ЗМІСТ

Стор.

Вступ 12

1 Обгрунтування та вибір способу виробництва 15

1.1 Дистиляційні методи 15

1.2 Ультрафіолетове знезараження 16

1.3 Йонообмінні методи 17

1.4 Зворотний осмос 19

2 Характеристика продукції, сировини, допоміжних матеріалів 21

3 Характеристика прийнятого методу виробництва, хімізм, теоретичні основи і обґрунтування норм технологічних режимів 26

3.1 Обгрунтування норм технологічних режимів 26

3.1.1 Зворотний осмос 26

3.1.2 Ультрафільтрація 30

3.1.3 Йонний обмін 31

4 Опис технологічної схеми виробництва 34

5 Визначення витратних коефіцієнтів з сировини, напівпродуктів, допоміжних матеріалів 39

5.1 Розрахунок матеріального балансу виробництва 39

5.2 Розрахунок теплового балансу виробництва 41

5.3 Розрахунок витратних коефіцієнтів 43

6 Характеристика технологічного обладнання 44

6.1 Розрахунок та вибір основного обладнання 44

6.1.1 Розрахунок пом'якшувача 44

6.2 Розрахунок та вибір допоміжного технологічного обладнання 50
6.2.1 Розрахунок та вибір УФ-фільтру 50
6.2.2 Розрахунок та вибір апарату для першого ступеня зворотного осмосу 51
6.2.3 Розрахунок баку для накопичення води 55
6.2.4 Розрахунок насосу 56
6.2.5 Розрахунок та вибір механічних фільтрів 58
6.2.6 Вибір стандартного випарного апарату 60
6.2.1 Вибір стандартної установки ультрафільтрації 61
7 Автоматичний контроль та керування виробництвом 62
7.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації та обґрунтування задач автоматизації 62
7.2 Опис розробленої схеми автоматизації процесу 64
8 Стандартизація, метрологія та системи управління якістю із залученням стандартів ISO 66
8.1 Аналітичний контроль виробництва 67
8.1.1 Визначення загального вмісту органічного вуглецю або речовини, що окислюються 68
8.1.2 Питома електропровідність 68
8.1.3 Нітрати 69
8.1.4 Важкі метали 69
8.1.5 Алюміній 70
8.1.6 Бактеріальні ендотоксини 70
8.2 Сталь AISI 316 L 70
9 Екологічна безпека виробництва 73
9.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються 73

9.2 Можливі варіанти екологізації виробництва 75
9.3 Екологічний моніторинг 76
9.4 Розрахунок екологічних платежів за скид стічних вод та зберігання твердих відходів 79
9.4.1 Порядок обчислення плати за скид стічних вод у міську каналізаційну мережу 79
9.4.2 Порядок обчислення плати за розміщення твердих відходів 79
10 Об'ємно-планувальні рішення 81
10.1 Компонування устаткування цеху. 81
10.2 Конструктивне рішення будівлі і її елементів 83
10.3 Генеральний план та його опис 85
11 Охорона праці 89
11.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на об’єкті, що проектується. 89
11.1.1 Повітря робочої зони 89
11.1.2 Виробниче освітлення 92
11.1.3 Виробничий шум та вібрація 94
11.1.4 Електробезпека 95
11.2 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання 98
11.3 Пожежна безпека 98
11.4 Аналіз небезпеки об’єкта 101
12 Економіко-організаційні розрахунки 104
12.1 Класифікація виробничих процесів підприємства 104
12.2 Розрахунок ефективного фонду робочого часу підприємства 106
12.3 Контроль якості 109
12.4 Організаційна структура підприємства 111

12.5 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва..... 115

12.5.1 Розрахунок техніко-економічних показників: 117

Висновки..... 122

Перелік посилань 124

Додатки

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

СОП	стандартні операційні процедури
CIP	clean in place (очищення на місці) – процедура хімічної очистки обладнання
ЕО	ендотоксинова одиниця
ЧП	чиста пара (стерильна пара)
ВО	вода очищена
SIP	процедура термічної очистки обладнання
МО	мікроорганізми

ВСТУП

Природна вода є багатокомпонентною динамічною системою, до складу якої входять гази, мінеральні й органічні речовини, що знаходяться в істинно розчиненому, колоїдному і завислому станах, а також мікроорганізми. У вигляді іонів, недисоційованих молекул, колоїдів і суспензій у природних водах міститься понад 50 елементів, проте тільки деякі з них, найбільш важливі, зустрічаються у значних кількостях. Використовувати воду такої якості для потреб фармації не можна, вона потребує глибокої очистки.

Вода очищена є необхідним елементом фармацевтичного виробництва, вона використовується на різних етапах отримання лікарських засобів. Згідно ДСТУ «Вода очищена − це вода для приготування лікарських засобів, крім тих, які мають бути стерильними й апірогенними». Воду очищену отримують з води питної методом дистиляції, іонного обміну, зворотнього осмосу, парамембранними методами або іншими типовими способами.

Все більшого розвитку і застосування в промисловості набувають технології водопідготовки, засновані на мембранних технологіях. Це ультрафільтрація, нанофільтрація, низьконапірний і високоселективний зворотний осмос, електродеіонізація, мембранна дегазація.

Лише після стадії одержання води очищеної можна отримати чисту пару, шляхом випаровування в парогенераторі. Вона може бути присутньою як допоміжна речовина, або використовуватися для підготовки препаратів до застосування, в процесі синтезу, у ході виробництва готової продукції або як очищувальний засіб для промивання ємностей (резервуарів), обладнання, первинних пакувальних матеріалів тощо. Чиста пара є невід'ємною частиною процесу виготовлення ліків. Вона забезпечує належну якість кінцевого продукту, так як запобігає потраплянню сторонніх хімічних сполук, мікроорганізмів, завдяки ефективному очищенню технологічної лінії, ємностей. Чиста пара створює оптимальні умови на фармацевтичному виробництві, а саме підтримання мікроклімату в чистих приміщеннях.

Залежно від цілей використання у фармації потрібна вода різних рівнів якості. Контроль якості води, зокрема її мікробіологічної чистоти, є важливим аспектом, і фармацевтична промисловість виділяє значні ресурси для розробки та технічного обслуговування систем очистки води.

Метою дипломного проекту є розроблення схеми отримання стерильної пари на фармацевтичному підприємстві.

1 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА

Існують різні методи очистки водопровідної води: іонний обмін, дистиляція, зворотний осмос, ультрафіолетове знезараження, ультрафільтрація. Кожен із перерахованих методів має свої недоліки та переваги. Зворотний осмос потребує високого гідравлічного тиску, при цьому має місце велика втрата води. Механічний фільтр неефективний проти бактерій, вірусів. Ультрафіолетове випромінювання неефективне проти неорганічних сполук. Очищення води може бути ефективним лише при вдалому поєднанні цих методів.

1.1 Дистиляційні методи

Воду для випаровування можна нагріти за допомогою будь-якого теплоносія. Застосовують для цього переважно водяну пару, яку називають первинною, а утворену під час випаровування води пару – вторинною. Вторинну пару можна використовувати не тільки для нагріву на цій установці, а й у різних нагрівачах для нагрівання цієї самої установки. Таку пару називають екстрапарою.

Теплота, яка витрачається на випаровування, може бути використана одно- або багаторазово. В першому випадку дистиляцію здійснюють в одному апараті – випарній установці, яка називається однокорпусною. Теплота вторинної пари при цьому не використовується, пара одразу конденсується в дистилят. У другому випадку теплота утвореної вторинної пари використовується для нагрівання упареного розсолу в інших випарних апаратах тієї самої установки (багатокорпусні установки). В першому випадку вода, що піддається обробці рухається самоплином, а в другому за допомогою насосів, оскільки вона має подаватись з апарата з меншим тиском в апарат з більшим тиском. Це призводить до ускладнення конструкції установки , її експлуатації, внаслідок чого збільшується витрата теплоенергії та собівартість дистиляту.

З метою підвищення економічної ефективності випарних установок в їх схемах застосовують термокомпресори. Принцип дії полягає в тому, що в термокомпресор засмоктується вторинна пара, температура і тиск якої доводиться до параметрів первинної пари: перетворена вторинна пара знову надходить на перший ступінь випаровування. Використання компресора зменшує витрату нагрівної пари на 1 тонну знесоленої води.

Одним із завдань під час знесолення води є запобігання накипоутворення у випарниках. З цією метою проводять пом'якшення води, що потребує застосування дорогих реагентів [1].

1.2 Ультрафіолетове знезараження

З метою знезараження води особливо ефективно використовувати метод УФ-знезараження. УФ-дезінфекція відбувається при опроміненні мікроорганізмів, що знаходяться у воді УФ-випромінюванням певної інтенсивності протягом певного часу. В результаті такого опромінення «мікробіологічні» мікроорганізми гинуть, тому що втрачають здатність до відтворення. УФ-випромінювання, що має бактерицидну довжину хвилі 260 нм або близьку довжину хвилі, проникає крізь стінку клітини перенесеного водою мікроорганізму і поглинається ДНК, так званого генетичного ланцюжка мікроорганізму, в результаті чого процес відтворення мікроорганізму припиняється. Бактерицидне УФ випромінювання на цих довжинах хвиль викликає димеризацію тиміну в молекулах ДНК. Накопичення таких змін в ДНК мікроорганізмів призводить до уповільнення темпів їх розмноження і вимирання. УФ-випромінювання викликає реакцію фотоокиснення, в результаті якої ці сполуки розкладаються до простих складових – оксиду карбону(IV) і води. Метод дезінфекції з використанням УФ-випромінювання довів свою ефективність при дезактивації перенесених водою хвороботворних мікроорганізмів і вірусів без погіршення смаку і запаху води і без внесення у воду небажаних побічних продуктів [2].

1.3 Йонообмінні методи

Йонообмінні процеси, які застосовують у водопідготовці та водоочищенні, ґрунтуються на вибірковому поглинанні одного або декількох компонентів з водних розчинів за допомогою іонітів. Йоніти – тверді, майже нерозчинні у воді та органічних розчинниках матеріали, що мають іонообмінні властивості.

Йоніти за типом йоногенних груп у їх складі поділяються на нерозчинні кислоти – катіоніти і нерозчинні основи – аніоніти.

