**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Хіміко-технологічний факультет
Кафедра технології неорганічних речовин та загальної хімічної технології

До захисту допущено

Завідувач кафедри
_____ Н.М. Толстопалова
(підпис) (ініціали, прізвище)

"___" червня 2016 р.

# Дипломний проект

**на здобуття ступеня бакалавра**

зі спеціальності 6.051301 «Хімічна технологія» _____
(код і назва)

на тему: Відділення пом'якшення води для підживлення тепломереж
_____

Виконала: студентка 4 курсу, групи ХН-22
Лук'янчук Тетяна Олександрівна _____ _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник: ст. викл. Нижник Т.Ю. _____ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультанти

з автоматичного регулювання доц. Лукінюк М.В. _____

з економіко-організаційних рішень доц. Підлісна О.А._____

з охорони праці доц., к.т.н, Полукаров Ю.О. _____

Рецензент _____ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____
(підпис)

Київ – 2016 року

**Національний технічний університет України**
**«Київський політехнічний інститут»**

Інститут (факультет) хіміко-технологічний
(повна назва)

Кафедра технології неорганічних речовин та загальної хімічної технології
(повна назва)

Рівень вищої освіти – бакалавр

Спеціальність 6.051301 «Хімічна технологія»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Н.М. Толстопалова
(підпис) (ініціали, прізвище)

«___»_червень_2016 р.

**ЗАВДАННЯ**
**на дипломний проект студенту**

Лук'янчук Тетяні Олександрівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Відділення пом'якшення води для підживлення тепломереж _____,

керівник проекту ст. викл. Нижник Т.Ю. _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 08 »_квітня_ 2016 р. № 1313

2. Термін подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до проекту _____

4. Зміст пояснювальної записки _____

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) _____

_____

_____

6. Консультанти розділів проекту

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного Проекту | Термін виконання етапів проекту | Примітка |
|---|---|---|---|
| 1 | Обґрунтування та вибір способу і технологічної схеми виробництва. Описання технологічної схеми виробництва. Креслення технологічної схеми на форматі А4. | | |
| 2 | Характеристика продукції, сировини, допоміжних матеріалів, енергетичних носіїв.<br>Характеристика прийнятого методу виробництва. Хімізм та теоретичні основи і обґрунтування норм технологічних режимів. | | |
| 3 | Комп‘ютерний набір технологічної частини пояснювальної записки. | | |
| 4 | Характеристика технологічного обладнання:<br>розрахунок та вибір основних реакторів;<br>розрахунок і вибір допоміжного технологічного обладнання. | | |
| 5 | Автоматичний контроль та керування виробництвом | | |
| 6 | Економіко – організаційні розрахунки | | |
| 7 | Екологічна безпека виробництва | | |
| 8 | Охорона праці виробничого процесу | | |
| 9 | Оформлення пояснювальної записки, виконання креслень та ілюстративних плакатів | | |
| 10 | Попередній захист | | |

Студент _____ (підпис) _____ (ініціали, прізвище)

Керівник проекту _____ (підпис) _____ (ініціали, прізвище)

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

| № з/п | Формат | Позначення | Найменування | Кількість листів | Примітка |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | А4 | | Завдання на дипломний проект | 2 | |
| 2 | А4 | ДП ХН2210.1440.ПЗ | Пояснювальна записка | 78 | |
| 3 | А1 | ДП ХН2210.1440.01.ТК | Технологічна схема | 1 | креслення |
| 4 | А1 | ДП ХН2210.1440.02.ТК | Іонообмінний фільтр | 1 | креслення |
| 5 | А1 | ДП ХН2210.1440.03.ТК | Схема автоматизації | 1 | креслення |
| 6 | А1 | ДП ХН2210.1440.0.ТК | Економічні показники | 1 | Ілюстрація |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ДП 2210.1440 | | |
| | ПІБ | Підп. | Дата | | | |
| Розробн. | | | | Відомість дипломного проекту | Лист | Листів |
| Керівн. | | | | | | 78 |
| Консульт. | | | | | НТУУ «КПІ» Каф. ТНР та ЗХТ Гр. ХН-22 | |
| Н/контр. | | | | | | |
| Зав.каф. | | | | | | |

# Пояснювальна записка
## до дипломного проекту

на тему: Відділення пом’якшення води для підживлення тепломереж

Київ – 2016 року

# ВСТУП

Вода – це те, без чого наша життєдіяльність неможлива. Але, на жаль, нині постала гостра проблема з її якістю. Суспільство вирішило, що простіше викидати забруднене, аніж його очищувати. Та все має ліміт, і з часом світ все більше відчуває як вичерпуються запаси чистої і придатної для споживання води.

Розвиток промисловості, зростання виробництв сприяють підвищенню вимог до показників якості основного теплоносія – води. Це зумовлює пошук нових і вдосконалення існуючих методів її очищення.

Процеси очищення води на електростанціях значно залежать від ефективності методів попередньої підготовки води. Так застосування сучасних іонітів і фільтруючих матеріалів пред'являє підвищену вимогу до попередньої підготовки води за такими показниками якості як: вміст органічних домішок, величина pH, каламутність, твердість, кольоровість. Неефективне очищення на початковій стадії за даними параметрами може звести до мінімуму переваги застосування сучасних іонітних і мембранних технологій.

Тверда вода є однією з найпоширеніших проблем для сучасного очищення води. Тверда вода непридатна для використання майже у всіх галузях господарства: розчинені у ній солі під час кип’ятіння утворюють на стінках шар накипу, який погано проводить теплоту. Це призводить до перевитрат палива, передчасного зносу котлів, а іноді, внаслідок перегрівання, і до аварії. Твердість води шкідлива для металевих конструкцій, трубопроводів, кожухів охолоджуваних машин.

Твердість води – сукупність властивостей, зумовлених вмістом у воді катіонів кальцію та магнію. Пом’якшення – обробка води, що надходить із природного джерела, для різноманітних технологічних процесів.

Мета пом'якшення води — видалення іонів кальцію та магнію, що зумовлюють головним чином твердість води.

Різноманітність за показниками якості поверхневих і підземних джерел вод України для застосування в енергетиці, а також істотна зміна цих показників протягом сезону, ще більше ускладнюють систематизацію даних по обробці вихідної води.

Особливо високі вимоги поставлені до якості води для підживлення тепломереж, підвищення температури спричинює утворення карбонатів, що значно ускладнює отримання чистої води. Адже наявні домішки відкладаються в арматурі трубопроводів, тим самим знижується їх щільність, а, отже, і потужність всієї мережі. В таких випадках, для очищення води застосовують постадійну систему: попереднє очищення і іонний обмін, а саме катіонування – це дозволяє отримати воду якості, яка максимально наближена до необхідної.

Метою дипломного проекту є обґрунтування процесу пом'якшення вихідної води за допомогою двоступінчастого Na-катіонування, що дозволить отримати воду якості, необхідної для підживлення тепломереж.

# 1 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА

Водопровідна вода містить багато розчинених сульфатів, хлоридів, силікатів, гідрокарбонатів кальцію, магнію, заліза тощо. Зазвичай, їх надлишок негативно впливає на життєдіяльність людей, рослин і тварин. Твердість серйозно заважає при використанні води в домашньому господарстві та в промисловості. З часом солі відкладаються у вигляді накипу, особливо на внутрішніх стінках котлів та труб. Через це діаметр старих опалювальних труб стає звуженим вдвічі-втричі. Також, накип – утворення пористе і служить теплоізолятором. В результаті труби центрального опалення перестають віддавати тепло, а стінки котлів – пропускати тепло до води, яку потрібно нагріти. У таблиці 1.1 представлені види твердості води [1].

Таблиця 1.1 - Види твердості води

| Вода | Ммоль-екв в 1 дм$^3$ $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$ |
|---|---|
| Дуже м’яка | 0-1,5 |
| М’яка | 1,5-3 |
| Середня твердість | 3-6 |
| Тверда | 6-10 |
| Дуже тверда | >10 |

Пом’якшення води – це процес зниження її твердості, обумовленої наявністю солей кальцію і магнію.

Існує декілька методів зниження твердості, вибір яких проводиться виходячи з вимог до якості пом’якшеної води і техніко-економічних обґрунтувань.

Найпростіший спосіб – термічний, а саме - кип’ятіння. Під час нагрівання проходить реакція зв’язування катіонів кальцію та магнію:

$$Ca^{2+} + 2HCO_3^- \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow,$$

$$Mg^{2+} + 2HCO_3^- \rightarrow MgCO_3\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow;$$

$$MgCO_3\downarrow + H_2O \rightarrow Mg(OH)_2\downarrow + CO_2\uparrow.$$

Суть полягає у зміщенні вуглекислотної рівноваги в бік утворення карбонату за рахунок зміни розчинності оксиду вуглецю (IV).

Кип'ятінням значно пом'якшується вода, зменшується тимчасова твердість, але не усувається повністю. Тому цей спосіб можна вважати лише початковою стадією.

Реагентний метод – наступний етап очищення. Його суть полягає у зв'язуванні іонів кальцію і магнію хімічними речовинами в малорозчинні сполуки, які легко видаляються. Часто його ще називають - метод осадження. Найпоширеніші реагенти – це вапно, кальцинована сода, гідроксид натрію або барію, розчин фосфатів.

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3 + 2H_2O;$$

$$CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O;$$

$$Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 \rightarrow Mg(OH)_2 + 2CaCO_3 + 2H_2O.$$

Даний спосіб використовують для усунення постійної твердості, яка зумовлена наявністю в воді сульфатів та хлоридів кальцію і магнію. Перевагою є значна простота технологічного і апаратурного оформлення, але недолік – утворення осадів, висока вартість деяких реагентів, що значно обмежує застосування.

Сучасний спосіб пом'якшення води заснований на використанні іонообмінних смол. Іонообмінні процеси застосовують для зм'якшення, опріснення і знесолення води, очищення стічних вод та різних розчинів, вловлювання і концентрування цінних металів із розбавлених водних розчинів, розділення суміші речовин у розчині, коригування мінерального складу очищених стічних вод у системах оборотного водопостачання тощо.

Іонообмінні процеси, які застосовують у водопідготовці та водоочищенні, ґрунтуються на вибірковому поглинанні одного або кількох компонентів з водних розчинів за допомогою іонітів.

Суть іонного обміну полягає в здатності іонітів обмінювати свої іони на еквівалентну кількість іонів певного заряду з води. Залежно від іонів, які обмінюються, розрізняють катіонування і аніонування.

Іонообмінну здатність іонітів характеризують обмінною ємністю – кількість функціональних іоногенних груп, яку іоніт може обміняти протягом фільтра циклу [2].

Катіонування - фільтрація води через шар катіонітів, при якому проходить заміщення іонів кальцію та магнію на іони натрію або водню, що містяться в твердій фазі катіоніту. Ці методи відповідно називаються Na-катіонуванням і Н-катіонуванням. При правильно підібраній іонообмінній загрузці твердість води знижується при одноступінчатому Na-катіонуванні до 0,05-0,1моль/дм$^3$, при двоступінчатому – до 0,01 моль/дм$^3$. Як катіоніти в основному застосовують сульфовугілля, катіонообмінні смоли на основі помілерів стиролу та дивініл бензолу, а саме КУ-2-8:

$$R\text{-}H\ (Na) + Me^{+} \leftrightarrow R\text{-}Me + H^{+}\ (Na^{+}).$$

Ця реакція оборотна, так як зліва направо відбувається поглинання іонітом катіонів солей ($Me^{+}$) з розчину, а справа наліво відбувається регенерація кислотою або відповідним розчином солі.

Порівнявши методи пом’якшення води, можна відмітити переваги :

- термічний метод – мінімальні викиди в навколишнє середовище та витрати на реагенти; можливість використання надлишкової теплоти; видалення з води розчинених газів;

- реагентний метод – усунення постійної твердості; простота виконання процесу; доступність реагентів;

- іонообмінний метод – високий рівень пом’якшення води; можливість регенерації; мінімальні відходи.

До недоліків можна віднести:

- термічний метод – недостатнє пом’якшення; великі енергозатрати;

- реагентний метод – дороговизна реагентів; значні об’єми відходів;

- іонообмінний метод – висока вартість катіонітів; складність оформлення процесу.

Якість води для підживлення теплових мереж має задовольняти норми, наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Вимоги до води для потреб тепломережі

| Показник | Система теплопостачання | |
|---|---|---|
| | Відкрита | Закрита |
| Прозорість по шрифту, см, не менше | 40 | 30 |
| Карбонатна твердість, ммоль-екв/кг | 800/700 | 800/700 |
| При pH не більше 8,5 | Не допускається | По розрахунку по ГОСТ 108.030.47081 |
| Вміст розчиненого кисню, мкг/кг | 50 | 50 |
| Вміст сполук заліза, мкг/кг | 300 | 600/500 |
| Значення pH при 25°C | Від 7,0 до 8,5 | Від 7,0 до 11,0 |
| Вміст нафтопродуктів, мкг/кг | 1,0 | |

Таким чином, спираючись на поставлені вимоги, на основі аналізу переваг і недоліків основних методів можна зробити висновок, що іонний обмін є високоефективним методом демінералізації води. В сучасному виробництві ця технологія є найуживанішою і дозволяє досягти якості води, яка відповідатиме нормам різних промислових та енергетичних об’єктів.

# 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

Міська мережа водопостачання ПАТ АК «Київводоканал» використовується як джерело вихідної води. Така вода проходить стадію передочищення і є сировиною для відділення пом’якшення води для підживлення тепломереж.

Склад і властивості води повинні відповідати вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною", затверджених МОЗ України 12.05. 2010 р., уведених 16.07. 10 р. Деякі з них наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристика вихідної води

| Показники якості води | Вода водопровідна (ДСанПіН 2.2.4-171-10) |
|---|---|
| Загальний солевміст, мг / дм$^3$ | ≤1000 |
| Окиснюваність, мг$O_2$ / дм$^3$ | ≤5 |
| Сульфати, мг/дм$^3$ | 250 (500) |
| Хлориди, мг/дм$^3$ 250 (350) | 250 (350) |
| Нітрати (за $NO_3^-$), мг/дм$^3$ | 45 |
| Кальцій, мг/дм$^3$ | 25…70 |
| Магній, мг/дм$^3$ | 10…45 |
| Натрій, мг/дм$^3$ | 2…15 |
| Загальний органічний вуглець, мгС/дм$^3$ | 4 |

Лужність вихідної води після натрій-катіонування не змінюється. Залишкова загальна твердість води залежить від якості вихідної води і вимог споживачів: після двоступеневої схеми – 0,1 моль/дм$^3$.

В таблиці 2.2 наведено норми якості води [4], яка використовується для підживлення тепломереж.

