод для потреб ТЕЦ, а саме: нанофільтрації і іонного обміну. А також наведено фізико-хімічні основи даних процесів.

Приведено характеристику продукції та вихідної сировини, допоміжних матеріалів установки знесолення. Описано технологічну схему даного процесу, з продуктивністю по вхідній воді 240 м<sup>3</sup>.

Приведений розрахунок усіх технологічних процесів, а також головного і допоміжного обладнання. Для установки нанофільтрації наведені наступні характеристики: кількість мембранних модулів– 20, кожен з яких включає 6 мембранних елементів. Дана установка розраховувалася за допомогою програми Reverse Osmosis System Analysis (ROSA). Під час розрахунку вдалося оцінити стабільні робочі параметри даної системи нанофільтрації реальних робочих умовах.

Розраховано аніоніонові і катіоніонові фільтри. Встановлено ОН - аніоніонові фільтри і Н -катіоніонові фільтри площею фільтрування  $f=3,14 \text{ м}^2$ , діаметром  $D = 2000 \text{ мм}$

Наведена схема автоматизації, на якій передбачено контроль таких параметрів: перепаду тиску на механічному фільтрі та іонообмінних фільтрах, рівень в баку для розчину антискаланту, в баках з розчинами кислоти і лугу, та в баці з відпрацьованими регенераційними розчинами, перепад тиску на стадії нанофільтрації, концентрація розчинених солей у воді після другого ступеню нанофільтрації, контроль рН в баках з розчинами кислоти і лугу, контроль концентрації розчинених солей у воді після іонного обміну. Проводиться контроль і регулювання витрати води в трубопроводах, витрати розчину антискаланту.

В розділі можливість реалізації роботи через стартап проєкт проаналізовано внутрішнє та зовнішнє середовище, розроблено паспорт

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



потенційного споживача, було обраховано собівартість розробки та її ціну за різними методами.

Проаналізовано безпеку праці робітників підприємства. Щоб забезпечити виявлення та аналіз шкідливих факторів обрано заходи з охорони праці, а саме: проведений розрахунок параметрів виробничого освітлення, наведена санітарна характеристика цеху. виконаний аналіз виробничого шуму та вібрацій, вказано заходи, які забезпечують електробезпеку та безпеку у надзвичайних ситуаціях у відділенні. Проведений і розрахований аналіз небезпеки об'єкту.

У розділі екологічна безпека виробництва було приведено виробничі відходи, розраховано їх кількість і методи їх утилізації. Описано екологічний моніторинг за процесами у цеху і розраховано річний податок на скид стічних вод без очистки на випадок якщо вони не будуть очищуватись. Податок становить 3 422,7 грн/рік.

Наведені об'ємно-планувальні рішення цеху і характеристики підйомно-транспортного устаткування.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Запольский, А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник [Текст] / А.К. Запольський. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
2. Лифшиц О. В. Справочник по водоподготовке котельных установок. Изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Энергия, 1976. – 288 с.
3. Толстопалова Н.М., Концевой А.Л., Косогіна І.В., Концевой С.А. Технологія та обладнання одержання питної та технічної води: Фізико-хімічні основи і алгоритми розрахунків процесів водопідготовки [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 130 с.
4. Клапшин Ю.П. Умягчение воды ионообменным и барометрическим методами. Электронное учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород, 2011. – 28 с.
5. Лейси Р.Е., Лёб С. Технологические процессы с применением мембран. М.: Мир, 1976, с.269.
6. ГОСТ 20298-74. Смоли іонообмінні. Катіоніти. Технічні умови. [Електронний ресурс]. – Доступ: <http://docs.cntd.ru/document/gost-20298-74>, вільний.- Загол. з екрана. – Мова рос.
7. Аніоніт АВ-17-8 ГОСТ 20301-74 [Електронний ресурс]. – Доступ: <https://him-kazan.ru/katalog/materialy-dlya-vodopodgotovki/anionit/anionit-av-17-8>, вільний.- Загол. з екрана. – Мова рос.
8. Відцентровий консольний насос К80-60-165 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://konsolnik.com.ua/nasosyi-konsolnyie-k-km/nasos-k80-65-160/> вільний. – Загал. з екрана. – Мова рос.
9. Ткачук К. Н. Безопасность труда в промышленности.– К.: Техніка, 1982. – 231 с.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10.Волошин М.Д. Устаткування галузі і основи проектування [Текст]:  
Підручник/ М.Д.Волошин, А.Б.Шестогуб, В.М. Гуляєв. – Дніпродзержинськ:  
ДДТУ, 2004. – 371с.

					ХН91мп15 1440 000 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		