Опріснення і знесолення води іонообмінним методом рекомендується при вмісті у вихідній воді: солей до 1500-200, хлоридів і сульфатів – не більше 5 мг/дм^3, завислих речовин – не більше 8 мг/дм^3, кольоровості – не вище 30 град., перманганатної окиснюваності – не більше 7 мгO_2/дм^3 [3].

Принцип іонообмінного знесолення полягає в послідовному пропусканні солоної води через два фільтри, завантажених відповідно катіоно- і аніонообмінними смолам, з періодичною їх регенерацією кислотою і лугом.

У фільтрі, завантаженому Н-катіонітом, відбувається обмін катіонів, що містяться у вихідній воді, на катіони водню. Одержана Н-катіонована вода проходить через фільтр, завантажений аніонітом у гідроксильній (OH^-) або гідрокарбонатній (HCO_3^-) формі. У цьому фільтрі відбувається процес обміну аніонів кислот, що містяться у Н-катіонованій воді, на аніони OH^- або HCO_3^-, які, вступаючи далі у вторинний процес взаємодії з катіонами водню, призводять до деіонізації (знесолення) води. Після виснаження іонообмінної здатності смоли піддають регенерації. Катіоніт регенерується кислотою (H_2SO_4 або HCl), а аніоніт – лугом або содою (NaOH або Na_2CO_3).

Реакції, що перебігають при цьому, можуть бути описані наступними рівняннями.

$$2H\,[Кат] + Ca(HCO_3)_2 = Ca\,[Кат]_2 + CO_2\uparrow + H_2O; \quad (1.1)$$

$$2H\,[Кат] + MgSO_4 = Mg\,[Кат]_2 + H_2SO_4; \quad (1.2)$$

$$H\,[Кат] + NaCl = Na\,[Кат] + HCl; \quad (1.3)$$

$$2H\,[Кат] + Na_2SO_4 = 2Na\,[Кат] + H_2SO_4; \quad (1.4)$$

$$OH\,[Ан] + HCl = Cl\,[Ан] + H_2O; \quad (1.5)$$

$$2OH\,[Ан] + H_2SO_4 = SO_4\,[Ан]_2 + 2H_2O; \quad (1.6)$$

$$2OH\,[Ан] + H_2SiO_3 = SiO_3\,[Ан]_2 + 2H_2O; \quad (1.7)$$

$$CO_3\,[Ан]_2 + H_2SO_4 = SO_4\,[Ан]_2 + 2H_2O + CO_2\uparrow; \quad (1.8)$$

$$CO_3\,[Ан] + HCl = Cl\,[Ан] + H_2O + CO_2\uparrow. \quad (1.9)$$

Карбону(IV) оксид, що виділяється у процесі розкладання гідрокарбонатів, видаляється шляхом дегазації, через повітряний фільтр, який розташований в верхній частині теплообмінника.

Процес регенерації катіонітових фільтрів у схемі опріснювальних іонообмінних установок складається з чотирьох послідовних операцій:

1) розпушування іоніту вихідною або частково знесоленою мінералізованою водою від низу до верху з інтенсивністю 3-5дм^3/с на 1м^2 протягом 20 хвилин для усунення спресованості іоніту;

2) переведення катіонітового матеріалу, збідненого кальцієм, в натрієву форму шляхом обробки його нейтральними водами;

3) власне регенерація – пропускання через шар іоніту розчину сульфатної або хлоридної кислоти з концентрацією від 5 до 10 %. Іони водню, що містяться в розчині кислот, заміщують сорбовані катіонітом з води катіони, які переходять в розчин, і обмінна здатність катіоніту відновлюється;

4) відмивання катіоніту вихідною або частково знесоленою після аніонітових фільтрів водою від продуктів регенерації, що складаються в основному з сульфатів натрію, і від невитраченого регенераційного розчину. Відмивання зазвичай проводиться пропусканням води зверху вниз. В результаті регенерації катіоніту кислотами велика частина іоногенних груп катіоніту переводиться в Н-форму

Процес регенерації аніонітових фільтрів складається з трьох операцій:

1) розпушування аніонітових фільтрів водою пом'якшеною Н-катіонуванням або відмивною водою;

2) власне регенерація – пропускання розчину натрію гідроксиду або кальцинованої соди з концентрацією 4-5 %. При цьому, залежно від вживаного реагенту відбувається заміщення затриманих при фільтруванні аніонів аніонами OH^-, CO_3^{2-} або HCO_3^-, і обмінна здатність аніоніту відновлюється;

3) відмивання аніонітових фільтрів від продуктів регенерації.

1.4 Зворотний осмос

Процес знесолення води зворотним осмосом полягає у пропусканні рідини через напівпроникні мембрани, які пропускають воду, але затримують розчинені в ній речовини (гідратовані йони і молекули, органічні речовини). Установки зворотного осмосу прості з погляду апаратурного оформлення, вони надійні та економічні. Основними вузлами цих установок являються пристрої для створення тиску (насоси) і розділювальні комірки з напівпроникними мембранами.

Аналіз вартості установок в залежності від їх продуктивності, показує, що зворотний осмос порівняно з дистиляцією найбільш економічний на установках продуктивністю до 100 тис.$м^3$/доб.

На процеси зворотного осмосу та ультрафільтрації негативно впливає утворення осаду. Вміст завислих речовин, що надходить на мембранний апарат, не має перевищувати 0,5 мг/$дм^3$.

Досить ефективним може бути поєднання зворотного осмосу з іншими процесами. Так, наприклад, при вмісті солей в вихідній воді 0,9-1,0 г/$дм^3$ установки зворотного осмосу можуть застосуватись як попередня стадія перед йоннообмінними фільтрами. Застосування такої схеми для обробки живильної води дозволяє зменшити собівартість знесоленої води на 26 %, а осмос сольових розчинів на 50 %.

Робочий тиск в установках опріснення води зворотним осмосом рекомендують підтримувати 5МПа. Ультрафільтрацію здійснюють під тиском 0,1-0,6 МПа [1].

Для одержання води очищеної, а з неї чистої пари, використовується вода питна відповідно до державних санітарних правил і норм «Вода питна». Вода має відповідати гігієнічним вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання, затверджених наказом МОЗ України 23.12.1996 №383. Вода питна, що проходить обробку, перевіряється на такі показники: pH, мікробіологічна контамація, окиснювальні речовини [4]. Виходячи з вищесказаного можна стверджувати, що спосіб виробництва чистої пари при комбінуванні різних методів знесолення та знезараження буде більш ефективним та доцільним у порівнянні з використанням окремого самостійного методу. Для підвищення екологічності та економічності процесу виробництва, необхідно оснастити схему додатковим обладнанням, таким як термокомпенсатори, ультразвукові чи електромагнітні установки. Так як продуктивність установки отримання ЧП не перевищує 100 тис.м^3/доб., то доцільніше було б, як основний, використовувати метод зворотного осмосу [1].

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

Вода очищена та конденсат чистої пари мають відповідати вимогам ДФУ. Воду очищену (ВО) отримують з пом'якшеної води методом двоступеневого зворотного осмосу. ВО зберігається в ємності з нержавіючої сталі об'ємом 5000 дм^3 з повітряним фільтром 0,2 мкм. Розподіляється за допомогою насосів по трубопроводах з нержавіючої сталі 316L. ВО попередньо підігрівається і надходить до парогенератора.

Чисту пару (ЧП) в парогенераторі отримують з води очищеної, яка попередньо надходить до блоку дегазації, та використовується для стерилізації та SIP-очистки обладнання, стерилізації продукції. Чисту пару, отриману в парогенераторі, використовують для підтримання мікроклімату в чистих приміщеннях. Трубопроводи систем розподілення чистої пари обладнані конденсатовідвідниками та виконані з нержавіючої сталі [5]. Для одержання води очищеної використовується вода питна відповідно до державних санітарних правил і норм "Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання" (ДСанПІН), затверджених наказом МОЗ України 23.12.1996 №383.

Вимоги цього ДСанПІНу обов'язкові для всіх органів, установ, організацій та закладів незалежно від форм їх власності, посадових осіб та громадян причетних до забезпечення водою населення України.

Порушення санітарно-гігієнічних та санітарно-протиепідемічних правил і норм, а також невиконання виданих на їх основі приписів органів державного санітарно епідеміологічного нагляду тягне за собою відповідальність відповідно до Закону України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення"(4004-12) [5].

Гігієнічні вимоги, що визначають придатність води для питних цілей, включають:

* безпеку в епідемічному відношенні;
* нешкідливість хімічного складу;

* сприятливі органолептичні властивості;
* радіаційну безпеку.

Безпека питної води в епідемічному відношенні визначається показниками, що характеризують з достатньо високою вірогідністю відсутність в ній небезпечних для здоров'я споживачів бактерій, вірусів, інших біологічних включень [6].

За мікробіологічними показниками питна вода має відповідати вимогам, наведеним у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Мікробіологічні показники безпеки питної води [6]

Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи
Число бактерій в 1 $см^3$ води, що досліджується (ЗМЧ)	Колоніїутворюючі одиниці (мікроорганізми)/$см^3$	не більше 100
Число бактерій групи кишкових паличок (коліформних мікроорганізмів) в 1 $дм^3$ води, що досліджується (індекс БГКП)	Колоніїутворюючі одиниці (мікроорганізми)/$дм^3$ КУО/$дм^3$	не більше 3
Число термостабільних кишкових паличок фекальних колі форм (індекс ФК) в 100 $см^3$ води, що досліджується	Колоніїутворюючі одиниці (мікроорганізми)/100 $см^3$ КУО/100 $см^3$	відсутність
Число патогенних мікроорганізмів в 1 $дм^3$ води, що досліджується	Колоніїутворюючі одиниці(мікроорганізми)/$дм^3$ КУО/$дм^3$ відсутність	відсутність
Число коліфагів у 1 $дм^3$ води, що досліджується	Бляшкоутворюючі одиниці/$дм^3$ БУО/$дм^3$	відсутність

За паразитологічними показниками (клітини, цисти: лямблій, криптоспоридій, а також у разі епідускладнень – дизентерійних амеб, балантидій, хламідій та ін.; клітини, личинки, яйця гельмінтів) питна вода має відповідати вимогам, наведеним у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Паразитологічні показники безпеки питної води [6]

Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи
Число патогенних кишкових найпростіших у 25 $дм^3$ води	(Клітини, цисти)/25 $дм^3$	відсутність
Число патогенних кишкових найпростіших у 25 $дм^3$ води	(Клітини, яйця, личинки)/25 $дм^3$	відсутність

Вміст у питній воді шкідливих речовин, не зазначених у Санітарних нормах, не повинен перевищувати їх граничнодопустимих концентрацій (ГДК), визначених санітарними нормами для поверхневих вод.