Таблиця 2.2 – Норми якості води

| Показники якості води | Вихідна вода | Освітлена вода | Пом'якшена вода |
|---|---|---|---|
| Завислі речовини, ммоль-екв/дм$^3$ | 1 -10 | До 8,0 | - |
| Солевміст, ммоль-екв/дм$^3$ | 120 - 200 | 80 - 120 | - |
| Твердість, ммоль-екв/дм$^3$ | 3,0 - 4,5 | 1,5 - 2,0 | 0,001 - 0,005 |
| Лужність, ммоль-екв/дм$^3$ | 2,5 - 4,0 | 0,8 - 1,0 | - |
| Хлориди, ммоль-екв/дм$^3$ | 8 - 18 | 8 - 18 | - |
| Сульфати, ммоль-екв/дм$^3$ | 15 - 30 | 40 - 50 | - |
| Кремнєкислота, ммоль-екв/дм$^3$ | 8 - 18 | 4 - 10 | 0,24 |
| Окислюваність, ммоль-екв/дм$^3$ | 5 - 13 | До 7,0 | - |
| pH | | 10,1 - 10,2 | 8,0 - 9,5 |
| Залізо, мкг/кг | 350 - 900 | 300 | 50 |

Норми води для підживлення тепломережі залежать від системи теплопостачання: закрита або відкрита. Якість додаткової води відкритих систем теплопостачання також повинна задовольняти вимоги державного стандарту до питної води.

Отже, якість підживлювальної води має відповідати вимогам до якості питної води та гігієнічних вимог до якості води централізованого господарського питного теплопостачання.

Вимоги до якості пом'якшеної води наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Вимоги до води для потреб тепломережі

| Показник | Система теплопостачання | |
|---|---|---|
| | Відкрита | Закрита |
| Прозорість по шрифту, см, не менше | 40 | 30 |
| Карбонатна твердість, ммоль-екв/кг | 800/700 | 800/700 |
| При pH не більше 8,5 | Не допускається | По розрахунку по ГОСТ 108.030.47081 |
| Вміст розчиненого кисню, мкг/кг | 50 | 50 |
| Вміст сполук заліза, мкг/кг | 300 | 600/500 |
| Значення pH при 25°C | Від 7,0 до 8,5 | Від 7,0 до 11,0 |
| Вміст нафтопродуктів, мкг/кг | 1,0 | |

Для пом’якшення води використовують іонообмінний матеріал - катіоніт сильнокислотний КУ-2-8-Na.

КУ-2-8 (ГОСТ 20298-74) отримують сульфуванням сополімеру стирола з 8% диметилбензолом. Він має гелеву структуру. Катіоніт характеризується високою хімічною стійкістю в розведених розчинах лугів, кислот, деяких окисниках та органічних розчинниках. Основні властивості катіоніту наведено в таблиці 2.4 [4].

Таблиця 2.4 – Характеристика катіоніту КУ-2-8

| Показники | Значення |
|---|---|
| Гранулометричний склад:<br>розмір зерен, мм<br>вміст робочої фракції, %<br>ефективний розмір зерен, мм, не більше<br>коефіцієнт однорідності, не більше | <br>0,315-1,25<br>94-96<br>0,5<br>1,6-1,7 |
| Вміст вологи, % | 50-60 |
| Питомий об'єм, см³/г, не більше<br>Н – форма<br>Na – форма | <br>2,9<br>- |
| Повна статична об'ємна ємність, мг-екв/дм$^3$, не менше | 1,7 |
| Окиснюваність фільтрату в перерахунку на $O_2$,<br>мг/г, не більше | <br>0,3 |
| Осмотична стабільність, %, не менше | 85-90 |

Для регенерації катіонітів використовують технічну кухонну сіль. Вимоги до технічної кухонної солі наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Фізико-хімічні показники солі ГОСТ 13830-97

| Найменування показника | Норма |
|---|---|
| Масова частка хлориду натрію, %, не менше | 97,50 |
| Масова частка кальцій-іона, %, не більше | 0,55 |
| Масова частка магній-іона, %, не більше | 0,10 |
| Масова частка сульфат-іона, %, не більше | 1,20 |
| Масова частка калій-іона, %, не більше | 0,20 |
| Масова частка оксиду заліза (III), %, не більше | 0,040 |
| Масова частка нерозчинного у воді залишку (н.о.), %, | 0,45 |
| Масова частка вологи, %, не більше | 0,70 |
| Крупність: до 0,5 мм включ., %, не менш<br>понад 0,5 мм до 1,2 мм, %, не більше | 95,0- 5,0 |

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

Іонітні методи обробки води базуються на здатності деяких практично нерозчинних в воді матеріалів вступати в іонний обмін з розчиненими в воді солями, сорбуючи з оброблюваної води одні іони і віддаючи в розчин еквівалентну кількість інших іонів, якими вони періодично насичуються при регенерації.

Іонообмінні матеріали, які в наш час знайшли широке застосування в технології водопідготовки для потреб ТЕЦ, являють собою синтетичні високомолекулярні сполуки кислого або основного характеру. Ці матеріали отримують шляхом поліконденсації вихідних мономерів або їх сополімеризацією. Іоніти випускають суворо фіксованого фракційного складу, оптимальність якого підтверджена досвідом, отриманим їх експлуатацією.

До складу іонітів входять функціональні групи, здатні до іонізації та обміну електролітами. В результаті йонізації функціональних груп, утворюються фіксовані іони, які закріплені на каркасі і не переходять у розчин, та протиіони (обмінні іони). Кількість протиіонів еквівалентна кількості фіксованих іонів. Якщо введені в матрицю функціональні або іоногені групи мають структуру кислотних залишків (-COOH; $-SO_3H$; $-PO_4H_2$ і т.д.), то такі іоніти називають катіонітами тому, що вони здатні до обміну катіон-іонами водню або позитивно зарядженими іонами металів. Якщо введені в матрицю іоногені групи мають структуру основних залишків (-N; = NH; $-NH_2$; $-NR_3$ і т.п.), то такі іоніти називають аніонітами тому, що вони здатні до обміну аніонами-іонами гідроксиду чи негативно зарядженими кислотними залишками. Коли в іоніти введені однакові функціональні групи, такі іоніти називають монофункціональним, а у випадках, коли вводяться групи різної структури, іоніти називають поліфункціональними. Якщо ж в

одні і ті ж зерна іонітів введені кислотні та основні іоногені групи, такі іоніти слід називати змішаними [6].

Зерна органічних молекул або продуктів конденсації нерозчинні у воді тому, що полімерні ланцюги макромолекул не тільки володіють великою молекулярною масою, але ще поперечно пов'язані між собою, як би утворюючи просторову сітку потенційно пористої речовини. У іонітів зазвичай немає стабільних отворів і проходів певних мікроперерізів. Вони здатні набухати у воді і трохи менше в інших органічних розчинниках. Для більшої частини іонітів характерне зростання об'єму при набуханні в 1,5 - 3,5 рази - це значний розбіг розмірів, і він повинен враховуватися при завантаженнях іонітів в іонообмінні фільтри. Величина набухання залежить від того, якими протиіонами заряджений іоніти. Зазвичай однозарядні іони, особливо водню та гідроксиду, приводять до найбільшого набухання; багатозарядні протиіони призводять до деякого стиснення і зменшення обсягу зерен.

В процесі використання іонітів вони перш за все не повинні забруднювати оброблювану воду, погіршуючи її якість, і втрачати здатність до обміну іонами. Тому з метою запобігання виникненню цих проблем, підбирають іоніти механічно міцні і стійкі. Механічна міцність – це здатність протистояти випробовуванням, не зруйнувавши зерна. Стійкість – здатність до обміну іонів впродовж тривалого часу, не забруднюючи при цьому оброблювану воду і не погіршуючи її якість. Для запобігання цього іоніти заздалегідь ретельно промивають.

Іонообмінну здатність іонітів характеризують статичною (СОЄ) і динамічною (ДОЄ) обмінною ємністю. Статистична обмінна ємність – це кількість функціональних груп, що припадають на одиницю маси або об’єму іоніту. Динамічна обмінна ємність – частина СОЄ, яка використовується під час фільтрування розчину крізь шар іоніту до проскакування у фільтрат іонів, які вилучаються. Повна обмінна ємність (ПОЄ) є показником того, що завантажені іоніти більше не поглинають іонів з розчину. Кількість

поглинених іонів з розчину, перерахованої у міліграм-еквівалентах на літр набряклого іоніту, і є показником для даних умов фільтрування.

Кінетика іонообмінного процесу очищення води здійснюється на межі поділу фаз, включає такі основні стадії:

- надходження іонів з водного розчину до зовнішньої поверхні зерен іоніту (зовнішня дифузія);
- перенесення іонів всередині зерна до іоногенних функціональних груп (внутрішня дифузія);
- хімічна реакція іонного обміну;
- перенесення протиіонів функціональних груп, що витискуються, до поверхні зерен іоніту;
- перенесення протиіонів від поверхні іоніту в об’єм розчину.

Хімічна реакція іонного обміну відбувається швидко, тому загальна швидкість процесу лімітується зовнішньою або внутрішньою дифузією.

Саме різниця концентрацій протиіонів є рушійною силою процесу. Протиіони іонітів переходять у розчин через відсутність їх на початку процесу. Але іонний обмін – процес зворотній і рівноважний, тому для досягнення електронейтральності іони того ж знаку проникають з розчину у фазу іоніту. Цей процес призводить до вирівнювання концентрацій. Чим більший заряд іонів, тим більше їх енергія входження в іоніт.

Найважливішою властивістю іонітів слід вважати їх здатність до регенерації, тобто до відновлення вихідної форми тих же зерен завантаження фільтра після поглинання ними солей з води, що очищається в результаті промивання відпрацьованих іонітів приблизно 5 - 6% - ми розчинами кислот (для катіонітів), лугів (для аніонітів) або солей. Саме ця властивість дозволяє багаторазово, навіть протягом кількох років, використовувати завантаження іонітів.

Іоніти за типом іоногенних груп у їх складі поділяються на нерозчинні кислоти – катіоніти і нерозчинні основи – аніоніти. Катіоніти здатні до

обміну катіонів своїх іоногенних груп на катіони розчинених солей або водневі іони кислот:

$$H[K^+] + NaCl \rightleftarrows Na[K^+] + HCl.$$

В практиці водопідготовки для енергетичних цілей найчастіше застосовують сильно кислотні катіоніти з активною групою $–SO_3H$, а особливо КУ-2-8. Сильнокислотні катіоніти в межах значення pH 1,5 – 10 мало змінюють свою обмінну здатність.

При фільтруванні води через шар катіоніта відбувається її пом’якшення, яке завершується на деякій глибині. Шар катіоніту, що пом’якшує воду, називається працюючим шаром, або зоною пом’якшення. При подальшому фільтруванні води верхні шари катіоніту зношуються і втрачають обмінну здатність. В іонний обмін вступають нижні шари катіоніту і зона пом’якшення поступово знижується. Через деякий час утворюються зони: зношеного, працюючого та свіжого катіоніта. Твердість пом’якшеної води буде постійною до моменту суміщення нижньої границі зони пом’якшення з верхнім шаром катіоніту. В момент суміщення починається “проскок” катіонів $Ca^{2+}$ та $Mg^{2+}$ і збільшення залишкової твердості пом’якшеної води до моменту, поки вона не стане рівною твердості вихідної води, що свідчить про повне зношування катіоніту.

Натрій-катіонування – метод пом’якшення води, який базується на здатності деяких нерозчинних у воді речовин обмінювати рухомо розташований іон кальцію і магнію за наступними реакціями:

$$2[Kat]Na + Ca(HCO_3)_2 \rightleftarrows [Kat]_2Ca + 2NaHCO_3;$$

$$2[Kat]Na + Mg(HCO_3)_2 \rightleftarrows [Kat]_2Mg + 2NaHCO_3;$$

$$2[Kat]Na + CaSO_4 \rightleftarrows [Kat]_2Ca + Na_2SO_4;$$

$$2[Kat]Na + MgSO_4 \rightleftarrows [Kat]_2Mg + N\ a_2SO_4,$$

де [Kat] – нерозчинна основа полімеру іоніту.

Під час регенерації відбуваються такі реакції:

$$[Kat]_2Ca + 2\ NaCl \rightleftarrows 2[Kat]Na + CaCl_2;$$

$$[Kat]_2Mg + 2\ NaCl \rightleftarrows 2[Kat]Na + MgCl_2.$$

Хлорид натрію використовується для регенерації через його доступність, відносну дешевизну, а також тому, що солі $CaCl_2$ і $MgCl_2$, що утворюються при регенерації, легко видаляються з регенераційним розчином і промивною водою.

У проекті розглядається двоступенева Na-катіонітова установка продуктивністю 250 $м^3$/год. Це дає можливість отримати достатньо пом'якшену воду для підживлення тепломереж.

# 4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

Технологічну схему відділення пом’якшення води для підживлення тепломереж за допомогою двоступеневого Na-катіонування зображено на кресленні ХН2210 1440 001 ТС.

## 4.1 Принцип роботи установки

Вода подається на верхню частину Na–катіонітового фільтра I ступеня і зверху вниз проходить через шар катіоніту. На зернах катіоніту відбувається обмін присутніх у воді катіонів $Ca^{2+}$ та $Mg^{2+}$ на катіоніт іонообмінної смоли.

Після Na – катіонітового фільтра I ступеня твердість води становить 0,1 ммоль/дм$^3$. Далі вода надходить на Na - катіонітовий фільтр II ступеня, після якого твердість води становить 0,01 ммоль/дм$^3$. Пом’якшена вода надходить в бак з водою для підживлення тепломережі.

Катіоніт піддається регенерації промивкою розчином хлориду натрію. Зі складу зберігання розчин подається в бак міцної солі з концентрацією 26%, звідки перекачується у бак 4 для розведення до 10 %, Потім регенераційний розчин насосами-дозаторами подається на регенерацію фільтрів.

Na - катіонітовий фільтр I ступеня відключається на регенерацію при твердості 1 ммоль/дм$^3$, а II ступеня - при твердості 0,1 ммоль/дм$^3$.

Для розпушення Na-катіонітових фільтрів використовується відмивна вода після регенерації Na-катіонітових фільтрів.

Промивні та регенераційні води поступають у відповідний бак, після чого ідуть на утилізацію.

## 4.2 Експлуатація Na-катіонітових фільтрів

а) Робота фільтрів

Натрій-катіонітова установка складається з семи робочих фільтрів діаметром 3400 мм, що працюють в два ступені (I ступінь – 4 фільтри, II ступінь – 3). Всі Na-катіонітові фільтри завантажуються сильнокислотним катіонітом типу КУ-2-8.

Перед включенням фільтра з резерву в роботу, його відмивають до твердості води 0,1 ммоль/дм$^3$ - фільтр I ступеня, або до твердості води 0,01 ммоль/дм$^3$ - фільтр II ступеня. В процесі роботи фільтра, через кожну годину контролюються витрата води та твердість на виході з фільтру.

У разі підвищення твердості води після фільтру контроль частішає і проби відбираються через кожні 15 хвилин.