Органолептичні показники та гранично допустимі концентрації компонентів, що нормуються за їх впливом на органолептичні властивості питної води, наведені у таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Органолептичні показники якості питної води [6]

Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи, не більше	Клас небезпеки
Запах	ПР*	2	-
Каламутність	НОМ**	0,5 (1,5)***	-
Кольоровість	град.	20 (35)	-
Присмак	ПР	2	-
Водневий показник, pH, в діапазоні	одиниці	6,5-8,5	-
Мінералізація загальна (сухий залишок)	мг/$дм^3$	1000 (1500)	-
Твердість загальна	мг-екв/$дм^3$	7 (10)	-
Сульфати	мг/$дм^3$	250 (500)	4
Хлориди	мг/$дм^3$	250 (300)	4
Мідь	мг/$дм^3$	1,0	3
Марганець	мг/$дм^3$	0,1	3
Залізо	мг/$дм^3$	0,3	3
Хлорфеноли	мг/$дм^3$	0,0003	4

* - показник розведення (до зникнення запаху, присмаку);

** - нефелометричні одиниці каламутності;

*** - величини, зазначені в дужках, допускаються з урахуванням конкретної ситуації.

\

Вода не має містити інші компоненти, здатні змінювати її органолептичні властивості, – цинк, поверхнево-активні речовини, нафтопродукти, феноли в концентраціях, що визначаються стандартними методами досліджень.

Показники фізіологічної повноцінності питної води визначають адекватність її мінерального складу біологічним потребам організму. Вони засновані на доцільності для ряду біогенних елементів обліку не тільки максимально допустимих, а й мінімально необхідних рівнів їх вмісту у воді. Дослідження показників, що характеризують фізіологічну повноцінність питної води, рекомендується проводити в об'ємі, наведеному у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води [6]

Найменування показників	Одиниці виміру	Рекомендовані значення
Мінералізація загальна	мг/дм^3	100,0-1000,0
Твердість загальна	мг-екв/дм^3	1,5-7,0
Лужність загальна	мг-екв/дм^3	0,5-6,5
Магній	мг/дм^3	10,0-80,0
Фтор	мг/дм^3	0,7-1,5

Дільниця водопідготовки працює в безперервному режимі і обслуговується апаратником знесолення води та слюсарем-ремонтником.

Підготовка дільниці до роботи проводиться після зупинки виробництва та розподілення чистих середовищ – води очищеної, води для ін’єкцій та чистої пари.

Перед початком роботи необхідно перевірити наявність освітлення, припливно-витяжної вентиляції, питної води для живлення системи отримання ВО по манометру на вводі води в цех, наявність технічної пари тиском – $4\cdot10^5$ та $6\cdot10^5$ Па по манометрах розташованих в теплопункті цеху, а також наявність стиснутого повітря з тиском $>6\cdot10^5$ Па по манометрах, розташованих на генераторах чистої пари чи дистиляторі.

Запуск системи одержання води очищеної (ВО) проводиться згідно з інструкцією по експлуатації системи одержання, зберігання та розподілення води очищеної. Провести стерилізацію та запуск системи зберігання та розподілення води для ін'єкцій потрібно згідно інструкцій. Обов'язковою є перевірка роботи конденсатовідвідників.

З факту проведення стерилізації систем зберігання та розподілення чи окремих контурів розподілення складається протокол з підписом виконавця.

Опис води, залежно від способу її очистки та застосування, наведений в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Фізико-хімічні властивості сировини, матеріалів та готової продукції [7]

Назва	Опис	Стандарти	Параметри, що підлягають контролю	Рівень попереджання	Рівень дії
				Регламентовані показники з допустимими відхиленнями	
1	2	3	4	5	
Вода очищена	Безбарвна прозора рідина без запаху та смаку	ДФУ	1. Окислювальні речовини – слабо рожевий розчин або ТОС ≤0,5 мг/дм^3. 2. Нітрати – не більше 0,00002 % 3. Важкі метали – не більше 0,00001%. 4. Електропровідність – ≤4,3См/м при 293К. 5. Мікробіологічна контамінація – ≤100 КОЕ/1 см^3.	1.Електро-провідність – 4,0 См/м. 2. МБЧ-40 КОЕ/1см^3	1.Електро-провідність – 4,3 См/м. 2. МБЧ-60 КОЕ/1см^3
Конденсат чистої пари	Безбарвна прозора рідина без запаху та смаку	ДФУ	1. Окислювальні речовини – слабо рожевий розчин. 2. Нітрати – не більше 0,00002 % 3. Важкі метали – не більше 0,00001%. 4. Електропровідність конденсату – ≤1,1 См/м при 293К. 5. Ендотоксини ≤0,25 EU/см^3.	–	–

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

3.1 Обгрунтування норм технологічних режимів

3.1.1 Зворотний осмос

При зворотному осмосі вода під тиском, що більше осмотичного проходить через напівпроникну мембрану, а розчинені речовини затримуються, як зображено на рисунку 3.1.

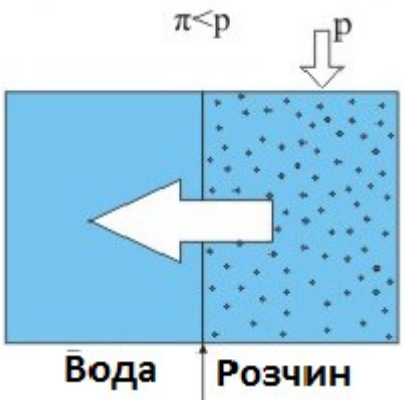


Рисунок 3.1 – Принцип дії зворотного осмосу.

У процесі зворотного осмосу під тиском від 810,6 до 5066,25 кПа вода фільтрується через напівпроникну мембрану, що затримує 98-99,8 % всіх розчинених домішок іонного походження [8].

При роботі установки зворотного осмосу вихідна вода розділяється на два потоки (тангенціальна фільтрація): очищена вода, що пройшла через мембрану – перміат (40-80 % вихідної води) і концентрат (60-20 % вихідної води), що виносить з собою переважну кількість розчинених у вихідній воді домішок.

При цьому в стічні води (концентрат) практично не додаються додаткові речовини (концентрація інгібітора утворення осаду у вигляді розчину, становить 0,5-1,0 мг/дм^3). Концентрат являє собою ті ж солі, що

надійшли в установку з вихідною водою, але в більш концентрованому вигляді.

Основними характеристиками мембранних процесів є:

* селективність;
* проникність;
* робочий тиск.

Робочий тиск в процесі зворотного осмосу залежить від солевмісту вихідної води і типу мембран. Зворотньоосмотичні установки демінералізації вод із загальним солевмістом до 1500 мг/дм^3 з високоселективними поліамідними мембранами, (селективність до 99-99,5 %), вимагають для нормальної роботи 1600-1800 кПа. Низьконапірні мембрани в аналогічних умовах вимагають 600-1100 кПа, але їх селективність нижче – 97-98 % [1].

Проникність (або питома продуктивність) виражається об'ємом V фільтрату, віднесеним до одиниці часу t і одиниці поверхні S мембрани [8]:

$$Q = V / (S_t) = k_1 \cdot (\Delta p - \Delta p_o), \qquad (3.1)$$

де k_1 – коефіцієнт, що залежить від проникності мембрани;

Δp – різниця тисків розчину (води) до і після мембрани;

Δp_o – різниця осмотичних тисків.

Таким чином, швидкість зворотного осмосу прямо пропорційна ефективному тиску (різниці між прикладеним тиском і осмотичним). Ефективний тиск значно перевершує осмотичний. Величина осмотичного тиску становить: для солі Na_2SO_4 – 43 кПа, а для $NaHCO_3$ – 89 кПа.

Селективність визначають за наступною формулою, %:

$$\varphi = (c_1 - c_2) / c_1 \cdot 100 = (1 - c_2 / c_1) \cdot 100, \qquad (3.2)$$

де c_1 і c_2 – концентрація розчиненої речовини або дисперсної фази відповідно у вихідному розчині (стічної води) і фільтраті (очищеній воді).

Проникність (G, дм^3/м^3·год) при даному тиску виражається співвідношенням:

$$G = V / F \cdot \tau, \qquad (3.3)$$

де V – об'єм фільтрату, дм^3;

F – робоча площа поверхні мембрани, м²;

τ – тривалість процесу, год.

При 100 %-вій селективності мембрана пропускає тільки розчинник (очищену воду).

Пористість β мембрани можна виразити співвідношення:

$$\beta = (\pi \cdot d^2 \cdot n) / 4, \quad (3.4)$$

де d – середній діаметр пор;

м, n – кількість часу на 1м^2 площі мембрани.

Апарати для зворотного осмосу і ультрафільтрації бувають періодичної і безперервної дії. Апарати періодичної дії застосовують, як правило, тільки в лабораторній практиці. У промисловості працюють проточні апарати безперервної дії.

Мембранні апарати мають велику питому площу поверхні поділу, прості в збірці і монтажі, надійні в роботі. Перепад тиску в апаратах невеликий.

Недоліком апаратів для зворотного осмосу є високий робочий тиск, що призводить до необхідності використання спеціальних ущільнень трубопроводів та арматури, розрахованих на високий тиск [3].

За способом розташування мембран апарати діляться на апарати типу «фільтр-прес» з плоскокамерними елементами, що фільтрують, апарати з циліндричними і рулонними елементами і апарати з мембранами у вигляді порожнистих волокон. Перераховані апарати складаються з окремих секцій або модулів, що дозволяє збирати апарати з різною площею поверхні поділу.

Розглянемо основні кінетичні закономірності процесу. Рушійною силою процесу зворотного осмосу є перепад тиску:

$$\Delta P = p - \pi_1, \quad (3.5)$$

де p – надлишковий тиск під розчином;

π_1 – осмотичний тиск розчину.

Якщо в процесі зворотного осмосу спостерігається деякий перехід через мембрану розчиненої речовини, то при розрахунку рушійної сили слід враховувати осмотичний тиск фільтрату, що пройшов через мембрану.

Тоді:

$$\Delta P = p - (\pi_1 - \pi_2) = p - \Delta\pi \qquad (3.6)$$

Осмотичні тиски розчинів можуть досягати десятків мегапаскалей. Тиск у зворотноосмотичних установках має бути значно більше осмотичного, так як ефективність процесу визначається рушійною силою різницею між робочим і осмотичним тиском. Робочий тиск в знесолювальних установках має становити близько 7,85 МПа.

Для наближеного розрахунку осмотичного тиску може бути використана формула Вант-Гоффа:

$$\pi = x \cdot R \cdot T, \qquad (3.7)$$

де x – мольна частка розчинної речовини;

R – газова постійна;

T – абсолютна температура розчину, К.

Поділ зворотним осмосом і ультрафільтрацією відбувається без фазових перетворень. Робота $A_м$ (Дж) витрачається на створення тиску в рідині і продавлювання її через мембрани:

$$A_м = A_c + П, \qquad (3.8)$$

де A_c – робота на стиснення рідини, Дж;

П – робота на продавлювання рідини через мембрану, Дж.

Так як рідина нестислива, величиною A_c зазвичай нехтують.

Робота на продавлювання рідини:

$$П = \Delta p \cdot V, \qquad (3.9)$$

де Δp – перепад тиску на мембрані;

V – об'єм продавлюваної рідини, $м^3$.

3.1.2 Ультрафільтрація

У більшості випадків для ультрафільтрації застосовуються одноканальні волокна з внутрішнім діаметром 0,8мм або менше, для вихідної води з високим вмістом зважених твердих речовин використовуються волокна з великим внутрішнім діаметром – до1,5 мм [3].

Розмір діаметра волокон є компромісом між вимагається високою щільністю упаковки, простотою зворотного промивання, малої забруднюваності, рівнем експлуатаційних витрат, високою проникністю, і в той же час високою механічною міцністю, що забезпечує цілісність мембрани. Механічна цілісність мембрани є критичним чинником і безпосередньо залежить від наявності пошкоджених волокон. Внаслідок їх розмірів, одноканальні волокна особливо тендітні до навантажень, яким вони піддаються під час частих циклів зворотних промивок.

Для багатоканальних волокон можливість їх пошкодження виключається, оскільки кожне волокно складається з семи капілярів з внутрішнім діаметром 0,9 мм, що істотно збільшує механічну міцність і гарантує цілісність мембрани.

Фільтрування на ультрафільтраційних мембранах може здійснюватися в двох режимах [9]:

1) тупиковий режим;
2) режим тангенціального фільтрування.

У тупиковому режимі фільтрування вся вода, що подається на мембрану фільтрується через неї, а забруднення, що містяться у вихідній воді, накопичуються на поверхні мембрани і видаляються при проведенні промивки зворотним потоком.

Іноді в процесах ультра/мікрофільтрації використовується режим тангенціального фільтрування для запобігання надмірного зростання відкладень на поверхні мембрани. Високі швидкості тангенціального потоку створюють турбулентності в каналі подачі води, забезпечуючи високу ефективність очищення поверхні від накопичених забруднень, що особливо

ефективно для води з високим вмістом нерозчинних суспензій. Основний же недолік такої системи – необхідність використання додаткового потужного насоса для забезпечення необхідної швидкості потоку і трубопроводів обв'язки, що призводить до збільшення капітальних і енерговитрат.

3.1.3 Йонний обмін

Використання іонообмінних технологій забезпечує необхідну якість води, але для регенерації іонообмінних смол потрібна значна кількість витратних реагентів – кухонної солі, кислоти і луги. Їх кількість у декілька разів перевищує кількість витягають із води солей. При експлуатації натрій-катіонітових фільтрів утворюється значна кількість сольових стоків, а при використанні Н-катіонування, ОН-аніонування і фільтрів змішаної дії – кислотних і лужних стоків, які створюють зростаючу екологічне навантаження на навколишнє середовище. Крім того, із зростанням солевмісту вихідної води, вартість водопідготовки та обсяг стоків швидко ростуть [3].

Природа розчиненої речовини впливає на селективність. При однаковій молекулярній масі неорганічні речовини затримуються на мембрані краще, ніж органічні. З підвищенням тиску питома продуктивність мембрани збільшується. Однак при високих тисках відбувається ущільнення матеріалу мембран, що викликає зниження проникності, тому для кожного виду мембран встановлюють максимальний робочий тиск. З ростом температури збільшується проникність мембран, але при цьому підвищується осмотичний тиск, який зменшує проникність; починаються просідання і стягання пор мембрани, що також знижує проникність; зростає швидкість гідролізу, скорочуючи термін служби мембран. Наприклад, ацетатцелюлозні мембрани при 323 К руйнуються, тому необхідно працювати при температурі 293-303 К.

Збільшення концентрації розчину призводить до зростання осмотичного тиску розчинника, підвищення в'язкості розчину і зростання концентрації поляризації, тобто до зниження проникності та селективності. У

той же час проникність і селективність збільшуються з підвищенням тиску до певної межі.

Так як через мембрану переважно проходить розчинник, то на її поверхні значно збільшується концентрація розчинених або диспергованих речовин. Це явище називається концентраційною поляризацією. Воно може призвести до зниження швидкості процесу переносу, до осадженню розчиненої речовини і коагуляції дисперсної фази.

Для зменшення впливу концентрації поляризації здійснюють рециркуляцію розчину і турбулізацію прилеглого до мембрани шару рідини

Нанофільтраційні мембрани відрізняються тим, що затримують переважно двовалентні йони (у тому числі Ca і Mg, що визначають твердість) і пропускають 10-50 % одновалентних йонів [2].

Кінетика іонного обміну визначає швидкість протікання йонообмінної реакції. На швидкість іонного обміну впливають такі чинники:

* доступність фіксованих іонів всередині каркаса іоніту;
* розмір гранул іоніту;
* температура;
* концентрація розчину тощо.

Загальна швидкість процесу іонного обміну може бути представлена як сукупність процесів, що відбуваються в розчині (дифузія протийонів до зерна і від зерна іоніту) і в йоніті (дифузія протийонів від поверхні до центру зерна іоніту і в зворотному напрямку; обмін протийонів йоніту на протийонах з розчину). В умовах, наближених до реальних умов очищення води, домінуючим фактором, що визначає швидкість іонного обміну, є дифузія іонів всередині зерна іоніту. Отже, швидкість іонного обміну, насамперед, залежить від розміру зерна іоніту і збільшується зі зменшенням розміру зерна.

Важливим питанням у практиці застосування зворотного осмосу і нанофільтрації є правильний підбір обладнання попередньої очистки води. Зокрема, вихідну воду необхідно очистити від завислих і колоїдних частинок,

тривалентного заліза і марганцю, в окремих випадках потрібна зміна pH та / або дозування у вихідну воду інгібіторів осадоутворення (антискаланта), що дозволяють продовжити термін служби мембран.

При правильному підборі обладнання, схеми із застосуванням мембранних методів водопідготовки володіють великою надійністю і довговічністю, дозволяють знизити споживання реагентів, зменшити витрати на утилізацію стічних вод і в цілому скоротити експлуатаційні витрати на водопідготовку.

4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

Вода є одним з основних продуктів, що використовуються фармацевтичною промисловістю. Вона може бути присутньою як допоміжна речовина, або використовуватися для підготовки препаратів до застосування, в процесі синтезу, у ході виробництва готової продукції або як очищувальний засіб для промивання ємностей (резервуарів), обладнання, первинних пакувальних матеріалів тощо.

Залежно від цілей використання у фармації потрібна вода різних рівнів якості. Контроль якості води, зокрема її мікробіологічної чистоти, є важливим аспектом, і фармацевтична промисловість виділяє значні ресурси для розробки та технічного обслуговування систем очистки води. Залежно від наступного використання виготовляють три види води.

Воду очищену (ВО) отримують з пом'якшеної води методом двоступеневого зворотного осмосу. ВО зберігається в ємності з нержавіючої сталі об'ємом 5000 дм^3 з повітряним фільтром 0,2 мкм. Розподіляється ВО за допомогою насосів по трубопроводах з нержавіючої сталі. ВО надходить до блоку дегазації генератора чистої пари «технологія» [7].

Чисту пару (ЧП) в парогенераторі отримують з води очищеної, яка попередньо надходить до блоку дегазації, та використовується для стерилізації і термічної очистки обладнання (SIP-очистка), стерилізації продукції. Чисту пару використовують на підтримання мікроклімату в чистих приміщеннях. Трубопроводи систем розподілення чистої пари обладнані конденсатовідвідниками та виконані з нержавіючої сталі.

Для одержання води очищеної використовується вода питна, яка відповідає державним санітарним нормам. Вода питна із централізованої мережі господарсько-питного водопостачання за допомогою живильного насосу 1 надходить до первинного механічного фільтру 3 продуктивністю 18 м^3/год, максимальним тиском 1,1 МПа та рейтингом фільтрації 90 мкм. Промивка фільтра відбувається автоматично, час промивки становить близько 10-ти секунд.

Для зменшення мікробіологічного навантаження після первинного фільтру встановлено ультрафіолетовий стерилізатор, доза ультрафіолетового опромінення якого становить 400 Дж/м^2.

Після первинного ультрафіолетового знезараження вода надходить до пом'якшувача 5, продуктивністю 17 м^3/год, який призначений для зменшення твердості вхідної води. Дуплексна установка пом'якшення, яка працює за принципом іонного обміну, містить дві колонки, які чергуються через короткі проміжки часу. Такий режим роботи, з одного боку, забезпечує подачу пом'якшеної води під час процесу регенерації, з іншого боку, завдяки частій зміні колонок максимально скорочуються періоди застою води. Це в значній мірі впливає на поліпшення якості води (як хімічних так і мікробіологічних параметрів). Установка оснащена засобом захисту від шкідливих мікроорганізмів, який дезінфікує іонообмінну смолу під час регенерації. Пом'якшувач працює в автоматичному режимі – відлік кількості води між регенераціями проводить система управління пом'якшувача. Також регенерація відбувається кожні 24 години при «простої» пом'якшувача – відсутній відбір пом'якшеної води. Тиск повинен знаходитись у межах 0,2-0,8 МПа [7].