б) Регенерація фільтрів

Проводиться 10 %-вим розчином хлориду натрію. Послідовність операцій наступна:

1. Розпушування: відкриваються відповідні засувки, включається насос, ведеться візуальний контроль виносу матеріалу з фільтру. Розпушення ведеться до повного освітлення води на виході з фільтру, але не менше 10 ÷ 15 хвилин. По закінченню розпушення закривають відповідні засувки.

2. Пропускання солі: відкривається клапан на трубопроводі солі в бак-мірник солі і подається міцний розчин зі складу реагентів. Для розведення розчину до робочої концентрації (10 %) в мірник заливається потрібна кількість освітленої води.

Для подачі розчину на регенерацію відкриваються засувки на фільтрі та включається насос-дозатор розчину солі. Відпрацьований розчин скидається через дренажну засувку і далі в бак регенераційних вод. Після пропуску розчину засувки закриваються та зупиняється насос.

3. Відмивка: відмивка фільтруючого матеріалу проводиться освітленою водою від вхідного колектору Na-катіонітових фільтрів, яка далі направляється в бак дренажних вод. Після закінчення відмивки фільтр включається в роботу або ставиться у резерв.

Для спостереження за станом фільтруючого матеріалу, проводиться розтин і огляд фільтра не рідше 1 разу на два роки з повним вивантаженням матеріалу, і не рідше 1 разу на 6 місяців без вивантаження [4].

Іонітні фільтри, які використовують для пом’якшення води, відрізняються за:

- завантаженою іонообмінною смолою: катіонітні, аніонітні і фільтри змішаної дії;

- за фракційним складом: насипні і намивні;

- за способом проведення регенерації: паралельнотокові, протитокові, ступінчато-протитокові.

Іонітний паралельнотоковий фільтр першого ступеня складається з корпуса, нижнього і верхнього дренажно-розподільчих пристроїв, трубопроводів, арматури, приладів для відбору проб на хімічний аналіз.

Корпус фільтру являє собою циліндр, виготовлений з листової сталі, з привареними верхнім і нижнім еліптичними днищами. Корпус фільтра оснащений двома люками. Верхній люк призначений для завантаження фільтруючого матеріалу, огляду і ремонту елементів верхнього дренажно-розподільчого пристрою, а також для контролю за станом поверхні фільтруючого матеріалу. Нижній люк потрібен для проведення монтажних робіт всередині фільтра, контролю за станом нижнього дренажно-розподільчого пристрою і його ремонту. У верхній частині фільтра до корпусу приварений трубопровід для гідравлічної загрузки фільтруючого матеріалу. В нижній частині фільтра на рівні нижнього дренажно-розподільчого пристрою є трубопровід для гідравлічного вивантаження матеріалу. До верхнього днища приварені дві косинки, необхідні для підйому фільтра при його транспортуванні і установці на фундамент. Для відводу повітря з фільтра при заповненні його водою до верхнього днища приварена труба-повітрявідвідник.

Верхній дренажно-розподільчий пристрій слугує для подачі у фільтр і рівномірного розподілення по площі поперечного перерізу фільтра води і регенераційного розчину, а також для збору і відведення з фільтру води для розпушення. Він складається з вертикально розміщеного відрізку труби-колектора, виготовленого з поліетилену і заглушеного знизу, і радіально розміщених перфорованих труб-променів, виготовлених з поліетилену і вставлених в отвори колектора. Зовнішні кінці променів заглушені і

прикріплені до внутрішньої поверхні корпуса фільтра. Промені встановлені таким чином, щоб отвори їх були направлені вгору. Нижній дренажно-розподільчий пристрій призначений для збору і відводу з фільтра обробленої води, регенераційного розчину і відмивної води, а також подачі у фільтр і рівномірного розподілу по площі поперечного перерізу розпушуючої води. Нижній прилад складається з вертикального колектора, виготовленого з корозійно-стійкої сталі, з заглушеним верхнім кінцем, двох горизонтальних полімерних труб відводів, вставлених в отвори колектора. В отвори відводів вставлені розподільні труби, зовнішні кінці яких заглушені. Розподільчі труби виготовлені із поліетиленових кілець, що насаджені на трубу-стяжку з поліетилену.

Нижнє днище фільтра заливають бітумом з наповнювачем з антрациту. Верхній шар заливки, на який опираються елементи нижнього дренажно-розподільчого пристрою товщиною 50-60 мм. Нижній дренажно-розподільчий пристрій може бути трубчатою системою зі щільовими ковпачками типу ВТИ-К.

Пробовідбірний пристрій складається з нержавіючих трубок, що з’єднані з трубопроводами подачі і відводу, клапанів і манометрів, які показують гідравлічний опір фільтруючого шару.

Іонітовий паралельнотоковий фільтр другого ступеня складається з корпусу, дренажно-розподільних пристроїв, трубопроводів, арматури, пробовідбірних приладів. Корпус фільтра являє собою циліндр, зварений з листової вуглецевої сталі, з привареними еліптичними штампованими днищами. Фільтр встановлений на фундамент за допомогою трьох опор, приварений до нижнього днища, і обладнаний двома люками. Верхній і нижній люки виконують ту ж функцію, що і в попередньому описі.

Дренажно-розподільчий пристрій складається з двох вставлених один в одного циліндричних патрубків, виготовлених з корозійно-стійкої сталі, в поверхнях яких просверлені отвори. Верхній кінець внутрішнього патрубка з’єднаний з трубою, що подає воду у фільтр. Нижній кінець зовнішнього

патрубка прикріплений до внутрішнього патрубку, а верхній кінець прижатий до внутрішньої поверхні верхнього днища.

Нижній дренажно-розподільчий пристрій складається з вертикального колектора з заглушеним верхнім кінцем і радіально розміщеними отворами, до яких приварені чотири колектора-відводи. Ці відводи розміщені під кутом до горизонтальної площини для більшого наближення до внутрішньої поверхні фільтра. Від кожного відводу відходять розподільні труби, по нижній частині яких просверлені отвори, прикриті щільовим жолобом. Розподільні труби в місцях з'єднання з колекторами-відводами обжаті на конус. Протилежні кінці розпридільчих труб заглушені. Всі елементи нижнього дренажно-розподільчого пристрою виготовлені зі сталі.

Пристрій для відбору проб води складається з корозійно-стійкою сталі. Пробовідбірні трубки оснащені кранами і манометрами, що реєструють гідравлічний опір фільтруючого шару. Вода, що відбирається для аналізу, може відводитися у зливну воронку. Для відводу повітря з фільтра в верхнє днище вварена труба [7].

Отже, для пом'якшення води у даному проекті використовується іонітовий фільтр, який завантажений іонітом марки КУ-2-8 Na.

# 5 РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНИХ ПОТОКІВ

5.1 Розрахунок та вибір основного технологічного апарату [8]

1. Вихідні дані для розрахунку Na-катіонітового фільтра другої ступені:

Склад вихідної води, ммоль-екв / дм$^3$:

- $[Na^+]$ – 0,42 ;
- $[Ca^{2+}]$ – 3.67 ;
- $[Mg^{2+}]$ – 0,11.

Продуктивність Q = 250 м$^3$/год.

Завантажують матеріал – КУ-2-8 з обмінною ємністю 1600 ммоль-екв/м$^3$.

Необхідна площа фільтрування при швидкості фільтрування 15 м/год [6]:

$$F = \frac{Q}{w},$$

де Q – потужність, м$^3$/год;

w – швидкість фільтрування, м/год.

$$F = \frac{250}{15} = 16.67 \text{ м}^2.$$

Обрано стандартний фільтр діаметром D = 3400 мм, висота шару завантаження $h_ш$ = 1,5 м.

$$f_k = \frac{\pi \cdot D^2}{4},$$

де $f_к$ – площа фільтра, м$^2$.

$$f_k = \frac{3.14 \cdot 3.4^2}{4} = 9.07 \text{ м}^2.$$

Кількість фільтрів розраховують за формулою:

$$n = \frac{F}{f_k} = \frac{16.67}{9.07} = 1.83 \approx 2+1 \text{ резервний.}$$

Дійсна швидкість фільтрування визначається за формулою :

$$w = \frac{Q}{f_k \cdot n};$$

$$w = \frac{250}{9.07 \cdot 3} = 9.71 \text{ м/ год.}$$

Об'єм катіоніту КУ-2-8 у вологому стані, який необхідно завантажити у фільтри, у тому числі й у резервний:

$$V_{кат}^{вол} = \frac{Q_{доб} \cdot (Na^{+} + Ca^{2+} + Mg^{2+})}{E_{kat}},$$

де $Na^{+}$, $Ca^{2+}$ і $M_8^{2+}$ – концентрація іонів $Na^{+}$, $Ca^{2+}$ і $Mg^{2+}$ у воді, ммоль-екв/ дм$^3$;

$E_{кат.}$ – обмінна ємність катіоніту , ммоль-екв/м$^3$ [6];

$Q_{доб.}$. – добова продуктивність фільтра:

$$Q_{доб} = 24 \cdot 250 + \frac{24 \cdot 250}{n} = 8115.19 \text{ м}^3\text{/доб,;}$$

$$V_{кат}^{вол} = \frac{8115.19 \cdot (0.42 + 3.67 + 0.11)}{1600} = 21.24 \text{ м}^3.$$

Об́єм катіоніту в повітряно-сухому стані визначається за формулою:

$$V_{кат}^{сух} = \frac{V_{кат}^{вол}}{K_{кат}^{наб}} = \frac{21.24}{2{,}06} = 10.32 \text{ м}^3,$$

де $К_{кат.}^{наб}$ – коефіцієнт набрякання катіоніту [6].

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

$$М_{кат.}^{сух.} = V_{кат.}^{сух.} \cdot \rho_{кат.}^{сух.},$$

де $\rho_{кат..}^{сух}$ – насипна густина катіоніту, т/м$^3$;

$$М_{кат.}^{сух.} = 10.32^{\cdot} \cdot 0{,}7 = 7.22 \text{ т.}$$

Тривалість фільтрування визначається за формулою [6]:

$$\tau = \frac{f_k \cdot h_ш \cdot E_{kat} \cdot n}{Q \cdot C},$$

де С – концентрація всіх катіонів;

$$\tau = \frac{9.07 \cdot 1.5 \cdot 1600 \cdot 2}{250 \cdot (0.41 + 3.67 + 0.11)} = 59.01 \text{ год.}$$

Добове число регенерацій визначається за формулою:

$$m = \frac{24 \cdot 3}{59.01} = 1.15 \text{ рег./ доб.}$$

Витрата 100%-го розчину NaCl (ρ = 2170 кг/м$^3$) для регенерації визначається за формулою:

$$\sigma_{NaCl}^{100} = \frac{f_k \cdot h_w \cdot E_{kat} \cdot b}{1000},$$

де b – питома витрата NaCl, кг / м$^3$ [1].

$$\sigma_{NaCl}^{100} = \frac{9.07 \cdot 1.5 \cdot 1600 \cdot 60}{1000} = 1306.74 \text{ кг}.$$

Витрата розчину технічної 26%-вої солі (ρ =311,2 кг/м$^3$) на одну регенерацію, визначається як:

$$\sigma_{NaCl}^{26} = \frac{1306.74 \cdot 100}{26} = 5025.93 \text{ кг} = 16.15 \text{ м}^3.$$

Добова витрата 26%-го розчину NaCl на регенерацію:

$$\sigma_{NaCl}^{доб} = \sigma_{NaCl}^{26} \cdot m = 5025.93 \cdot 1.15 = 5798.77 \text{ кг}.$$

Витрата 10%-го розчину солі (ρ =107,1 кг/м$^3$) становить:

$$\sigma_{NaCl}^{10} = \frac{5025.93 \cdot 100}{10} = 50259.32 \text{ кг} = 469.27 \text{ м}^3.$$

Кількість води на приготування 10 %-го розчину NaCl::

$$V_{H2O} = \sigma_{NaCl}^{10} - \sigma_{NaCl}^{26};$$

$$V_{H2O} = 469.27 - 16,15 = 453.12 \text{ м}^3.$$

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

$$t_1 = \frac{\sigma_{NaCl}^{10}}{f_k \cdot w_{per}},$$

$$t_1 = \frac{469.27}{9.07 \cdot 5} = 10.3 \text{ год}.$$

Витрата води на відмивання іоніту після регенерації визначається за формулою :

$$V_{відм.} = f_к \cdot h_ш \cdot a,$$

де а – питома витрата води на відмивання, м$^3$ / м$^3$.

$$V_{від.} = 9,07 \cdot 1,5 \cdot 5 = 81,67 \text{ м}^3.$$

Тривалість відмивання при швидкості промивного потоку ω = 8 м / год визначається за формулою :

$$t_2 = \frac{V_{від}}{f_k \cdot w_{per}};$$

$$t_2 = \frac{81{,}67}{9{,}07 \cdot 8} = 1{,}125 \text{ год.}$$

Витрата води на розпушення при інтенсивності подачі води і= 3дм$^3$/(с·м$^2$):

$$V_{роз} = \frac{f_k \cdot t_3 \cdot i \cdot 60}{1000},$$

де $t_3$ – тривалість розпушення, хв.;

і – інтенсивність подачі води, дм$^3$/(с·м$^2$) [6].

$$V_{роз} = \frac{9.07 \cdot 15 \cdot 3 \cdot 60}{1000} = 24.5 \text{ м}^3.$$

Загальна тривалість регенерації визначається за формулою :

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

$$t = 10.34 + 1{,}125 + 15 / 60 = 11.72 \text{ год.}$$

Сумарна витрата води на регенерацію визначається за формулою :

$$V_{\Sigma} = V_{H2O} + V_{відм.} + V_{розп.};$$

$$V_{\Sigma} = 453.12 + 81{,}67 + 24{,}5 = 559.29 \text{ м}^3.$$

Годинна витрата води на власні потреби визначається за формулою :

$$q_{H2O} = \frac{V_{\Sigma} \cdot m}{24};$$

$$q_{H2O} = \frac{559.29 \cdot 1.15}{24} = 26.89 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

З цього випливає, що вихідної води повинно надходити на 47.19 м$^3$ / год більше для задоволення нестатків Na-катіонітових фільтрів першого ступеня:

$$Q = 250 + 26.89 = 276.89 = 280 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

2. Вихідні дані для розрахунку Na-катіонітового фільтра першої ступені:

Склад вихідної води, ммоль/ дм$^3$:

- $[Na^+]$ – 0,62 ;
- $[Ca^{2+}]$ – 5,51 ;
- $[Mg^{2+}]$ – 0,15.

Продуктивність: Q = 250 + 26.89 = 276.89 = 280 м$^3$ / год.