Пом'якшена вода надходить на захисний фільтр 7, рейтинг фільтрації якого 5 мкм. Після захисного фільтру вода проходить стадію ультрафільтрації 8. Станція ультрафільтрації вмикається та вимикається в залежності від рівня води в ємності ультрафільтрату. Резервуар 13 оснащений повітряним фільтром 14 з рейтингом фільтрації 0,2 мкм, а його місткість становить 3 м^3. Для підтримки заданого значення pH води в ємності 13 в межах 7,8-8,4 проводиться дозування 5%-го розчину NaOH із ємності 11. Дозування вимикається при досягненні рівня заповнення ємності або при проведенні промивки станції ультрафільтрації 8. Промивка проводиться автоматично, зворотним потоком, водою, розчинами NaOCl та HCl. Промивка водою відбувається кожний раз при включенні станції ультрафільтрації в автоматичному режимі – цикл.

Дезінфекція станції ультрафільтрації розчином NaOCl проводиться кожні 24 цикли для усунення органічних забруднень. Розчин NaOCl знаходиться в ємності 9 та подається в систему дозуючим насосом. Промивка розчином HCl проходить кожні 240 циклів – усунення неорганічних сполук. Розчин HCl знаходиться в ємності 10 та подається в систему дозуючим насосом. Для промивки використовується 12 %-вий розчин NaOCl та 30 %-вий розчин HCl. Промивка станції ультрафільтрації 7 проводиться водою, яка подається насосом 15 із ємності 12 з дозуванням необхідного розчину (з урахуванням циклічності промивок).

При закінченні циклів промивок розчинами NaOCl та HCl відбувається спочатку промивка HCl, а потім розчином NaOCl. Між промивками розчинами NaOCl та HCl відбувається промивка водою. Час реакції реагенту на мембрани ультрафільтрації становить 480 секунд [7].

Станція дозування розчину $NaHSO_3$ призначена для зменшення вмісту хлору у воді. Дозування 5 %-вого розчину $NaHSO_3$ відбувається при роботі установки зворотного осмосу із ємності 12. Показник вмісту хлору контролюється датчиком, який дає сигнал на вимкнення чи увімкнення дозуючого насосу та виводить значення на щит керування системою. При перевищенні граничного значення протягом 120 секунд установка зворотного осмосу вимикається.

Пом’якшена вода надходить до пластинчастого теплообмінника 19 виконаного із нержавіючої сталі, максимальний тиск 0,8 МПа, робоча температура 286 К. Проходить попереднє очищення на картриджному фільтрі 20 з рейтингом фільтрації 5 мкм (являє собою циліндричну вертикальну ємність із конічним днищем, під кришкою фільтру знаходиться перфорована пластина, до якої підвішені фільтруючі свічі, тобто перегородки, на які намиваються шари фільтруючого матеріалу), після чого вода піддається двоступеневій зворотно-осмотичній очистці.

До комплекту двоступеневої зворотно-осмотичної установки входять два насоси високого тиску 21 та 23 продуктивністю 10 $м^3$/год, та два

мембранні модулі 22 і 24, які містять по 4 мембрани. Продуктивність установки двоступеневого зворотного осмосу становить 4 $м^3$/год при температурі 288 К, максимальний тиск – 4,1 МПа, робоча температура 278-308 К.

Установка зворотного осмосу працює в режимах «Ручний» та «Автомат».

Режим «Ручний» необхідний для проведення профілактичних робіт або робіт по технічному обслуговуванню.

Режим «Автомат» призначений для роботи в автоматичному режимі – увімкнення та вимкнення зворотного осмосу в залежності від рівня заповнення ємності зберігання води очищеної 26 у межах 7-100 %, час між промивками, постійний контроль електропровідності пермеату першого та другого ступенів, тиску, температури, а також режим роботи «Циркуляція» - постійна робота зворотного осмосу з поверненням пермеату другого ступеня до ємності 13 при заповненні ємності зберігання води очищеної.

Ємність зберігання води очищеної 26, місткістю 3 $м^3$ оснащена датчиком рівня, має нижній спуск та душируючий пристрій, повітряний фільтр 25 з рейтингом фільтрації 0,2 мкм.

Насос 27 працює в автоматичному режимі із забезпеченням водою очищеною установки отримання стерильної пари.

Вода очищена попередньо підігрівається в пластинчастому теплообміннику 28 до температури 60 ^oC.

Вода очищена попередньо проходить через систему дегазації. Система дегазації води очищеної включає: ємність 29 місткістю 2 $м^3$, оснащену душируючою голівкою, нижнім спуском, повітряною рубашкою для термоізоляції, повітряним фільтроелементом з термостатом та датчиком рівня; насос 28, потужністю 1,5 кВт та продуктивністю 5,8 $м^3$/год.

Генератор чистої пари 30 спроектований для отримання стерильної апірогенної пари. Така стерильна пара необхідна для SIP-стерилізації частин

обладнання, таких як баки, ємкості для приготування вихідних сумішей, трубопровідні системи, загрузочні машини, фільтри.

Спосіб видалення пірогенної флори в генераторі стерильної пари ґрунтується на повному розділенні води, що подається і утвореної пари. Розроблена спеціально для цього система розділення відділяє каплі води від утвореної пари, незначна швидкість пари полегшує відділення капель за рахунок сили тяжіння або за допомогою відповідної спрямовуючої системи. Розділення за допомогою розділювача дзвінкового типу дозволяє повністю відділяти навіть малі краплі води так, що на сторону стерильної пари ендотоксини не потрапляють.

Генератор стерильної пари працює без будь-яких рухомих частин, що гарантує мінімальний рівень шуму, надійність роботи і незначні затрати на технічне обслуговування. Складається із парогенераторної колони, шафи електричних з'єднань і необхідних клапанів, трубопроводів та кабелів.

Колона представляє собою напірний резервуар і виготовлена у відповідності із вимогами до напірних резервуарів. Матеріали мають відповідні сертифікати.

Для запобігання термічних руйнувань матеріалів і зварних швів, теплообмінник в колоні прифланцьований.

Труби повністю занурені у живлячу воду, що за рахунок постійного утворення пухирців повітря, які піднімаються вгору, значно зменшує утворення відкладень.

Всі компоненти генератора стерильної пари, які контактують із водою, виготовлені із високоякісної нержавіючої сталі, всі поверхні пасивовані.

5 ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ З СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

5.1 Розрахунок матеріального балансу виробництва

Для отримання 9 дм^3 конденсату чистої пари в установку має надходити 17 м^3 водопровідної води. Це пов'язано з витратами в процесі очистки, а саме: на розпушування і промивку механічних фільтрів; на регенерацію і промивку іонообмінних фільтрів; для приготування розчинів NaOCl, HCl, NaOH, $NaHSO_3$, вода в теплообмінник. Необхідно врахувати, що в процесі знесолення води утворюються стічні води – сольовий концентрат.

Матеріальний баланс процесу отримання чистої пари наведений в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Матеріальний баланс процесу отримання чистої пари

Прихід			Витрата		
Стаття	м^3/год	% об.	Стаття	м^3/год	% об.
Вода на очищення в тому числі:	17	100	Дистилят чистої пари	9	53
Цільова	9	52,9	Сольовий концентрат	8	47
На розпушування і промивку механічних фільтрів	2	11,8			
На регенерацію і промивку іонообмінних фільтрів	1	5,9			
Для приготування розчинів:	2	11,8			
- NaOCl;	0,5	2,9			
- HCl;	0,5	2,9			
- NaOH;	0,5	2,9			
- $NaHSO_3$.	0,5	2,9			
Вода на утворення чистої пари	3	17,6			
Всього	17	100	Всього	17	100

Об’ємна частка цільової води в вихідній, % об.:

$$W = N \cdot 100 / V_{заг},$$

де N – продуктивність установки за конденсатом чистої пари, $м^3$/год.

$N_{заг}$ – загальний об’єм води, що надійшла.

$$W = 9 \cdot 100 / 17 = 52,9.$$

На розпушування і промивку механічних фільтрів, % об.:

$$W = V_{пр} \cdot 100 / V_{заг},$$

де $V_{пр}$ – об’єм води, необхідний на промивку та розпушування механічних фільтрів.

$$W = 2 \cdot 100 / 17 = 11,8.$$

На регенерацію і промику іонообмінних фільтрів, % об.:

$$W = V_{пр} \cdot 100 / V_{заг},$$

де $V_{пр}$ – об’єм води, необхідний на промивку та регенерацію іонообмінних фільтрів.

$$W = 1 \cdot 100 / 17 = 5,9.$$

Для приготування розчину NaOCl, % об.:

$$W = V_{NaOCl} \cdot 100 / V_{заг},$$

де V_{NaOCl} – об’єм води, потрібний для приготування розчину.

$$W = 2 \cdot 100 / 17 = 11,8.$$

Для приготування розчину HCl, % об.:

$$W = V_{HCl} \cdot 100 / V_{заг},$$

де V_{HCl} – об’єм води, потрібний для приготування розчину HCl.

$$W = 2 \cdot 100 / 17 = 2,9.$$

Для приготування розчину NaOH, % об.:

$$W = V_{NaOH} \cdot 100 / V_{заг},$$

де V_{NaOH} – об’єм води, потрібний для приготування розчину.

$$W = 2 \cdot 100 / 17 = 2,9.$$

Для приготування розчину $NaHSO_3$, % об.:

$$W = V_{NaHSO3} \cdot 100 / V_{заг},$$

де V_{NaHSO3} – об'єм води, потрібний для приготування розчину.

$$W = 2 \cdot 100 / 17 = 2,9.$$

Дистилят чистої пари, % об.:

$$W = N \cdot 100 / V_{заг},$$

де 9 – продуктивність установки, $м^3$/год.

$$W = 9 \cdot 100 / 17 = 53.$$

Сольовий концентрат, % об.:

$$W = V_{с.к} \cdot 100 / V_{заг},$$

де $V_{с.к}$ – об'єм сольового концентрату, що утворився, $м^3$/год.

$$W = 8 \cdot 100 / 17 = 47.$$

5.2 Розрахунок теплового балансу виробництва

Рівняння теплового балансу:

$$Q_{прих} = Q_{витр}, \quad (5.1)$$

де $Q_{прих}$ – це кількість тепла, що прийшла в систему;

де $Q_{витр}$ – це кількість тепла, що виноситься з установки.

Відповідно:

$$Q_{витр} = Q_{конд} + Q_{конц}, \quad (5.2)$$

де $Q_{конд}$ – кількість теплоти, що виноситься з конденсатом;

$Q_{конц}$ – кількість теплоти, що виноситься з концентратом.