Необхідна площа фільтрування при швидкості фільтрування 10 м$^3$/год [6]:

$$F = \frac{280}{10} = 10 \text{ м}^2.$$

Діаметр фільтра D = 3400 мм, висота шару $h_ш$ = 2,5 м:

$$f_k = \frac{3.14 \cdot 3.4^2}{4} = 9.07 \text{ м}^2.$$

Кількість фільтрів розраховують за формулою:

$$n = \frac{F}{f_k} = \frac{28}{9.07} = 2.98 \approx 3+1 \text{ резервний.}$$

Дійсна швидкість фільтрування:

$$w = \frac{280}{9.07 \cdot 4} = 7.37 \text{ м}^3/\text{ год.}$$

Кількість катіоніту КУ-2-8, яку необхідно завантажити у фільтри, у тому числі й у резервний:

$$Q_{доб} = 24 \cdot 300 + \frac{24 \cdot 300}{4} = 8484.51 \text{ м}^3/\text{доб;}$$

$$V_{кат}^{вол} = \frac{8484.51 \cdot (0.62 + 5.51 + 0.15)}{1600} = 33.31 \text{ м}^3.$$

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

$$V_{кат}^{сух} = \frac{V_{кат}^{вол}}{K_{кат}^{наб}} = \frac{33.31}{2,06} = 16.18 \text{ м}^3.$$

Маса повітряно-сухого катіоніту, завантаженого у фільтри:

$$M_{кат.}^{сух.} = 16,18 \cdot 0,7 = 11,32 \text{ т.}$$

Тривалість фільтрування:

$$\tau = \frac{9.07 \cdot 2.5 \cdot 1600 \cdot 4}{280 \cdot (0.62 + 5.51 + 0.15)} = 56.49 \text{ год.}$$

Добове число регенерацій:

$$m = \frac{24 \cdot 4}{56.49} = 1.62 \text{ рег./ доб.}$$

Витрата 100 %-го розчину NaCl (ρ = 2170 кг/м$^3$) для регенерації:

$$\sigma_{NaCl}^{100} = \frac{9.07 \cdot 2.5 \cdot 1600 \cdot 60}{1000} = 2392.8 \text{ кг.}$$

Витрата розчину технічної 26%-вої солі (ρ =311,2 кг/м$^3$) на одну регенерацію, визначається як:

$$\sigma_{NaCl}^{26} = \frac{2392.8 \cdot 100}{26} = 9203.08 \text{ кг} = 29,57 \text{ м}^3.$$

Добова витрата 26 %-го розчину NaCl на регенерацію:

$$\sigma_{NaCl}^{доб} = \sigma_{NaCl}^{26} \cdot m = 9203{,}08 \cdot 1{,}62 = 14892{,}04 \text{ кг.}$$

Витрата 10 %-го розчину солі (ρ =107,1 кг/м$^3$) становить:

$$\sigma_{NaCl}^{10} = \frac{9203.08 \cdot 100}{10} = 92030.77 \text{ кг} = 859{,}29 \text{ м}^3.$$

Кількість води на приготування 10 %-го розчину NaCl::

$$V_{H2O} = \sigma_{NaCl}^{10} - \sigma_{NaCl}^{26};$$

$$V_{H2O} = 859{,}29 - 29{,}57 = 829{,}72 \text{ м}^3.$$

Тривалість пропускання регенераційного розчину при швидкості потоку $w_{рег.}$ = 5 м/ год:

$$t_1 = \frac{829.72}{9.07 \cdot 5} = 17.24 \text{ год.}$$

Витрата води на відмивання:

$$V_{відм.} = 9{,}07 \cdot 2{,}5 \cdot 5 = 149{,}55 \text{ м}^3.$$

Тривалість відмивання при швидкості промивного потоку ω = 8 м / год:

$$t_2 = \frac{136.12}{9{,}07 \cdot 8} = 1.875 \text{ год.}$$

Витрата води на розпушення при інтенсивності подачі води і= 3дм$^3$/(с·м$^2$):

$$V_{роз} = \frac{9.07 \cdot 15 \cdot 3 \cdot 60}{1000} = 26.92 \text{ м}^3.$$

Загальна тривалість регенерації:

$$t = 17{,}24 + 1{,}875 + 15 / 60 = 19{,}36 \text{ год.}$$

Сумарна витрата води на регенерацію:

$$V_{\sum} = 829{,}72 + 149{,}55 + 26{,}92 = 1006{,}19 \text{ м}^3.$$

Годинна витрата води на власні потреби:

$$q_{H2O} = \frac{1006.19 \cdot 1.62}{24} = 67.84 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Для задоволення власних нестатків установки вихідної води необхідно :

$$Q = 280 + 67{,}84 = 347 = 350 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

5.2 Витратний коефіцієнт солі на регенерацію катіоніту

Для регенерації катіоніту використовують сіль хлорид натрію, в кількості (30÷45) кг на одну регенерацію. За один день проводять дві регенерації, тоді витрата солі розраховується за формулою [6]:

$$\beta_{\text{солі}} = \frac{n(\text{рег.})\cdot g}{L},$$

де n – кількість регенерацій за добу;

g – масса солі, кг;

L – продуктивність по очищеній воді, L = 250 м$^3$/год.

$$\beta_{солі} = \frac{2 \cdot 40}{250} = 0{,}32 \text{ кг солі/ м}^3.$$

Витрата води на розведення солі (до 10%-го водного розчину) розраховується за формулою:

$$\beta_{\text{вод.питн.}} = \frac{n(\text{рег})\cdot g\cdot\left(\frac{100\%}{20\%}-1\right)}{L \cdot 1000};$$

$$\beta_{вод.пит.} = \frac{2 \cdot 40 \cdot (\frac{100\%}{10\%} - 1)}{250 \cdot 1000} = 0{,}0029 \text{ м}^3\text{/ м}^3.$$

5.3 Розрахунок і вибір допоміжного обладнання

а) Бак освітленої води

Бак повинен забезпечити продуктивність знесолюючої установки в об’ємі:

$$280 \cdot 1{,}3 = 455 \text{ м}^3.$$

Прийнято до установки два бака освітленої води об’ємом по 250 м$^3$.

б) Іонообмінні фільтри

За попередніми розрахунками обрано стандартні іонообмінні фільтри з такими характеристиками [7]:

- чотири катіонітові фільтри I ступіні, шифр ФІПа I-3, 4-6, D = 3400 мм, будівельна висота 5740 мм;

- три катіонітові фільтри II ступіні, шифр ФІПа II-3-6, D = 3400 мм, будівельна висота 4765 мм.

На кожній ступіні передбачено по одній одиниці відповідного резервного устаткування.

в) Мірник міцної солі

Необхідна ємність для збереження 26% -го розчину хлориду натрію складає:

$$V_c^{доб} = \sum(V_c^{26} \cdot m_i) = (16.15 \cdot 1.15 + 29.57 \cdot 1.62) = 66.49 \text{ м}^3,$$

де $V^{26}_c$ – витрата солі для кожної ступіні на одну регенерацію, м$^3$;

$m_i$ – добове число регенерацій для кожної ступіні.

Ємність мірника для добового запасу солі з урахуванням коефіцієнта запасу:

$$V_c = 1{,}3 \cdot V^{доб}_c = 1{,}3 \cdot 66{,}49 = 86{,}43 \text{ м}^3.$$

Слід встановити мірник міцної солі об'ємом 90 м$^3$.

Необхідна ємність для зберігання 10%-го розчину солі становить:

$$\frac{66.49 \cdot 100}{10} = 664.87 \text{ м}^3.$$

Встановлено бак для 10%-го розчину солі об'ємом 680 м$^3$.

г) Бак для вод після розпушення

Воду після розпушення з усіх ступіней збирають в один бак, об'єм якого визначається за формулою:

$$V_{розп} = 1{,}3 \cdot \Sigma V_{розп} = 1{,}3 \cdot (24{,}5 + 26{,}92) = 66{,}85 \text{ м}^3.$$

Приймають до установки бак для вод після розпушення об'ємом 70 м$^3$.

д) Бак для регенераційних вод

Регенераційні води збирають в один бак, об'єм якого визначається за формулою:

$$V_{реген} = 1{,}3 \cdot \Sigma V_{реген} = 1{,}3 \cdot (859{,}29 + 468{,}27) = 1727{,}14 \text{ м}^3.$$

Прийнято до установки два баки для вод після розпушення об'ємом 900 м$^3$.

е) Бак для вод після відмивання

Води після відмивання з усіх ступіней збирають в бак об'ємом:

$$V_{відм} = 1,3 \cdot \Sigma V_{відм} = 1,3 \cdot (149,55 + 81,67) = 300,59 \text{ м}^3.$$

Прийнято до установки бак для вод після розпушення об'ємом 320 м$^3$.

є) Бак знесоленої води

Слід встановити для установки бак, що забезпечує двогодинний запас знесоленої води об'ємом:

$$V_{знесол} = 1,3 \cdot 2 \cdot Q = 1,3 \cdot 2 \cdot 250 = 650 \text{ м}^3.$$

Необхідно бак об'ємом 675 м$^3$.

ж) Насос проясненої води

Насос повинен подати 350 м$^3$/год води на знесолюючу установку. Напір повинен бути більше розрахованих втрат в тракті, що складаються з:

- висоти підйому і всмоктування, м вод ст. ……..7;
- опору на вході у фільтри, м вод ст. …….....16;
- втрати в шайбах витратомірів, м вод ст…… 1,5;
- втрати напору в трубопроводах, м вод ст. ……4.

Сумарні втрати напору становлять 28,5 м вод ст. = 0,285 МПа.

Прийнято для установки насос типу Х280/42, Q = 375 м$^3$/год, Н = 30 м вод. ст. з електродвигуном АО2-92-4 потужністю 100кВт.

з) Насос знесоленої води

Насос повинен забезпечити подачу 250 м$^3$/год води в котельний цех. Втрати напору на цьому етапі становлять:

- втрати в шайбах витратомірів, м вод ст……4,5;
- втрати напору в трубопроводах, м вод ст. ……5;

Сумарні втрати становлять 9,5 м вод ст. = 0,095 МПа.

Прийнято для установки насос типу Х280/42, Q = 375 м$^3$/год, Н = 30 м вод. ст. з електродвигуном АО2-92-4 потужністю 100кВт.

и) Насос відмивання катіонітових фільтрів

Насос повинен забезпечити відмивання і розпушування катіонітових фільтрів, при якій годинна витрата води становить:

$$Q^1_{вдм} = \frac{Q}{t} = \frac{149.55}{1.875} = 79.76 \text{ м}^3\text{/год},$$

$$Q^2_{вдм} = \frac{Q}{t} = \frac{81.67}{1.125} = 72.59 \text{ м}^3\text{/год}.$$

Напір насоса для відмивання катіонітових фільтрів складається з:

- опору катіонітових фільтрів при заданій швидкості розпушення, м вод ст…….. 9;
- опору трубопроводів, м вод ст. ……2;
- опору шайб витратомірів, м вод ст……..1,5.

Сумарні втрати становлять 12,5 м вод ст. = 0,125 МПа.

Прийнято для установки відмивочний насос на катіонітові фільтри I ступіні типу Х45/21, Q = 45 м$^3$/год, Н = 13,5 з електродвигуном АО2-51-2 потужністю 10кВт і відмивочний насос на катіонітові фільтри II ступіні типу Х90/19, Q = 90 м$^3$/год, Н = 13, з таким же електродвигуном. А також по одному відповідному резервному насосу на кожну ступінь.

і) Насос-дозатор солі

Погодинна продуктивність насосів-дозаторів визначається за формулою:

$$Q^1_c = \frac{V^{10}_c}{t_{рег}} = \frac{859.29}{19.36} = 44.38 \text{ м}^3\text{/год};$$

$$Q^2_c = \frac{V^{10}_c}{t_{рег}} = \frac{469.27}{11.72} = 40.05 \text{ м}^3\text{/год}.$$

Прийнято до установки чотири насоси-дозатори солі для першої ступіні типу ХТр10/100, Q = 10м$^3$/год з електродвигуном ВАО-82-2 потужністю 55кВт. Для другої ступіні прийнято три аналогічних насоси-дозатори.

# 6 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА

Правильна організація водного режиму забезпечить надійність і економічність роботи теплових електростанцій. Тому потрібно попереджувати утворення відкладень на стінках поверхонь та їх корозії.

У природній воді присутня достатня кількість механічних домішок, солей, газів. Тверді та розчинені речовини, потрапляючи в тепломережу, сприяють утворенню накипу і шламу, а розчинені корозійно-активні гази (кисень і вуглекислий газ) викликають корозію стінок обладнання. Уникнути утворенню накипу можна, видаливши розчинені солі. Адже відкладення на трубопроводах призводять до нещільності арматури, зниження економічності і потужності всієї підживлювальної мережі**.**

Складність і висока швидкість протікання технологічних процесів у хімічній промисловості, їх чутливість до порушень режиму, а також підвищені вибухо- та пожежонебезпечність і шкідливість умов роботи спричиняють підвищену увагу до питань автоматизації хіміко-технологічних процесів. Автоматичні контроль та керування технологічними процесами забезпечують високу якість продукції, раціональне використання сировини та енергії, подовження термінів міжремонтного періоду роботи устаткування, зменшення чисельності технічного персоналу.

У дипломному проекті було розроблено схему відділення пом’якшення механічної води для підживлення тепломереж (рисунок 6.1).

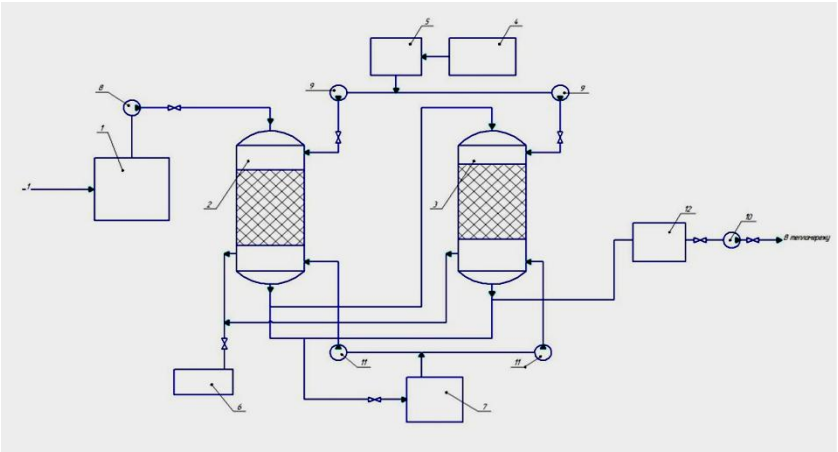
Після стадії освітлення, механічна вода зі спеціального баку 1 надходить на Na-катіонітові фільтри першого та другого ступеня, які підключені послідовно. Спочатку вода поступає у верхню частину Na–катіонітового фільтра I ступіня 2 і через шар катіоніту, спускається донизу. На зернах проходить обмін катіонів $Ca^{2+}$ та $Mg^{2+}$. Далі вода поступає на Na–катіонітовий фільтр II ступіня 3, для збільшення ступеня пом’якшення.

Катіоніт регенерують, промиваючи розчином хлориду натрію. Із відповідного баку розчин солі 5 дозується на регенерацію фільтрів, у

результаті чого відбувається обмін іонами. На регенерацію Na - катіонітові фільтри відключаються при певному значенні твердості.

Води після регенерації, промивки і розпушування збирають у відповідний бак 6.

На виході з апарату утворюється два потоки: один – в бак 7 на розпушування катіоніту (подається назад в апарат), другий – очищена і пом’якшена вода, яка збирається в бак 12 з наступним поданням в тепломережу.



1 – бак освітленої води; 2 – Na-катіонітовий фільтр I ступеня;
3 – Na-катіонітовий фільтр II ступеня; 4 – бак міцної солі;
5 – бак 10 %-вої солі; 6 – бак зі стічними водами; 7 – бак рідини для розпушування; 8, 9, 10, 11 – насоси; 12 – бак підживленої води

Рисунок 6.1 – Технологічна схема відділу пом’якшеної води

6.1 Аналіз технологічного процесу як об’єкта автоматизації та обґрунтування задач автоматизації

На підставі аналізу технологічного процесу підготовки пом’якшеної води постають наступні задачі автоматизації:

– контроль і регулювання рівня води (2 м) у баку освітленої води 1, у баку з розчином солі 4 і 5, у баку з рідиною для розпушування фільтрів 7, у баку для стоків 6, у баку з водою в тепломережу 12;

– контроль і сигналізація перепаду тиску на Na-катіонітових фільтрах 3, 4 (0,6 МПа),

– контроль pH у баках з розчином солі 4, 5 (5-6, 7-8);

– контроль концентрації іонів кальцію та магнію після Na-катіонітових фільтрів 3, 4 в трубопроводі (0,1 ммоль/дм$^3$);

– контроль та регулювання тиску у трубопроводах 1 для подачі розчину солі та води на фільтри і перед подачею води в тепломережу (до 0,6 МПа);

– контроль та регулювання витрати розчину солі на промивання в трубопроводі 28 (20-30 дм$^3$).

Параметри контролю та регулювання наведено у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 — Параметри регулювання та контролю виробництва

| № | Назва стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра | Назва контрольованого або регульованого параметра | Норми технологічного режиму та допустимі відхилення | Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Бак освітленої води | Рівень | 2 м | Контроль, регулювання |
| 2 | Трубопровід 1 | Тиск | до 0,6 МПа | Контроль, регулювання |
| 3 | Na-катіонові фільтри | Перепад тиску | 0,6 МПа | Контроль, сигналізація |
| 4 | Бак солі | pH | 5…8 | Контроль |
| 5 | Бак солі | Рівень | 2 м | Контроль, регулювання |
| 6 | Трубопровід солі | Витрата | 20…30 дм$^3$ | Контроль, регулювання |
| 7 | Трубопровід | Концентрація $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$ | 0,1 ммоль/дм$^3$ | Контроль |
| 8 | Бак для стоків | Рівень | 2 м | Контроль, регулювання |
| 9 | Бак підживленої води | Рівень | 2 м | Контроль, регулювання |
| 10 | Бак рідини для розпушування фільтрів | Рівень | 2 м | Контроль, регулювання |

6.2 Опис розробленої схеми автоматизації відділення підготовки пом’якшеної води

Для забезпечення нормальної роботи усього технологічного устаткування, збільшення продуктивності виробництва, підвищення якості продукту, стабілізації, контролю та реєстрації технологічних параметрів, а також мінімізації можливих помилок технологічного персоналу розроблено схему автоматизації. Вона включає низку контурів автоматичного контролю та регулювання режимних параметрів технологічного процесу.

Для контролю і регулювання тиску в трубопроводі 1 розроблено контур 1, що складається з тензоперетворювача тиску (поз. 1-1), вторинного показувального і реєструвального приладу з вбудованим регулятором (поз. 1-2), виконавчого механізму (поз. 1-3).

Контроль і регулювання перепаду тиску на Na-катіонітових фільтрах 3, 4 забезпечують контури 3, 4, які мають у своєму складі вимірювальні тензоперетворювачі різниці тисків (поз. 3-1, 4-1), вторинні показувальні та реєструвальні прилади з пристроєм сигналізації (поз. 3-2, 4-2), лампа сигнальна світлодіодна (HL1, HL2).

Контроль і регулювання рівня в баку освітленої води 1 здійснює контур 5, до складу якого входить первинний вимірювальний перетворювач (поз. 5-1) і проміжний вимірювальний перетворювач (поз. 5-2) акустичного рівнеміра, вторинний показувальний і реєструвальний прилад з вбудованим регулювальним пристроєм (поз. 5-3), виконавчий механізм (поз. 5-4). Аналогічно для баків зі стоками 6, з рідиною для розпушування 7, з водою для тепломережі 12 – призначено контури 18, 20, 22 (на схемі).

Для контролю і регулювання витрати в трубопроводі 28 розроблено контур 8, який складається з діафрагми (поз. 8-1), дифманометра (поз. 8-2), показувального і реєструвального вторинного приладу зі станцією керування (поз. 8-3), регулятора пневматичного (поз. 8-4), виконавчого механізму (поз. 8-5).

Контроль рівня pH в бакові з розчином солі здійснюється контуром 10, до складу якого входить чутливий елемент pH-метра (поз. 10-1), перетворювач (поз. 10-2), вторинний показувальний і реєструвальний прилад (поз. 10-3). Аналогічно для бака з міцною сіллю 4 – призначено контур 11 (на схемі).

Контроль концентрації Ca і Mg в трубопроводі забезпечує контур 12, що складається з первинного вимірювального перетворювача (поз. 12-1), вторинного показувального та реєструвального приладу (поз. 12-2).

Висновки:

Результатом виконання даного розділу є розроблена схема автоматизації пом’якшення води за допомогою Na-катіонітових фільтрів двох ступінів зі специфікацією на використані в схемі технічні засоби автоматизації.

Проведено аналіз технологічного процесу з точки зору автоматизації. На основі чого сформульовані завдання до даного технологічного процесу.

В ході виконання розділу ознайомлено з особливостями конструкції та умовами експлуатації пристроїв безпосереднього впливу на технологічний процес, алгоритмами керування та функціональними можливостями автоматичних регуляторів, основними типами первинних вимірювачів (датчиків) технологічних параметрів і вторинних приладів, а також засобів сигналізації.

Отримані знання сприяли розробленню схеми дистанційного керування роботою технологічного електроустаткування.

# 7 ОХОРОНА ПРАЦІ

У відділенні пом’якшення води для підживлення тепломереж присутні речовини, що є шкідливими для здоров’я людини. Також в процесі роботи використано електричну, теплову, механічну енергію.

Проект виконано з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки.

На основі аналізу небезпечних і шкідливих факторів розроблено комплекс заходів для створення на об’єкті здорових і безпечних умов праці та пожежної безпеки [13]

7.1 Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на об'єкті. Заходи з охорони праці

7.1.1 Повітря робочої зони

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 роботи, які проведено в проектованому виробництві, залежно від витрат фізичної енергії, відносено до категорії середньої тяжкості, а саме IIа.

У таблиці 7.1 наведені санітарні норми параметрів мікроклімату для двох періодів року.

Таблиця 7.1 – Санітарні норми параметрів мікроклімату робочої зони [14]

| Період року | Температура, °С | | Вологість повітря, % | | Швидкість руху повітря, м/с | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | оптимальні | допустимі | Оптима-льні | Допусти-мі | Оптима-льні | Допу-стимі |
| Теплий | 21-23 | 17-27 | 40-60 | 65 | 0,3 | 0,2-0,4 |
| Холод-ний | 18-20 | 15-23 | 40-60 | 75 | 0,2 | <0,3 |

Для температури внутрішніх поверхонь робочої зони (приміщення), технологічного обладнання, зовнішніх поверхонь технологічного устаткування конструкцій не допускається перевищення більше, ніж на

2ºС за оптимальні величини температури повітря на робочих місцях для даної категорії роботи.

У робочі зоні температура зовнішньої поверхні обладнання:

$t_n = t_{опт} + 2°C = 18 + 2 = 20°C$ – холодний період року,

$t_n = t_{опт} + 2°C = 21 + 2 = 23°C$ – в теплий період року,

де $t_{опт}$ – нормативне значення температури повітря робочої зони, °С.

Технологія виробництва зумовлює наявність у робочій зоні таких шкідливих речовин, як розчин хлориду натрію – для регенерації фільтрів, та аміачний буфер – для аналізу твердості очищеної води. У таблиці 7.2 наведена коротка санітарна характеристика цеху.

Таблиця 7.2 - Коротка санітарна характеристика цеху

| Виробнича ділянка/ Фактори | Бак | Титрувальний стіл |
|---|---|---|
| Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення | NaCl (витік) | Аміачний буфер (розчив через необачність) |
| Група шкідливої речовини, наслідки впливу | Подразнююча дія на шкіру на слизову оболонку ока | Удушлива і подразнююча дія. Подразнення слизових оболонок, шкіри, ускладнює дихання. |
| ГДК, мг/м3 | 5 | 10 |
| Клас небезпеки | 3 | 3 |
| Засоби індивідуального захисту | Гумові рукавички, захисний халат та окуляри ОП-1, распіратор РПГ-67 | |
| Засоби долікарняної допомоги | Вражену ділянку тіла промити великою кількістю води | Уражену ділянку промити водою або 2% розчином борної кислоти, забезпечити доступ свіжого повітря |
| Методи контролю вмісту шкідливих речовин у цеху | Газосигналізатор ФКГ-3М | ГХА "Агат" |

Для видалення надмірного тепла і шкідливих домішок з повітря, в робочій зоні використовують аварійну, природну та витяжну систему вентиляції (комбіновану).

Як теплоізолюючі матеріали використовують скловату, шнури, азбестові вогнестійкі тканини, а також діабазові труби та плитки (із суміші оксидів кремнію й алюмінію).

7.1.2 Виробниче освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 роботи в цеху за зоровими умовами відносять до IVа розряду − середньої точності. Роботу в лабораторіях відносять до розряду IIIа, де потрібна висока точність. В таблиці 7.3 наведено значення параметрів освітленості робочих місць.

В цеху передбачене освітлення:

- за джерелом світла: природне бокове, штучне та суміщене;

- за функціональним призначенням: робоче, аварійне, ремонтне та чергове.

Система штучного освітлення – комбінована.

Таблиця 7.3 – Нормативні значення освітлення [15]

| Розряд зорової розоро | Штучне освітлення | | | | | Природне освітлення | | Суміщене освітлення | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Освітленість, лк | | | Сукупність нормованих величин показника осліпленості і коефіцієнта пульсації | | КПО, % | | | |
| | При системі комбінованого освітлення | | При системі загального освітлення | | | При верхньому або комбінованому освітленні | При боковому освітленні | При верхньому або комбінованому освітленні | При боковому освітленні |
| | всього | у т. ч. загальног о | | Р | Кп, % | | | | |
| IIIа | 2000-1500 | 200 | 500 - 400 | 40 - 20 | 15 | - | - | 3 | 1,2 |
| IVа | 750 | 200 | 300 | 40 | 20 | 4 | 1,5 | 2,4 | 0,9 |

Згідно ДБН В.2.5-28-06 використовується напруга 220 В. Для аварійного освітлення використовують лампи розжарювання та люмінесцентні лампи.

Наведено розрахунок системи загального електричного освітлення цеху методом коефіцієнта використання світлового потоку [16].

Світловий потік однієї лампи при загальному рівномірному освітленні горизонтальних поверхонь, з урахуванням прямого потоку від світильників та відбиття від стіл і стелі, визначають за формулою:

$$\Phi_л = \frac{ESk_3Z}{Nn\eta},$$

де E – нормоване освітлення, 500 лк;

S – площа приміщення, 500 м$^2$;

k – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості при експлуатації, k = 1,3;

Z – коефіцієнт нерівномірного освітлення, z = 1,1;

N – кількість світильників, 80;

n – кількість лампочок в світильнику, 2;

η – коефіцієнт використання світлового потоку, 0,6.

Отже, світловий потік становить:

$$\Phi_л = \frac{500 \cdot 500 \cdot 1.3 \cdot 1.1}{80 \cdot 2 \cdot 0.6} = 3724 \text{ лм.}$$

Вибір стандартної лампи та визначення її потужності проводиться згідно ГОСТ 6825-74. За розрахованим значенням світлового потоку обирають лампу типу ЛТБ з потужністю 80 Вт, тоді потужність всієї освітлюваної системи становить, Вт:

$$W = P \cdot N \cdot n,$$

де P – потужність однієї лампи, 80 Вт.

$$W = 80 \cdot 80 \cdot 2 = 12800 \text{ Вт.}$$

Контролюють освітленість люксметром Ю – 116 не менше 1 разу в рік та після ремонту приміщень.

7.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрації

Основними джерелами шуму та вібрації виробництва пом’якшеної води Na-катіонуванням є насоси та фільтри.

Санітарна норма рівня звуку на постійному робочому місці згідно ДСН 3.3.6.037-99, не повинна перевищувати 80 дБА. Фактичний рівень шуму становить 76 дБА, що задовольняє вимогам [13].

На підприємстві від виробничого шуму захищають звукоізоляційні пристрої: перегородки, екрани й об'ємні звукопоглиначі (перфоровані куби та кулі) підвішені над насосами.

Відповідно до ДСН 3.3.6.039.99 допустимий рівень вібрації в приміщенні – не більше 3,1 дБ. Для захисту від вібрації в цеху передбачено розміщення двигунів на амортизаторах зі сталевих пружин.

Для контролю шуму застосовують шумоміри, а вібрації – прилад ВШВ-003. Усувають або зменшують їх вплив за рахунок:

- збільшення загальної маси фундаменту і використання металевих масивних плит у фундаментних опорах;
- балансування (врівноваження) рухомих і особливо обертових деталей і механізмів;
- жорсткого кріплення вібруючих деталей та вузлів, усунення надлишкових зазорів у спряженнях механізмів і машин;
- зміни кількості обертів джерела вібрації для збільшення розриву між резонансною і власною частотами коливань;
- застосування динамічних віброгасників.

Індивідуальний захист забезпечують навушники, шоломи, беруші.

7.1.4 Електробезпека

Електроустановки живляться від трифазної чотирипровідної електромережі змінного струму з глухозаземленою нейтраллю частотою 50 Гц та напругою 380/220 В.

Основною причиною виникнення електротравматизму персоналу цеху становить виникнення напруги при:

- помилковому включенні вимкненої установки чи замикання між вимкненими та струмоведучими частинами, що є під напругою;

- пошкодженні ізоляції струмопровідних частин;

- відсутності або несправності захисного відключення.

Відповідно до ГОСТ 12.1.038-82 гранично допустимі значення наступні:

а) за нормального режиму роботи електрообладнання - $I_Л$ = 0,3 мА, $U_д$=2 В − при $\tau \leq 10$ хв/доб;

б) за аварійного режиму роботи - $I_Л$ = 6 мА, $U_д$ =36 В − при $\tau >$ 1 с.