Обрахуємо Q за формулою, кДж/моль:

$$Q = G \cdot Cp \cdot t. \quad (5.3)$$

Обрахуємо $Q_{прих}$, кДж/моль:

$$Q_{прих} = G \cdot C_p \cdot t;$$

де G – вихідний об'єм води, $м^3$/год;

$C_р$ – теплоємність води за температури 70 °С, Дж/кг;

t – температура води після теплообмінника, °С.

$$Q_{прих} = 17 \cdot 4186 \cdot 70 = 4981340 = 4981,3$$

Обрахуємо $Q_{конд}$, кДж/моль:

$$Q_{конд} = G \cdot C_р \cdot t,$$

де G – отриманий об'єм конденсату ЧП, $м^3$/год;

$C_р$ – теплоємність води за температури 85 °С, Дж/кг;

t – температура зберігання конденсату ЧП, °С.

$$Q_{конд} = 9 \cdot 4200 \cdot 85 = 3213000 = 3213.$$

Обрахуємо $Q_{конц}$, кДж/моль:

$$Q_{конц} = G \cdot Cp \cdot t,$$

де G – отриманий об'єм сольового концентрату, $м^3$/год;

$C_р$ – теплоємність води за температури 50 °С, Дж/кг;

t – температура концентрату, °С.

$$Q_{конц} = 8 \cdot 4181 \cdot 50 = 1672400 = 1672,4.$$

Складемо таблицю теплового балансу у таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Тепловий баланс

Прихід			Витрата		
	Q, кДж/моль	%		Q, кДж/моль	%
$Q_{прих}$	4991,3	100	$Q_{конд}$	3213	71,9
			$Q_{конц}$	1672,4	39,9
Всього	4981,3	100	Всього	4885,4	28,1

Відхилення в тепловому балансі складає:

$$\Sigma = (4981,3 – 4885,4) / 4981,3 \cdot 100 = 1,9\ \%,$$

що є прийнятним, так як входить в норми допустимого відхилення.

5.3 Розрахунок витратних коефіцієнтів

Витратний коефіцієнт по воді, $м^3/м^3$:

$$17 / 9 = 1,9.$$

Витратний коефіцієнт по NaOCl, $м^3/м^3$:

$$0,5 / 9 = 0,11.$$

Витратний коефіцієнт по NaOH, $м^3/м^3$:

$$0,5 / 9 = 0,11.$$

Витратний коефіцієнт по $NaHSO_3$, $м^3/м^3$:

$$0,5 / 9 = 0,11.$$

Витратний коефіцієнт по HCl:

$$0,5/ 9 = 0,11.$$

Витратний коефіцієнт по УФ-фільтрі, $кВт/м^3$:

$$2,4 / 17 = 0,14.$$

Витратний коефіцієнт по установці йонного обміну, $кВт/м^3$:

$$15 / 17 = 0,88.$$

Витратний коефіцієнт по установці зворотного осмосу, $кВт/м^3$:

$$17 / 9 = 1,8.$$

Так як один насос споживає в середньому 1,33 кВт енергії, а загальна їх кількість – 8, то сумарна спожита енергія буде складати 10,64 кВт, отже витратний коефіцієнт по насосам, $кВт/м^3$:

$$10,64 / 17 = 0,62.$$

6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

6.1 Розрахунок та вибір основного обладнання

6.1.1 Розрахунок пом'якшувача

а) Розрахунок аніонітового фільтра першої ступені

Вихідні дані для розрахунків:

Склад вихідної води, мг-екв/дм^3;

- $[Na^+]$ – 0,74;
- $[Ca^{2+}]$ – 5,28;
- $[Mg^{2+}]$ – 0,97;
- $[Cl^-]$ – 1,49;
- $[SO_4^{2-}]$ – 3,04;
- $[HCO_3^-]$ – 2,44;
- $[NO_3^-]$ – 0.

Продуктивність установки Q = 17 м^3/год.

Необхідна площа фільтрування F при швидкості фільтрування w =5 м^3/год визначається за формулою:

$$F = Q / w,$$

$$F = 17 / 5 = 3,4 \text{ м}^2.$$

Приймаємо стандартний фільтр D = 1 м, $h_ш$ = 1,5 м, f_a = 1,87 м^2.

f_a – фільтрувальна поверхня, яка відводиться на регенерацію протягом однієї години, м^2;

$h_ш$ – висота фільтра;

D – діаметр фільтра.

Кількість фільтрів розраховують за формулою:

$$n = F / f_a = 3,4 / 1,87 = 1,8 \approx 1+1 \text{ резервний.}$$

Тоді дійсна швидкість фільтрування розраховується за формулою:

$$W_д = Q / f / n ,$$

де n – кількість фільтрів.

$$W_д = 17 / 1,87 / 2 = 4,54 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Як завантажений матеріал використовують іонообмінна смола АН-31. Його розрахункова обмінна ємність $Е_{ан} = 800$ г-екв/м^3.

Кількість аніоніту АН-31, яку необхідно завантажити у фільтри, у тому числі й у резервний, визначають за формулою [10]:

$$V_{ан.}^{вол.} = Q_{доб} \cdot (SO_4^{2-} + Cl^-) / Е_{ан},$$

де $Q_{доб}$ – добова продуктивність фільтра;

SO_4^{2-} і Cl^- – концентрації іонів SO_4^{2-} і Cl^- у воді, мг-екв/дм^3;

$Е_{ан}$ – обмінна ємність аніоніту, г-екв/м^3.

$$Q_{доб} = 24Q \cdot (SO_4^{2-} + Cl^-) / n,$$

де n – кількість фільтрів;

$$Q_{доб} = 408 \cdot (3,04 + 1,49) / 2 = 924 \text{ м}^3/\text{доб};$$

$$V_{ан.}^{вол.} = 924 \cdot (3,04 + 1,49) / 800 = 5,23 \text{ м}^3.$$

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

$$V_{ан.}^{сух.} = V_{ан.}^{вол.} / К_{ан.}^{наб.} = 5,23 / 2,32 = 2,25 \text{ м}^3,$$

де $К_{ан.}^{наб.}$ – коефіцієнт набряку аніоніту.

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

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

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

$$М_{ан.}^{сух.} = 2,25 \cdot 0,72 = 1,62 \text{ т}.$$

Тривалість фільтрування визначають за формулою:

$$\tau = f_a \cdot h_ш \cdot Е_{ан} \cdot n / Q / C,$$

де С – концентрація іонів (SO_4^{2-} і Cl^-), мг-екв/дм^3;

$$\tau = 1,87 \cdot 1,5 \cdot 800 \cdot 2 / 17 / (3,04 + 1,49) = 58,27 \text{ год}.$$

Добове число регенерації визначають як:

$$m = 24 \cdot n / \tau;$$

$$m = 24 \cdot 2 / 58,27 = 0,82 \text{ рег./ доб}.$$

Витрата 100 % -вого NaOH на одну регенерацію визначають за формулою:

$$\sigma_{NaOH}^{100} = f_a \cdot h_ш \cdot b \cdot Е_{ан} / 1000,$$

де b – питома витрата лугу кг/м^3.

$$\sigma_{NaOH}^{100} = 1,87 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 800 / 1000 = 3,37 \text{ кг/м}^3.$$

Витрата технічного 5 %-вого гідроксиду натрію на одну регенерацію визначають за формулою:

$$\sigma_{NaOH}^{5} = \sigma_{NaOH}^{100} \cdot 100 / 5;$$

$$\sigma_{NaOH}^{5} = 3,37 \cdot 100 / 5 = 67,4 \text{ кг/м}^3 = 0,46 \text{ м}^3.$$

Добова витрата 5 %-вого гідроксиду натрію визначаємо за формулою:

$$\sigma_{NaOH}^{доб} = \sigma_{NaOH}^{5} \cdot m;$$

$$\sigma_{NaOH}^{доб} = 67,4 \cdot 0,82 = 55,2 \text{ кг}.$$

Кількість води на приготування регенераційного розчину визначається як:

$$V_{H2O} = \sigma_{NaOH}^{5} - \sigma_{NaOH}^{5} \cdot 0,05;$$

$$V_{H2O} = 0,46 - 0,023 = 0,437 \text{ м}^3.$$

Тривалість пропуску регенераційного розчину при швидкості потоку ω = 2 м/год, визначають за формулою [10]:

$$t_1 = \sigma_{NaOH}^{5} / f_a / \omega,$$

$$t_1 = 0,46 / 1,87 / 2 = 0,049 \text{ год} = 8 \text{ хв}.$$

Витрата води на відмивання при питомій витраті води а = 8 м^3/м^3 визначають за формулою:

$$V_{від} = f_a \cdot h_ш \cdot a;$$

$$V_{відм} = 1,87 \cdot 1,5 \cdot 8 = 22,4 \text{ м}^3.$$

Тривалість відмивання при швидкості промивного потоку ω = 10 м^3 / год визначають за формулою:

$$t_2 = V_{відм} / f_a / \omega;$$

$$t_2 = 22,4 / 1,87 / 10 = 1,2 \text{ год}.$$

Витрата води на розпушення при інтенсивності подачі води i = 3 дм^3/ (с·м^2) визначається за формулою:

$$V_{розп} = (f_a \cdot t_3 \cdot i \cdot 60) / 1000,$$

де t_3 – тривалість розпушення, хв.;

$$V_{розп} = (1,87 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 60) / 1000 = 3,37 \text{ м}^3.$$

Загальна тривалість регенерації визначається за формулою:

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

$$t = 0,049 + 1,2 + 10 / 60 = 1,42 \text{ год.}$$

Сумарна витрата води на власні нестатки визначається за формулою:

$$V_{\sum} = V_{H2O} + V_{відм} + V_{розп}$$

$$V_{\sum} = 0,437 + 22,4 + 3,37 = 26,2 \text{ м}^3.$$

Годинна витрата води на власні нестатки визначається як:

$$q_{H2O} = V_{\sum} / 24;$$

$$q_{H2O} = 26,2 / 24 = 1,09 \text{ м}^3/\text{год.}$$

б) Розрахунок Н-катіонітового фільтра першої ступені

Продуктивність Q = 17 м^3/год.