Розрахуємо допустимі рівні напруги ($U_д$) та струму ($I_л$), що проходить через людину під час однофазного дотику:

$$I_л = \frac{U_ф \cdot 10^3}{Rл + R_0} \quad , \text{мА}$$

де $U_ф$ = 200 – фазова напруга, В;

$R_{люд}$ = 2000 – опір тіла людини, Ом;

$R'_0$ = 4 – опір заземленої нейтралі Ом.

$$I_л = \frac{200 \cdot 10^3}{2000 + 4} = 99.85 мА.$$

Отримане значення сили струму 100 мА більше нормованої сили струму (ГОСТ 12.1.038). Отже, даний рівень є небезпечним для людини. Напруга дотику становить:

$$U_д = I_л \cdot R_л;$$

$$U_д = 0{,}1 \cdot 2000 = 20 \text{ В}.$$

Отже, спираючись на розраховані значення струму і напруги, видно, що в цеху можливі важкі наслідки, спричинені електричними травмами при порушенні вимог ПБЕ.

Електробезпечність проекту забезпечується такими технічними засобами:

- ізолюють струмопровідні частини обладнання;

- для захисту відключають електроустановки;

- електрично поділяють мережу;

- використовують взуття з гумовою підошвою, діелектричні рукавички;

-використовують попереджувальну сигналізацію, знаки безпеки, плакати;

- ізолюють електричні ланцюги;

- організовують безпечну експлуатацію електроустановок;

- використовують занулення, вирівнювання потенціалу.

Захист від зарядів статичної електрики досягається наступними заходами:

- послабленням генерації зарядів на твердих тілах і в рідинах (за рахунок збільшення їхньої поверхневої провідності шляхом підвищення відносної вологості повітря, хімічної обробки поверхні, зменшення швидкості переміщення матеріалів, що заряджаються тощо);

- запобіганням накопичення зарядів на металевому устаткуванні (досягається заземленням металевих частин, на яких можуть з'явитись заряди).

7.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання

Технологічні процеси та обладнання спричинюють виникнення небезпек під час роботі.

Різкі перепади тиску, гідравлічні удари, дефекти металу призводять до розриву трубопроводів і є основними небезпечними факторами.

При роботі іонообмінних фільтрів під тиском 0,6 МПа, внаслідок невірної експлуатації та незадовільного ремонту, можливий розрив апаратури, пошкодження фланців на арматурі.

Основними заходами безпеки щодо ведення технологічного процесу є виключення безпосереднього контакту працюючих з цими апаратами та застосування автоматичного контролю і регулювання. Для дотримання цих заходів все устаткування цеху обладнано необхідною запірною арматурою, запобіжними клапанами, манометрами, показниками рівня рідини.

Безпека обслуговування обладнання досягається правильним розташуванням обладнання, згідно якого, ширина зон обслуговування обладнання 1,5 м, ширина робочих проходів між фільтрами складає 2,5 м.

Надійна конструкція, корозійна стійкість матеріалу та герметичність ущільнення рухомих частин забезпечують безпечну експлуатацію насосів.

Для підтримання в справному стані обладнання своєчасно проводяться технічне обслуговування та ремонт. Для забезпечення безпечного ведення процесу виробництво оснащене системою автоматичного регулювання і захисних блокувань.

7.1.6 Пожежна безпека

В цеху присутні горючі предмети: меблі, вікна, двері, електрообладнання.

Причинами пожежі в цеху можуть бути:

- теплова дія;
- перевантаження електрообладнання;
- прямий удар блискавки в будівлю;
- механічне пошкодження електромережі, електропроводки;
- електрозамикання.

Для ліквідації пожежі застосовують стаціонарну систему пожежогасіння багатократною повітряно-механічною піною, ємності з піском, пожежні щити, протипожежні бортики, порошкові вогнегасники. Стрижнево-блискавковідводи захищають будівлю від прямих ударів блискавки. Розроблена система організаційних і технічних заходів і засобів для безпечної експлуатації обладнання (електрична ізоляція, заземлення).

Датчики типу ПОСТ 1 та телефонний зв'язок слугують сигналізацією.

В приміщенні є два евакуаційні виходи на випадок виникнення пожежі. Існуюча довжина евакуаційних шляхів та ширина дверей відповідає ДБН-В 2.5.28 2006 “Протипожежні норми”.

Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів наведені в таблиці 7.4.

Таблиця 7.4 - Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів.

| Реагенти, що використовують у виробництві | Агрегатний стан речовини за н.у. | Показники пожежо- та вибухонебезпеки | | | Вогнегасні засоби | Категорія приміщення за ОНТП 24 - 86 | Клас приміщення (зони) і зовнішніх установок за ПУЕ | Категорія об'єкту і тип зони за устроєм блискавкозахисту згідно СН305-77 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Горючість | Температура спалахування,°С | Температура самоспалахування, °С | | | | |
| Гума | Тверде | Горить | 220 | 400 | ОХП–10 | Д | П – IIа | *IIIа* |
| Машинне масло | Рідина | Горить | 180 | 380 | Порошок ПСБ і СН-2 | | | |

# 8 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА

Особливості хіміко-технологічних процесів полягають в тому, що майже будь-який процес передбачає утворення відходів різного агрегатного стану. Не винятком є пом’якшення води на ТЕЦ.

Мета розділу: класифікувати відходи, розрахувати їх кількість та економічні втрати, розглянути можливі заходи щодо запобігання негативного впливу виробництва на навколишнє середовище і запропонувати методи знешкодження викидів. А також здійснити розрахунки і обґрунтування: що економічно вигідніше оплатити штраф за викиди у водні об’єкти або очистити стічні води оптимальним способом, і яким саме.

У даному проекті представлена схема пом’якшення води за допомогою натрій-катіонітових фільтрів. Підживлювальна вода, яка використовується, піддається ретельному очищенню для запобігання утворення накипу. Твердість не повинна перевищувати 0.1 ммоль/дм$^3$. Для досягнення бажаного результату використовується іонообмінний процес, який забезпечує глибоке пом’якшення води.

## 8.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються

Принцип іонного обміну використовують на багатьох сучасних ринках побутових систем очищення води. Обладнання завантажується іонітами, які здійснюють пом’якшення. По мірі того як вода проходить через шар гранул (іонообмінну смолу), відбувається зменшення жорсткості і вона стає м’якою і придатною для підживлення тепломереж.

Натрій-катіонітний спосіб пом’якшення води базується на здатності деяких нерозчинних у воді речовин (сульфовуглець, синтетичні смоли) обмінювати рухомо розташований катіон $Na^+$ на $Ca^{2+}$ та $Mg^{2+}$ .

При знесоленні води іонообмінним методом утворюється велика кількість регенераційних вод (близько 1500 м$^3$), значний надлишок реагенту відносно стехіометрично необхідної кількості. В процесі регенерації іонітів

окрім солей, які містяться у вихідній воді, в дренаж викидаються: надлишок кухонної солі NaCI; продукти регенерації катіоніта $CaCI_2$ та $MgCI_2$, можлива присутність подрібненого катіоніта. В результаті очищення води на виробництві утворюються два типи відходів – тверді (відпрацьовані іонообмінні смоли) і рідкі (стічні води після промивання, розпушування та регенерації іонітової загрузки).

Необхідність нейтралізації цього надлишку реагентів призводить до підвищення вартості продуктів, а утилізацію відходів екологічно та економічно недоцільною.

Кількість речовин, які потрапляють у відходи, підраховується в цілому за одну регенерацію фільтру, так як практично неможливо встановити кількість речовини, яка видаляється при розпушуванні, пропусканні через регенераційний розчин або відмивці катіоніту від продуктів регенерації.

Склад продуктів регенерації залежить від якості вихідної води. Кількість затриманих натрій-катіонітом катіонів $Ca^{2+}$ та $Mg^{2+}$ можна прийняти в тому ж співвідношенні, що і вихідній воді (70 % і 30 % відповідно).

Викиди продуктів регенерації від фільтрів другої ступені протягом доби незначні (такі фільтри зазвичай регенеруються раз в 10-15 діб), тому всі солі твердості вловлюються і враховуються на першій ступені.

Викиди подрібненого катіоніту при розпушуванні незначні, річний знос катіоніту, який викидається в дренаж, т:

$$И_k = \gamma_k \cdot f \cdot H_{сл} \cdot a \cdot b \cdot 0.1 = 0.71 \cdot 0.76 \cdot 1.5 \cdot 5 \cdot 15 \cdot 0.1 = 6.08,$$

де $И_к$ – кількість подрібненого катіоніту, який викидається в дренаж протягом року, т;

$\gamma_k$ - насипна маса катіоніту, т/м$^3$;

a – кількість встановлених фільтрів;

b – механічний знос катіоніту, %.

Таким чином, розробка ефективних і економічних заходів щодо суттєвого зменшення витрат регенераційних реагентів та захисту водних

об’єктів від забруднення мінеральними солями є актуальною і важливою задачею, пов’язаною із збереженням таких природних ресурсів як кам’яна сіль.

8.2 Можливі варіанти екологізації

Нині продовжується пошук оптимальних шляхів екологізації даного виробництва. Найпоширенішими є [6]:

- найпростіший метод: випарювання регенераційного розчину, тобто перехід води з рідкої фази в газову. Але він не набув особливої популярності через високі енергозатрати випарних установок і не вирішеність проблем утилізації твердого концентрату;

- содовий метод. Кальциновану соду в певній кількості вносять в апарат, що спричинює утворення малорозчинного $CaCO_3$, який видаляють у відстійниках. А розчин NaCl концентрують і повторно використовують для регенерації катіонітового фільтру. Рівняння, що описують даний процес:

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = 2NaCl + CaCO_3\downarrow;$$

$$MgCl_2 + Na_2CO_3 = 2NaCl + MgCO_3;$$

$$MgCO_3 + H_2O = Mg(OH)_2\downarrow + CO_2.$$

Але через постійне утворення карбонатів, які не мають застосування, цей спосіб не набув популярності;

- наступним є метод обробки концентрату хімічними, фізичними або біологічними агентами. Хімічні агенти можна виділити такі, як окисники, осаджувачі, іоніти тощо. Наприклад, застосування $AgNO_3$:

$$CaCl_2 + 2AgNO_3 \rightarrow 2AgCl\downarrow + Ca(NO_3)_2.$$

З фізичних – це температура, УФ-опромінення, електричний струм та водяна пара. Але дороговизна реагентів або утворення нових продуктів взаємодії, які також необхідно утилізувати, обмежує використання даного методу;

- як варіант - скидання концентрату у водойми. Цей метод є найбільш економічно вигіднішим та простим у виконанні. Перед скиданням

необхідно лише мінімальна очистка від хлоридів, наприклад, розведення до норм ГДК.

8.3 Екологічний моніторинг

Найчастіше стічні води цеху аналізують на вміст хлоридів. Проби відбирають щодня зі зливів відпрацьованої води, після кожної промивки фільтру. Для хімічного аналізу застосовують аргентометричне титрування або метод Мора. Суть полягає в осадженні йонів хлору йонами срібла в нейтральному середовищі, хромат калію використовують як індикатор. В результаті випадає білий пластівцеподібний осад AgCl. Після осадження йонів хлору, надлишок нітрату срібла реагує з індикатором і утворюється осад оранжево-червоного кольору $Ag_2CrO_4$. Порядок виконання: відбирають аліквоту 5-10 $см^3$ і титрують з бюретки 0,05 моль/$дм^3$ розчином срібла азотнокислого у присутності 0,5 $см^3$ 10%-го розчину калію хромовокислого до появи оранжевого забарвлення.

За наявності локальних очисних споруд підприємства повинні здійснювати кількісний та якісний контроль очищених стічних вод, що надходять, та враховувати об’єми видалених із стічних вод осадів. На вивіз та утилізацію осадів повинні бути оформлені відповідні документи (договір на вивіз осадів із зазначенням місця видалення, клас небезпеки та агрегатний стан осаду, характер транспортування, а також акти, накладні, рахунки).

Перелік визначених інгредієнтів, місця, періодичність відбору проб (графіки) погоджені підприємством з Водоканалом, а методики проведення аналізів – з органами державного нагляду з охорони навколишнього природного середовища (державною екологічною інспекцією).

З метою контролю якості стічних вод підприємств Водоканал здійснює відбір разових проб. Разові проби характеризують склад та властивості стічних вод і відповідність фактичних концентрацій забруднюючих речовин допустимим.

8.4 Розрахунок екологічних платежів

При скиді промивних вод у водойми державою введені ставки податків за скиди забруднюючих речовин у водні об'єкти. Величина плати за скид стічних вод в міську каналізацію ($П_с$) розраховується Водоканалом згідно з державною Інструкцією [17]:

$$П_с = T \cdot V_{дог} + 5 \cdot T \cdot V_{пдог} + V_{пз} \cdot К_к \cdot Н_п,$$

де Т – тариф, встановлений за надання послуг водовідведення Абонентам, віднесеним до відповідної категорії, грн/м$^3$;

$V_{дог}$ – обсяг скинутих Абонентом стічних вод в межах, обумовлених договором або лімітом, м$^3$;

$V_{пдог}$ – обсяг скинутих Абонентом стічних вод понад обсягу, обумовленого договором або лімітом, м$^3$;

$V_{пз}$ – обсяг скинутих Абонентом стічних вод з наднормативними забрудненнями (за відсутності даних про обсяги водовідведення беруться дані, зазначені в паспорті водного господарства), м$^3$;

$К_к$ – коефіцієнт кратності, який враховує рівень небезпеки скинутих забруднень для технологічних процесів очищення стічних вод на МКОС та екологічного стану водойми;

$Н_п$ – встановлений норматив плати за скид наднормативних забруднень у міську каналізацію,%.

При виявленні Водоканалом під час контролю якості стічних вод, що скидаються Абонентом, перевищення фактичної концентрації одного виду забруднення ($С_ф$) над установленою допустимою концентрацією розраховують коефіцієнт кратності для розрахунку плати за скид наднормативних забруднень (не може перевищувати 5).

На хлориди введена норма податку – 37,09 грн./т. За викиди забруднюючих речовин у ставки та озера ставки податку збільшуються у 1,5 рази [19].

Суми податку, який справляється за скиди забруднюючих речовин у водні об'єкти (Пс), обчислюються платниками самостійно щокварталу

виходячи з фактичних обсягів скидів, ставок податку та коригуючих коефіцієнтів за формулою [18]:

$$Пс = M_в \cdot H_п \cdot K_{ос},$$

де $M_в$ - об'єм скиду і-тої забруднюючої речовини в тоннах (м$^3$);

$H_п$ - ставки податку в поточному році за тонну і-того виду забруднюючої речовини, грн.;

$K_{ос}$ - коефіцієнт, що дорівнює 1,5 і застосовується у разі скидання забруднюючих речовин у ставки і озера.

Таким чином річна сплата екологічного платежу за скидання у водойми становить грн./квартал:

$$Пс = 0.138 \cdot 365 \cdot 37.09 \cdot 1.5 = 2697.9.$$

Розрахована сплата є мізерною, порівняно з отриманим прибутком, що підтверджує рішення утилізувати відходи саме таким способом.

Висновки:

Проаналізовано джерела утворення відходів підприємства після використання натрій-катіонітових фільтрів. Розглянуто можливі екологічні шляхи вирішення проблем при викидах стоків цеху пом'якшення води - промивні, розпушувальні та регенераційні води.

Пошук оптимального варіанту триває. Кожен спосіб має свої недоліки, особливо це стосується економічної ефективності. Придбати реактиви підприємству буде більше коштувати, ніж заплатити податок. Тому відділення пом'якшення води порушує законодавство щодо стоків.

Сума екологічного платежу за рік становить 2697,9 грн. /рік. Даний податок є мізерним, враховуючи масштаби виробництва і отриманий прибуток.

Отже, можна зробити висновок, що економічно вигідніше оплачувати штраф за викиди, аніж очищати стічні води від хлоридів, що тягне за собою додаткові витрати.

# 9 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

9.1 Цех підготовки води для підживлення тепломереж: характеристика і схема

Характеристика цеху [12]:

1) за формою власності: входить до складу державного підприємства;
2) за формою реєстрації: підрозділ юридичної особи;
3) за спеціалізацією: вузькоспеціалізований – підготовка води;
4) за масштабом виробництва: масове, виробляється великий обсяг води з постійним складом;
5) за ресурсами: енерго- і матеріаломістке;
6) за потужністю: середнє;
7) за режимом роботи: позасезонне (очистка води здійснюється у будь-яку пору року).
8) за економічним призначенням продукції: товари промислового призначення (для подачі в тепломережі);
9) Вид економічної діяльності Е36.

Мета діяльності цеху: пом’якшення води для подачі в тепломережі.

Організаційна структура підрозділу

– Головний технолог – працює над удосконаленням організації виробництва, його технології, над механізацією та автоматизацією виробничих процесів, відповідає за якість продукції, що випускається.

- Начальник цеху - здійснює керівництво виробничо-господарською діяльністю цеху, забезпечує дотримання технологій, координує дії персоналу.

– Бухгалтер – веде облікову роботу по витратах цеху, контролює законність фінансових операцій.

– Працівник відділу кадрів – відповідає за облік прийнятих, переведених та звільнених працівників; надає відпустки; за стан підготовки, перепідготовки та атестації кадрів.

– Інженер – відповідає за роботу апаратів, відбирає проби води на аналіз і передає їх лаборантам, перевіряє журнали контролю якості.

– Лаборант – здійснює періодичний контроль води після натрій-катіонування; заносить контрольні дані у відповідний журнал контролю, контролює наявність відповідних реактивів, відповідає за чистоту приміщення.

– Оператор обладнання – контролює основні автоматизовані показники обладнання (тиск, температуру, витрати води, рівні заповнення фільтрів).

– Механік – приводить в дію фільтри (регулює відповідні вентилі на апаратах), за необхідності проводить ремонтні роботи в цеху (аварійні), заміну одиниць обладнання або його частини.

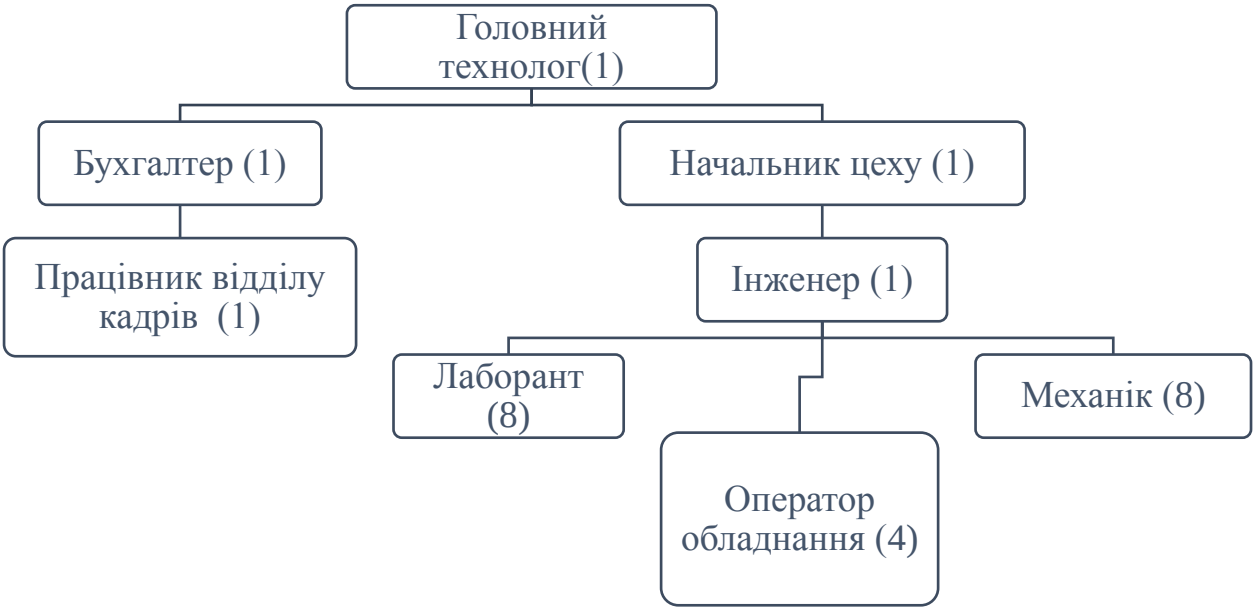



Рисунок 9.1 – Структурна схема персоналу цеху

9.2 Виробничі процеси у підпрозділі

Виробничий процес – складний комплекс первинних процесів: основних, допоміжних і обслуговуючих підрозділів підприємства, що забезпечують своєчасний випуск заданої продукції.

Основні процеси - пом’якшення води у натрій-катіонітових фільтрах.

Допоміжні процеси - нагнітання води у фільтри під тиском; контроль якості, регенерація, ремонт обладнання, закупівля виробничого інвентарю, запасних частин, придбання нового та ремонт існуючого обладнання.

Бічні процеси - купівля та виготовлення реактивів для аналізу води та деталей для обладнання.

Підсобні процеси пов'язані з заготівлею сировини для допоміжного виробництв (забезпечення канцтоварами, комунальні послуги, прибирання приміщення, стажування працівників). В таблиці 9.1 наведено операції робочого циклу.

Таблиця 9.1 - Тривалість операцій виробничого циклу

| №, п/п | Операція | Час, хв. |
|---|---|---|
| 1. | Підведення води по трубопроводу до фільтру | 3 хв |
| 2. | Фільтрація через натрій-катіонітовий фільтр I ступеню | 25 хв |
| 3. | Передача води на 2 ступінь | 2 хв |
| 4. | Фільтрація через натрій-катіонітовий фільтр II ступеню | 30 хв |
| 5. | Подача води з фільру в бак підживлення тепломережі | 5 хв |

Підрозділ працює безперервно. Режим роботи трьохзмінний, тривалість зміни 8 годин.

Види руху предметів праці (ВРПП) для даного цеху

Паралельний ВРПП – рух предметів праці при якому одиниці продукції передаються з операції на операцію, не очікуючи обробки всієї партії.

На рисунку 9.2 зображено основні процеси виробництва.

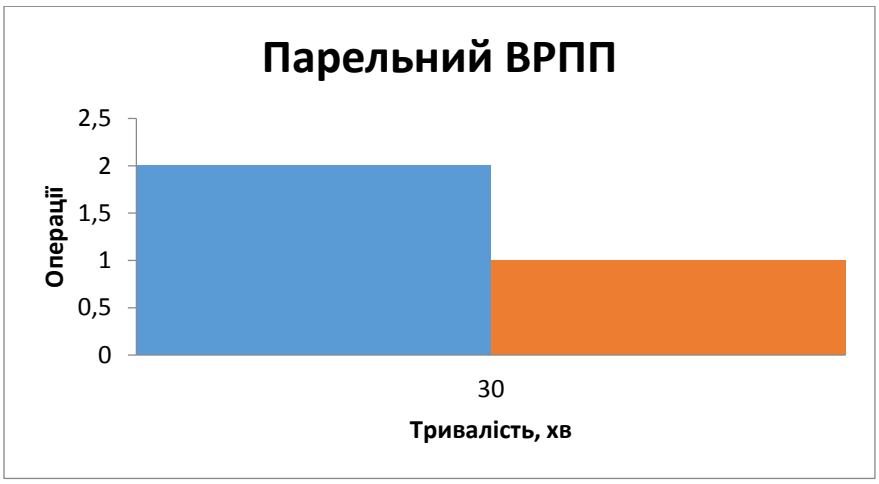



Рисунок 9.2 – ВРПП виробництва

Для паралельного ВРПП тривалість виробничого циклу складатиме:

$$T_{вц} = \sum_{i=1}^{n} t_i + (B-1) \cdot t_{\max},$$

де $t_{max}$ – тривалість найдовшої стадії, хв.;

В – випуск за добу, цикл.

$$Т_{вц} = 60 + (24 - 1) \cdot 30 = 750 \text{ хв} \approx 0{,}52 \text{ діб.}$$

За добу проходить 24 цикли, за один цикл продуктивість становить 250 м$^3$/год. При даному ВРПП об’єм виробленої продукції за добу є:

$$24 \cdot 250 = 6000 \text{ м}^3.$$

А за рік:

$$365 \cdot 6000 = 2190000 \text{ м}^3.$$

Паралельний ВРПП є оптимальним для даного процесу і перевагами є:

- безперервне виробництво;
- відсутність простою обладнання;
- підтримується планова продуктивність.

9.3 Середньорічна тривалість виробничого циклу та випуск продукції

Середньорічна тривалість виробничого циклу розраховується за формулою:

$$Т_{вц}^{ср} = \frac{24 \cdot Д_к}{Д_р \cdot Т_р} \cdot Т_{вц}^{факт};$$

де $T_p$ – тривалість робочого часу підприємства протягом доби,

$T^{факт}_{вц}$ – фактична тривалість виробничого циклу за графіком,

$Д_к$ – кількість календарних днів у році,

$Д_р$ – кількість робочих днів на підприємстві з урахуванням святкових та вихідних днів.

Середньорічна тривалість виробничого циклу становить:

$$Т^{факт}_{вц} = \frac{24 \cdot 365}{365 \cdot 24} \cdot 760 = 12{,}5 \text{ год.}$$

За одну зміну виготовляється пом'якшеної води:

$$8 \cdot 250 = 2000 \text{ м}^3.$$

Отже, за рік (підприємство працює 7 днів на тиждень, тризмінний робочий день, тривалість зміни 8 годин):

$$В = 2000 \cdot 365 \cdot 3 = 2190000 \text{ м}^3.$$

Розрахунок кількості одиниць обладнання, чисельність персоналу, графік роботи підприємства, графік змінності.

Необхідна кількість обладнання дорівнює числу операцій, тобто 2. Але, спираючись на технологічні характеристики апаратів, кількість підбирається відповідно до можливостей фільтрів та резерву. Відповідно вибирають і насоси.

За паралельним графіком ВРПП в таблиці 9.3 наведено необхідну кількість обладнання.

Таблиця 9.3 – Обладнання для виробництва пом'якшеної води

| Операція | $N_{обл.}$ |
|---|---|
| Насоси | 9 |
| Натрій-катіонітовий фільтр 1 ст. | 4 |
| Бак освітленої води (БОВ) | 1 |
| Натрій-катіонітовий фільтр 2 ст. | 3 |
| Бак підживлення тепломережі | 1 |
| Бак міцної солі | 1 |
| Бак рідини для розпушування | 1 |
| Бак готового регенераційного розчину (10%) | 1 |
| Бак для стоків | 1 |
| Разом | 22 |

Лабораторне обладнання: бюретки, колби для титрування, реактиви.

Робоча бригада складається з 2 лаборантів, оператора обладнання і 2 механіків. Робочі приходять в цех позмінно з 7:00 до 15:00; з 15:00 до 23:00; з 23:00 до 7:00. Всього 4 бригади.

Керівний персонал складається з головного технолога, начальника цеху, інженера, бухгалтера, працівника відділу кадрів. Їх робочий день триває з 9:00 до 18:00, п'ятиденний робочий тиждень.

Система охорони електронна, прибирання входить до обов'язків лаборантів. В таблиці 9.4 наведено кількість персоналу.

Таблиця 9.4 – Кількість персоналу

| Персонал | Посада | Кількість |
|---|---|---|
| Керівний | Головний технолог | 1 |
| | Начальник цеху | 1 |
| | Інженер | 1 |
| | Бухгалтер | 1 |
| | Працівник відділу кадрів | 1 |
| Робочий | Оператор обладнання | 4 |
| | Лаборант | 8 |
| | Механік | 8 |
| Всього | | 25 |

Крім явочної, чисельність включає додатково необхідну для заміщення тих, хто у відпустці, хворіють або відсутні з інших поважних причин, розраховується чисельність за списком.

$$T_{вир} = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год};$$

$$T_{вир}^{н.у.} = \frac{365 - T_{св}}{7} \cdot 40 + (T_{св} - 1),$$

де $T_{св}$ – кількість святкових днів у році.

$$Т_{вир}^{н.у.} = \frac{365 - 11}{7} \cdot 40 + (8 - 1) = 2016 \text{ год.}$$

$$Ч_{сп} = Ч_{яв} + К_{пер},$$

$$К_{пер} = Т_{вир} / T_{вир}^{н.у.},$$

де $Ч_{сп}$ – чисельність за списком, чол.;

$Ч_{яв}$ – чисельність явочна, чол.;

$К_{пер}$ – коефіцієнт перерахунку бригади.

$$К_{пер} = \frac{8760}{2016} = 4,$$

$$Ч_{яв} = 4 \cdot 5 = 20 \text{ ос.}$$

$$Ч_{сп} = 20+5= 25 \text{ ос.}$$

Виробництво працює 7 днів на тиждень в 3 зміни (з 7:00-15:00; з 15:00-23:00; з 23:00 до 7:00). Графік змінності зображено в таблиці 9.5.

Таблиця 9.5 - Графік змінності для механіків, лаборантів та операторів обладнання.

| Дні роботи / Номер бригади | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 1 | 1 | 1 | 1 | В | 2 | 2 | 2 | 2 | В | 3 | 3 | 3 | 3 | В | В |
| II | В | 2 | 2 | 2 | 2 | В | 3 | 3 | 3 | 3 | В | В | 1 | 1 | 1 | 1 |
| III | 2 | В | 3 | 3 | 3 | 3 | В | В | 1 | 1 | 1 | 1 | В | 2 | 2 | 2 |
| IV | 3 | 3 | В | В | 1 | 1 | 1 | 1 | В | 2 | 2 | 2 | 2 | В | 3 | 3 |

Тривалість зімнообороту $T_{зм/об.} = 16$ днів.

Час відпрацьований фактично за рік:

$$T_р^{факт} = \frac{365}{T_{\frac{зм}{об}}} \left( Т_{\frac{зм}{об}} - Т_{вих} \right) \cdot t_{зм},$$

де $t_{зм}$ = тривалість зміни, год.

$$Т_р^{факт} = \frac{365}{16} (16 - 4) \cdot 8 = 2190 \text{ год.}$$

Перепрацювання персоналу компенсується в грошовому вигляді (це враховано в ФОП).