Необхідна площа фільтрування при швидкості фільтрування 5 м^3/год визначається за формулою:

$$F = Q / w;$$

$$F = 17 / 5 = 3,4 \text{ м}^2.$$

Кількість фільтрів розраховують за формулою:

$$n = F / f_a = 3,4 / 1,87 = 1,8 \approx 1+1 \text{ резервний.}$$

Приймаємо стандартний фільтр D = 1 м, $h_ш$ = 1,5 м, f = 1,87 м^2.

Тоді дійсна швидкість фільтрування визначається за формулою:

$$\omega = Q / f / n;$$

$$\omega = 17 / 1,87 / 2 = 4,54 \text{ м}^3/\text{ год.}$$

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

$$V_{кат.}^{вол} = Q_{доб} \cdot (Na^+ + Ca^2 + M_8^{2+}) / E_{кат},$$

де $Q_{доб}$ – добова продуктивність фільтра;

$E_{кат}$ – розрахункова обмінна ємність катіоніту, г-екв/м^3;

Na^+, Ca^{2+} і M_8^{2+} – концентрація іонів Na^+ , Ca^{2+} і Mg^{2+} у воді, мг-екв/дм^3.

$$Q_{доб} = 24 \cdot 17 \cdot (0,74 + 5,28 + 0,97) / 2 = 1426 \text{ м}^3/\text{доб};$$

$$V_{кат.}^{вол} = 408 \cdot (0,74 + 5,28 + 0,97) / 600 = 4,8 \text{ м}^3.$$

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

$$V_{кат}^{сух} = V_{кат}^{вол} \cdot K_{кат}^{наб},$$

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

$$V_{кат}^{сух} = 4,8 / 2,06 = 2,33 \text{ м}^3.$$

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

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

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

$$M_{кат}^{сух} = 2,33 \cdot 0,7 = 1,67 \text{ т.}$$

Тривалість фільтрування визначається за формулою:

$$\tau = f_a \cdot h_ш \cdot E_{кат} \cdot n / Q / C,$$

де С – концентрація всіх катіонів;

$$\tau = 1,87 \cdot 1,5 \cdot 600 \cdot 2 / 17 / (0,74 + 5,28 + 0,97) = 28,3 \text{ год.},$$

Добове число регенерації визначається за формулою:

$$m = 24 \cdot 2 / 28,3 = 1,7 \text{ рег./доб.}$$

Витрата 100 %-вої хлоридної кислоти для регенерації визначається за формулою:

$$\sigma_{HCl}^{100} = f_a \cdot h_ш \cdot b \cdot E_{кат} / 1000,$$

де b – питома витрата кислоти, кг/м^3.

$$\sigma_{HCl}^{100} = 1,87 \cdot 1,5 \cdot 70 \cdot 600 / 1000 = 117,81 \text{ кг.}$$

Для приготування регенераційного розчину використовується 32 %-ва хлоридна кислота (ρ=1159 кг/м^3). Її витрата на одну регенерацію розраховується за формулою:

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

$$\sigma_{HCl}^{32} = 117,81 \cdot 100 / 32 = 368,16 \text{ кг} = 0,32 \text{ м}^3.$$

Добова витрата 32 %-вої хлоридної кислоти визначаємо за формулою:

$$\sigma_{HCl}^{доб} = \sigma_{HCl}^{32} \cdot m,$$

$$\sigma_{HCl}^{доб} = 368,16 \cdot 1,7 = 625,9 \text{ кг} = 0,54 \text{ м}^3.$$

Регенерацію Н-катіонітового фільтра здійснюють 5 % -вим розчином НС1 (ρ=1028 кг/м^3). Його кількість визначають як:

$$\sigma_{HCl}^{4} = \sigma_{HCl}^{32} \cdot 100 / 5;$$

$$\sigma_{HCl}^{5} = 368,16 \cdot 100 / 5 = 7363 \text{ кг} = 7,16 \text{ м}^3.$$

Кількість води на приготування 5 %-вого розчину хлоридної кислоти визначається як:

$$V_{H2O} = \sigma_{HCl}^{5} - \sigma_{HCl}^{32};$$

$$V_{H2O} = 7,16 – 0,54 = 6,62 \text{ м}^3.$$

Тривалість пропуску регенераційного розчину при швидкості потоку $w_{рег} = 5$ м^3/год визначається за формулою:

$$t_1 = \sigma_{HCl}^{5} / f_a / \omega,$$

$$t_1 = 7,16 / 1,87 / 5 = 0,76 \text{ год.}$$

Витрата води на відмивання визначається за формулою:

$$V_{відм} = f_a \cdot h_ш \cdot a,$$

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

$$V_{відм} = 1,87 \cdot 1,5 \cdot 9 = 25,24 \text{ м}^3.$$

Тривалість відмивання при швидкості промивного потоку $\omega = 10$ м/год визначається за формулою:

$$t_2 = V_{відм} / f_a / \omega;$$

$$t_2 = 25,24 / 1,87 / 10 = 1,34 \text{ год.}$$

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

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

де t_3 – тривалість розпушення, хв.;

$$V_{розп} = 1,87 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 60 / 1000 = 3,37 \text{ м}^3.$$

Загальна тривалість регенерації визначається за формулою:

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

$$t = 0,76 + 1,34 + 10 / 60 = 2,26 \text{ год.}$$

Сумарна витрата води на регенерацію визначається за формулою:

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

$$V_{\Sigma} = 6,62 + 25,24 + 3,37 = 35,23 \text{ м}^3.$$

Годинна витрата води на власні потреби визначається за формулою:

$$q_{H2O} = V_{\Sigma} \cdot m / 24,$$

$$q_{H2O} = 35,23 \cdot 1,7 / 24 = 2,5 \text{ м/год.}$$

6.2 Розрахунок та вибір допоміжного технологічного обладнання

6.2.1 Розрахунок та вибір УФ-фільтру

Даний тип фільтру встановлюється в відділенні перед першим ступенем зворотного осмосу.

Розрахунковий бактерицидний потік визначається за формулою, Вт [11]:

$$F_б = – (q \cdot a \cdot k \cdot \lg (P / P_0)) / (1563,4 \cdot \eta_n \cdot \eta_0), \quad (6.1)$$

де q – витрата води, що подається на знезараження, $м^3$/год;

a і k – коефіцієнти, значення яких визначається з таблиці;

P_0 – колі-індекс води до знезараження, од./$м^3$;

P – колі-індекс води після знезараження, од./$м^3$;

η_n – коефіцієнт використання бактерицидного потоку; для установки з зануреним джерелом випромінювання приймається 0,9;

η_0 – коефіцієнт використання бактерицидного потоку, що залежить від товщини шару води, приймається 0,9:

$$F_б = – (17 \cdot 0,15 \cdot 2500 \cdot \lg (1 / 3000)) / (1563,4 \cdot 0,9 \cdot 0,9) = 18,4.$$

Число ламп (камер):

$$n = F_б / F_л, \quad (6.2)$$

де $F_л$ – розрахунковий потік лампи після 4500-5000 годин роботи, Вт:

$$n = 18,4 / 2,5 = 7,4 \approx 8.$$

За цими даними обираємо фільтр бактерицидний ультрафіолетовий типу SYS-UV-144G-EBox з характеристиками, що наведені в таблиці 6.1.

Розрахунковий бактерицидний потік визначається за формулою 6.1, Вт:

$$F_б = – (17 \cdot 0,15 \cdot 2500 \cdot \lg (1 / 300)) / (1563,4 \cdot 0,9 \cdot 0,9) = 13,2.$$

Число ламп (камер) знаходимо за формулою 6.5.

$$n = 13,2 / 2,7 = 4,9 \approx 6.$$

За цими даними обираємо фільтр бактерицидний ультрафіолетовий типу Bawades 200w200/11HI з характеристиками, що наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Характеристики фільтра бактерицидного

Технічна характеристика	Значення
Продуктивність, м^3/год	18
Ресурс роботи, год	9000
Максимальний тиск, МПа	0,6
Температура води, К	275-313
Потужність лампи, Вт	660
Напруга живлення, В/Гц	220 / 50
Габаритний розмір (довжина, ширина, висота), мм	935 х 192 х 160
Кількість ламп, шт.	6

6.2.2 Розрахунок та вибір апарату для першого ступеня зворотного осмосу

Продуктивність по перміату першої ступені зворотного осмосу, м^3/год [12]:

$$W_{1п} = (W_2 + L_0) – W;$$

$$W_{1п} = 530,5 – 132,5 = 16,6.$$

Потім знаходимо необхідну робочу площу мембран, м^2:

$$F_р = W_п / G, \quad (6.3)$$

де G – питома продуктивність мембрани, м^3/(м^2·год).

$$F_р = 22,11 / 0,0464 = 476,5.$$

Питома продуктивність мембрани, м^3/(м^2·год):

$$G = G_п / S, \quad (6.4)$$

де $G_п$ – продуктивність мембрани, м^3/год;

S – площа однієї мембрани, $м^2$:

$$G = 1,904 / 41 = 0,0464.$$

Кількість мембранних модулів:

$$n_{мод} = F_р / S; \quad (6.5)$$

$$n_{мод} = 476,5 / 41 = 11,62 \approx 12.$$

За заданою продуктивністю обираємо систему зворотного осмосу для першої ступені Ecosoft MO-32S-MAXI. Ця система використовується на фармацевтичних, харчових, електронних виробництвах, а також в енергетиці.

Тип мембранного елементу Filmtec XLE 440 8” (Dow Chemical, USA).