9.4 Технічний контроль виробничого процесу

На виробництві проводять вхідний, проміжний та вихідний контролі. Контроль усіх видів проводять лаборанти. Для аналізу застосовують хімічні методи, а саме лаборант виконує якісний та кількісний аналіз домішок в сировині. Воду перевіряють на pH, твердість, вміст завислих речовин. В таблиці 9.6 наведено дані про технічний контроль якості.

Об’єкт для вхідного контролю – це вода з баку освітленої води.

Сировина піддається контролю зразу після дославлення. Отримані дані записують до відповідного журналу і оформлюють звіт для головного техолога.

Об’єкт для проміжного контролю якості - це вода після першої стадії обробки (першої стадії натрій-катіонування) і концентрація регенераційного розчину NaCl. Результати записуються в базу даних ПК та у журнал поточного контролю.

Об’єкт заключного контролю якості - це пом’якшена вода після натрій-катіонітового фільтру другого ступеня. Контроль здійснюється кожну годину обох фільтрів. Проводиться аналіз на pH, вміст завислих речовин, солей $Ca^{2+}$ і $Mg^{2+}$.

Характеристика контролю якості:

- за технічним рівнем усі стадії контролю – ручні;
- за параметрами, що визначаються, - якісний та кількісний аналіз;
- за ступенем охоплення об’єктів – пооперацiйний.

На підставі даних вихідного контролю головний технолог заповнює паспорт якості на продукцію.

Таблиця 9.6 – Технічний контроль якості сировини та продукції

| Вид контролю | Об'єкт контролю | Суб'єкт | Параметри | Реактиви |
|---|---|---|---|---|
| Вхідний | Освітлена вода | Лаборанти | Твердість, надлишок лугу, прозорість, pH | HCl, Трилон Б, індикатор (м/о і ф/ф), ацетатний буфер, персульфат амонію. |
| Проміжний | Вода з Na-катіонування 1 ступеня | Лаборанти | pH, к-сть завислих част-к, твердість | Трилон Б, індикатори |
| Заключний | Вода з Na-катіонування 2 ступеня | Лаборанти | pH, солевміст, к-сть завислих част-к, твердість | Трилон Б, індикатори |

9.5 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

Оборотні фонди даного виробництва складаються з сировини, електроенергії, допоміжних матеріалів. В таблиці 9.7 наведено оборотні фондів.

Сировина (NaCl, вода вихідна, вода для розбавлення) розрахована на продуктивність пом'якшеної води 250 $м^3$/год. Електроенергію споживають насоси, незначне електричне устаткування та освітлення в приміщенні.

Таблиця 9.7- Баланс споживання оборотних фондів за рік

| Оборотні фонди | Кількість | Ціна, грн. | Вартість за рік, грн. |
|---|---|---|---|
| NaCl (розчин), кг | 10000 | 4 | 14600000 |
| Вода (вихідна з попередньої стадії з урахуванням втрат) | 2628000 | 2 | 5256000 |
| Електроенергія | 10000 | 1,5 (вдень), 0,5 (вночі) | 11666.67 |
| Вода на розбавлення | 200 | 10,47 | 764310 |
| Реактиви | | | 1000 |
| Запасні частини | | | 3000 |
| Всього | | | 20635977 |

Розрахунок заробітної плати (форма оплати праці – погодинна).

Для робочого персоналу, який працює в три зміни, тривалістю 8 год, їх кількість становить 20 осіб:

$$Ф_р = 2190 \cdot 20 = 43800 \text{ год/рік};$$

$$ЗП_{заг} = 43800 \cdot 8{,}04 = 352152 \text{ грн./рік}.$$

В таблиці 9.8 узагальнена заробітня плата.

Таблиця 9.8 – Заробітна плата персоналу

| Посада | Кількість осіб | Тарифний розряд | Тарифний коефіцієнт | ЗП, грн./міс |
|---|---|---|---|---|
| Начальник цеху | 1 | 17 | 3 | 6000 |
| Бухгалтер | 1 | 12 | 2,12 | 4000 |
| Працівник відділу кадрів | 1 | 12 | 2,12 | 4000 |
| Головний технолог | 1 | 14 | 2,27 | 5000 |
| Інженер | 1 | 6 | 1,45 | 3000 |
| Лаборант | 8 | 1 | 1 | 11856,32 |
| Оператор обладнання | 4 | 1 | 1 | 5928,16 |
| Механік | 8 | 1 | 1 | 11856,32 |
| Загальна сума за місяць | | | | 51640,8 |

Нічний час:

$$ЗП_н = 64 \cdot 8{,}04 \cdot 12 \cdot 20 \cdot 1{,}4 = 172892{,}2 \text{ грн./рік}$$

де 1,4 – доплата за нічну зміну;

64 – кількість нічних годин за місяць.

Денний час:

$$ЗП_д = 352152 – 172892{,}2 = 179259{,}8 \text{ грн./рік.}$$

Виробництво безперервне, тому робітники виходять і в світкові дні. Ставка збільшується вдвічі:

$$ЗП_{св.} = 11 \cdot 8{,}04 \cdot 2 \cdot 20 = 3537{,}6 \text{ грн./рік.}$$

де 11 – кількість офіційних свят в році.

Заробітня плата для 20 працівників за рік становить:

$$ЗП_{рік} = 352152 + 3537{,}6 = 355689{,}6 \text{ грн./рік.}$$

$$ЗП = \frac{355689{,}6}{12} = 29640{,}8 \frac{\text{грн.}}{\text{міс}}.$$

Для одного працівника:

$$ЗП = \frac{29640{,}8}{20} = 1482{,}04 \text{ грн./міс.}$$

Фонд оплати праці: 52707,87 · 12 · 1,22 = 756021,3 грн./рік,

де 1,22 – нарахування на ЗП.

В таблиці 9.9 наведено вартість основного обладнання на ринку.

Таблиця 9.9 – Вартість основного обладнання

| Назва обладнання | Кількість | Ціна | Вартість, грн. |
|---|---|---|---|
| Бак | 6 | 1 000 | 6000 |
| Катіонітовий фільтр (I і II ст.) | 7 | 25 000 | 140000 |
| Насос | 9 | 1 200 | 10800 |
| Всього | | | 156800 |

9.6 Розрахунок техніко-економічних показників

Річна собівартість продукції:

$$С = ОбЗ + А = 21409998 + 19617{,}073 = 21429615 \text{ грн./рік.}$$

$$С_{куб.м.} = \frac{С_{рік}}{В_{рік}} = \frac{21409998}{2190000} = 9{,}79 \frac{\text{грн.}}{\text{м}^3}.$$

Фондовіддача:

$$ФВ = \frac{С \cdot В}{ОФ} = \frac{9,79 \cdot 2190000}{804300} = 26.64.$$

Фондоємність:

$$ФЄ = \frac{1}{ФВ} = \frac{1}{26,68} = 0.038.$$

В таблиці 9.10 наведено загальні витрати на виробництво.

Таблиця 9.10 – Загальні витрати

| № | Елементи калькуляції | | Сума, грн.. |
|---|---|---|---|
| 1. | Оборотні засоби: | | |
| | ФОП | | 756021,31 |
| | Електроенергія | | 11666.67 |
| | Сировина | | 20624310 |
| | Газ (опалювальний сезон) | | 18000 |
| Всього | | | 21409998 |
| 2. | Основні фонди: | Термін експлуатації, років | Вартість, грн. |
| | Приміщення | 20 | 600 000 |
| | Обладнання | 5 | 191800 |
| | Інвентар | 4 | 10000 |
| | Нематеріальні активи | 12 | 2500 |
| Всього | | 41 | 804300 |
| 3. | Амортизація | | 19617,073 |
| 4. | Собівартість цеху | | 21429615 |

На Дарницькій ТЕЦ собівартість води для підживлення тепломереж становить близько 11 грн/м$^3$.

Розрахунок економічного ефекту розробленого дипломного проекту, порівняно з існуючим виробництвом:

$$Е = 11 – 9,79 = 1,21.$$

Економічний ефект 1,21 свідчить про перевагу нового виробництва, але сліб врахувати різницю масштабів підприємств. Існує ряд додаткових витрат, і не всі враховані в даному проекті.

Висновки:

1. ВРПП виробництва – паралельний.

2. Чисельність явочна робочого персоналу 20 осіб, керівного – 5, за списком – 25.

3. Режим роботи підрозділу – безперервний, 365 днів на рік.

4. Собівартість річного випуску продукції – 21429615 грн., собівартість 1 $м^3$ – 9,79 грн.

5. Рентабельність, капіталовкладення і прибуток не розраховується, адже це проміжна стадія виробництва.

6. Річна потужність цеху – 2190000 $м^3$.

7. Порівняно з Дарницькою ТЕЦ з собівартістю 11 грн./$м^3$, економічний ефект становить 1,21.

ПАСПОРТ ЯКОСТІ

Знак відповідності

Відмітка про сертифікацію пом’якшеної води

**Цех очищення води**

ПАСПОРТ №1

**Вода пом’якшена для тепломереж**

(Сертифікат відповідності № 18859357)

Нормативний документ - ДСТУ ГОСТ 18294:2009

Об’єм – 250 $м^3$/год

Дата проведення аналізу – 16.05.2016

Таблиця 9.11 - Стандарт води пом’якшеної для потреб тепломереж

| Показник | Показники якості води | |
|---|---|---|
| | Стандарт | Фактично |
| | Температура мережевої води, °С | |
| | 115 | 115 |
| Карбонатна твердість, ммоль/$дм^3$ | 0,07 - 0,1 | 0,1 |
| При pH не більше 8, 5 | Не допускається | 7,3 |
| Значення pH при 25°С | Від 7,0 до 8,5 | 7,3 |

„16” травня 2016 року.

Показники якості відповідають ДСТУ ГОСТ 18294:2009

Гол. технолог __Лук’янчук Т. О.

# ВИСНОВКИ

У дипломному проекті розроблено установку пом’якшення води для підживлення тепломереж та обґрунтовано вибір іонообмінного методу очищення. Наведено технологічну схему та її опис. Розраховано основне та допоміжне технологічне обладнання відповідно до заданої продуктивністі. Головним апаратом є Na-катіонітовий фільтр: I і II ступені. Передбачено чотири фільтри першого ступеня та три другого ступеня.

За вимогами, які ставляться до води у якості підживлюючої, залишкова твердість не повинна перевищувати 0,1 ммоль/дм$^3$. Запропонована схема дозволяє отримувати воду такої якості. Фільтри завантажено іонітом КУ-2-8 з обмінною ємністю 1600 ммоль-екв/м$^3$. Для розпушення Na-катіонітових фільтрів пропонується використовувати освітлену воду.

Представлено схему автоматизації процесу, що передбачає контроль тиску у трубопроводі для води з баку освітлено води (БОВ), після відділення механічних фільтрів, після Na-катіонітового фільтра I і II ступенів та у трубопроводі пом’якшеної води, контроль рівня у БОВ, пом’якшеної води у баці, контроль рівня та pH розчину NaCl у баку-мірнику, контроль перепаду тисків на Na-катіонітових фільтрах.

У розділі охорони праці розглянуто безпечні умови проведення виробничого процесу. Всі проектні рішення прийняті з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки. На основі аналізу шкідливих та небезпечних факторів розроблено заходи створення здорових та безпечних умов праці, пожежної безпеки на об’єкті, що проектується.

У розділі екологічної безпеки виробництва наведено аналіз джерел виникнення відходів (відпрацьовані розчини – після розпушення, регенерації, промивки смоли), надано можливі варіанти екологізації, а також розраховано величина екологічного річного платежу за викид стоків у водойми, що становить: 2697,9 грн./рік – це є економічно вигідніше, ніж інші способи утилізації.

У результаті виконання економіко-організаційного розрахунку собівартість 1 $м^3$ пом’якшеної води становить 9,79 грн. Економічна ефективність розробленого спсобу очищення становить 1,21, порівняно з діючою Дарницькою ТЕЦ.

Для зменшення витрат води на власні потреби можна модернізувати діючу установку впровадженням нових технологічних апаратів, іонообмінної смоли і т.д.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ


1. Кульский, Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. [Текст] – К. : Наук. думка, 1980. – 564 с.
2. Запольский, А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води [Текст]: Підручник. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
3. Запольський, А.К. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод [Текст] / А.К. Запольський, Н.А. Мішкова-Клименко, І.М. Астрелін та ін. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
4. Інструкція з експлуатації обладнання водопідготовчої установки ООО “ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ”. – 2012. – 138 с.
5. Національний стандарт України «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості» [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://minregion.gov.ua/attachments/files/zhkh/text.pdf вільний.
6. Лифшиц, О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок. [Текст] – М.: Энергия, 1976. – 286 с.
7. Громогласов, А.А. Водоподготовка: процессы и аппараты [Текст] / А.А. Громогласов, А.С. Копылов, А.Ц. Пильщиков. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 272 с.
8. Концевой А.Л. Алгоритмізація і програмування розрахунків процесу водопідготовки. [Текст] Навчальний посібник: На правах рукопису / А.Л. Концевой, Н.М. Толстопалова. – К.: 2003. – 44 с.
9. Лукінюк, М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об’єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп’ют.-інтегр. технології» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с. : іл. – Бібліогр.: с. 230-231. – 200 пр. – ISBN 978-966-622-287-2.

10. Лукінюк, М. В. Технологічні вимірювання та прилади [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 436 с. : іл. – Бібліогр.: с. 427-428. – 200 пр. –ISBN 978-966-622-247-6.
11. Бабіченко, А.К. Промислові прилади та засоби автоматизації. [Текст] Харків / Томишинський В.И., Михайлов В.М. та ін.: НТУ «ХПІ» , 2001-470 ст.
12. Підлісна, О.А. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів для студ. хіміко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання [Текст] / Уклад.: О.А. Підлісна, В.В. Янковий, М.П. Дорошенко. – К.: ІВЦ Видавництво „Політехніка”, 2002. – 28 с. – Бібліогр. с. 25-27. – 300 пр.
13. Макаров, Г.В. Охрана труда в химической промышленности [Текст] / Макаров Г.В., Стрельчук Н. А., Кушелёв В. П., Орлов Г. Г. – М.: Химия, 1997. – 360 с.
14. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих
15. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення
16. Жидецький В. Ц. Практикум з охорони праці [Текст] – Л.: Афіша, 2000. – 392 с.
17. Податковий кодекс України [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://docs.dtkt.ua/ua/doc/1011.47.0 , вільний. - Загол. з екрана. – Мова укр.
18. Правила приймання стічних вод абонентів у систему каналізації міста Києва [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.vodokanal.kiev.ua, вільний (меню Нормативно-правова база) . - Загол. з екрана. – Мова укр.
19. Водний кодекс України [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://zakon4.rada.gov.ua (меню Законодавства України) . - Загол. з екрана. – Мова укр.