Базова комплектація установки зворотного осмосу:

- префільтр картриджний тонкої очистки FCH 740, 5 мкм;
- автомат захисту насоса по низькому тиску;
- гідрозаповнені манометри вхідного і робочого тиску;
- вимірювачі потоку на фільтратній лінії і концетратній;
- система регулювання робочих параметрів;
- система автоматичного промивання мембран;
- відцентровий насос високого тиску;
- зворотноосмотичні мембрани в напірних корпусах, 32 штуки;
- електромагнітний клапан;
- цифровий вимірювач провідності;
- рама з нержавіючої сталі;
- робочі трубопроводи з поліпропілену;

Вимоги до якості води, яка подається на першу ступень зворотного осмосу, наведена в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Вимоги до води, що обробляється [6]

Параметр	Розмірність	Значення параметру
Температура води	К	277-303
Залишковий хлор	мг/дм^3	0,1
Твердість	мг-екв/дм^3	3,0
Залізо	мг/дм^3	0,1
Манган	мг/дм^3	0,05
Силікати	мг/дм^3	20,0
Окиснюваність	мг O_2 /дм^3	4,0

Робочі та технічні характеристики системи зворотного осмосу наведені в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Робочі характеристики і технічні дані [11]

Параметр	Розмірність	Значення параметру
Продуктивність при 288 К	м^3/год	17
Електроживлення	В, Гц	380/50
Потужність насосу	кВт	25
Тиск на вході	МПа	0,2-0,4
Споживання води в робочому режимі	м^3/год	15-22
Споживання води в режимі гідравлічної промивки	м^3/год	40-50
Робочий тиск в модулі	МПа	0,7
Діаметр підключень: Вхід установки Вихід перміату Вихід концентрату Вхід, вихід хімпромивки	 Фланець Фланець Фланець Фланець	 Ду80 Ду80 Ду80 Ду100
Габарити установки (Ш-Д-В)	мм	200-1500-200

6.1.2 Розрахунок та вибір апарату для другої ступені зворотного осмосу

Продуктивність по перміату другої ступені зворотного осмосу, м^3/год:

$$W_{п2}=L_1 – W_2;$$

$$W_{п2} = 398 – 100 = 298 = 12,5.$$

Знаходимо питому продуктивність мембрани за формулою 6.4, $м^3/(м^2 \cdot год)$.

$$G = 1,904 / 41 = 0,0464.$$

Необхідну робочу площу мембран визначаємо за формулою 6.3, $м^2$:

$$F_p = 12,5 / 0,0464 = 270.$$

Кількість мембранних модулів знаходимо за формулою 6.5:

$$n_{мод} = 270 / 41 = 6,6 \approx 7$$

За заданою продуктивністю обираємо систему зворотного осмосу для другої ступені Ecosoft MO-20 S-MAXI. Ця система використовується на фармацевтичних, харчових, електронних виробництвах, а також в енергетиці.

Тип мембранного елементу Filmtec XLE 440 8” (Dow Chemical, USA).

Базова комплектація установки зворотного осмосу:

- префільтр картриджний тонкої очистки FCH 740, 5 мкм;
- автомат захисту насоса по низькому тиску;
- гідрозаповнені манометри вхідного і робочого тиску;
- вимірювачі потоку на фільтратній лінії і концентратній;
- система регулювання робочих параметрів;
- система автоматичного промивання мембран;
- відцентровий насос високого тиску;
- система затримки і плавного включення насоса;
- зворотноосмотичні мембрани в напірних корпусах, 20 штук;
- електромагнітний клапан;
- цифровий вимірювач провідності;
- рама з нержавіючої сталі;
- робочі трубопроводи з поліпропілену;

Робочі та технічні характеристики системи зворотного осмосу наведені в таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Робочі характеристики і технічні дані [11]

Параметр	Розмірність	Значення параметру
Продуктивність при 288 К	$м^3$/год	17
Електроживлення	В, Гц	380 / 50
Потужність насосу	кВт	18,5
Тиск на вході	МПа	0,2-0,4
Споживання води в робочому режимі	$м^3$/год	15-22
Споживання води в режимі гідравлічної промивки	$м^3$/год	40-50
Робочий тиск в модулі	МПа	0,7
Діаметр підключень: Вхід установки Вихід перміату Вихід концентрату Вхід, вихід хімпромивки		 Ду80 Ду65 Ду80 Ду80
Габарити установки (Ш-Г-В)	мм	200-1500-200

6.2.3 Розрахунок баку для накопичення води

В відділенні підготовки води очищеної після теплообмінника, який підігріває воду до необхідної температури є бак для акумулювання підігрітої води.

Об'єм ємності, $м^3$ [11]:

$$V_p = W \cdot \tau, \qquad (6.6)$$

де W – об'ємна витрата рідини, $м^3$/год;

τ – час перебування рідини в ємності, год.

Обираємо час перебування рідини в ємності 20 хвилин.

Геометричний об'єм ємності більше робочого на 10-15 %, з чого і виробляють вибір підходящої ємності з наявних у розпорядженні.

Розрахуємо об'єм баку для акумулювання води питної за формулою 6.9:

$$V_p = 17 \cdot 0,33 = 5,94.$$

Якщо врахувати надбавку 15 %, то геометричний об'єм ємності складатиме 7 $м^3$.

Обираємо ємність, прямокутну в плані з параметрами: висота 1,75 м, ширина 2 м, довжина 2 м.

6.2.4 Розрахунок насосу

Необхідно підібрати насос для перекачування води при температурі 293 К з баку в апарат, що працює під надмірним тиском 0,1 МПа. Витрата води Q = 0,005 м^3/с. Геометрична висота підйому води 2,5 м. Довжина трубопроводу на лінії всмоктування 2 м, на лінії нагнітання 3 м. На лінії нагнітання є 3 відведення під кутом 90° з радіусом повороту, рівним 6 діаметрам труби, і 2 нормальних вентиля. На всмоктувальній ділянці трубопроводу встановлено 1 прямоточний вентиль [13].

Вибір трубопроводу.

Для всмоктувального і нагнітального трубопроводу приймемо однакову лінійну швидкість води ω, що дорівнює 2 м/с. Тоді діаметр, м:

$$d = (4 \cdot Q / (\pi \cdot W))^{0,5}; \quad (6.7)$$

$$d = (4 \cdot 0,005 / (3,14 \cdot 2))^{0,5} = 0,052.$$

Вибираємо сталевий трубопровід зовнішнім діаметром 60 мм і завтовшки стінки 4 мм. Тоді внутрішній діаметр d = 0,052 м. Фактична швидкість води в трубі, м/с:

$$W = 4 \cdot Q / (\pi \cdot d^2); \quad (6.8)$$

$$W = 4 \cdot 0,005 / (3,14 \cdot 0,052^2) = 2,36.$$

Знаходимо значення критерію Рейнольдса:

$$Re = W \cdot d \cdot \rho / \mu, \quad (6.9)$$

де μ – динамічна в'язкість води, Па·с:

$$Re = 2,36 \cdot 0,052 \cdot 998 / 1,005 \cdot 10^{-3} = 121865.$$

Це значення критерію Рейнольдса вказує на турбулентний режим. Абсолютну шорсткість трубопроводу приймаємо рівною $2 \cdot 10^{-4}$ м.

Тоді:

$$e = \Delta / d; \quad (6.10)$$

$$e = 2 \cdot 10^{-4} / 0,052 = 0,0038.$$

Розрахунок λ слід проводити по формулі:

$$\lambda = 0{,}11 \cdot (e + 68 / Re)^{0.25}; \quad (6.11)$$

$$\lambda = 0{,}11 \cdot (0{,}0038 + 68 / 121865)^{0{,}25} = 0{,}028.$$

Визначимо суму коефіцієнтів місцевих опорів окремо для всмоктувальної і нагнітальної ліній.

Для всмоктувальної лінії:

1) Вхід в трубу (приймаємо з гострими краями): ξ_1=0,5.

2) Прямоточні вентилі: для d=0,052 м, ξα=0,6.

Домножуючи на поправочний коефіцієнт 0,925, одержуємо ξ_2=0,55.

Сума коефіцієнтів місцевих опорів у всмоктувальній лінії:

$$\Sigma\xi = \xi_1 + \xi_2; \quad (6.12)$$

$$\Sigma\xi = 0{,}5 + 0{,}55 = 1{,}05.$$

Втрачений напір у всмоктувальній лінії знаходимо по формулі, м:

$$h_П = \left(\frac{l}{de} + \sum_{м.с}\right)\frac{v^2}{2g}, \quad (6.13)$$

де l, d_e – відповідно довжина і еквівалентний діаметр трубопроводу.

$$h_п = (0{,}028 \cdot 2 / 0{,}052 + 1{,}05) \cdot 2{,}36^2 / (2 \cdot 9{,}81) = 0{,}6.$$

Для нагнітальної лінії:

1) Відведення під кутом 90°: коефіцієнт А = 1, коефіцієнт В = 0,09;

ξ_1 =0,09.

2) Вентилі: для d = 0,06 м ξ= 3,9, для d = 0,08 м ξα = 4. Приймаємо для d = 0,052 м ξ_2 = 3,96.

3) Вихід з труби: ξ_3=1.

Сума коефіцієнтів місцевих опорів в нагнітальній лінії:

$$\Sigma\xi = 3 \cdot \xi_1 + 2 \cdot \xi_2 + \xi_3; \quad (6.14)$$

$$\Sigma\xi = 2 \cdot 0{,}09 + 33{,}96 + 1 = 9{,}19.$$

Втрачений напір в нагнітальній лінії, м:

$$h_{наг} = (0{,}028 \cdot 3 / 0{,}052 + 9{,}19) \cdot 2{,}36^2 / (2 \cdot 9{,}81) = 3{,}07.$$

Загальні втрати напору, м:

$$h_{втр} = h_{наг} + h_п; \quad (6.15)$$

$$h_{втр} = 0{,}6 + 3{,}07 = 3{,}67.$$

Вибір насоса:

Знаходимо напір насоса за формулою, мм вод. ст:

$$H = (p_2 - p_1) / (\rho \cdot g) + H_г + h_{втр}, \quad (6.16)$$

де p_1 – тиск в апараті, з якого перекачується рідина;

p_2 – тиск в апараті, в який подається рідина, різниця тисків дорівнює надмірному тиску, Па;

$H_Г$ – геометрична висота підйому рідини.

$$H = 0{,}1 \quad 10^6 / (998 \cdot 9{,}81) + 2{,}5 + 3{,}67 = 16{,}3.$$

Напір при заданій продуктивності забезпечується відцентровими насосами.

Визначимо корисну потужність насоса, кВт:

$$N_П = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H; \quad (6.17)$$

$$N_П = 998 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}005 \cdot 16{,}3 = 0{,}8.$$

Приймаючи к.к.д. передачі $\eta_{ПЕР} = 1$ і $\eta_Н = 0{,}6$ (для відцентрового насоса середньої продуктивності), знайдемо потужність на валу двигуна, кВт:

$$N = N_П / (\eta_Н \cdot \eta_{ПЕР}); \quad (6.18)$$

$$N = 0{,}8 / (0{,}6 \cdot 1) = 1{,}33.$$

Заданим подачі і напору більше всього відповідає відцентровий насос марки МР 50/12 FE, $Q = 3{,}0 \cdot 10^{-2}$ м^3/с, Н = 3 м, $\eta_Н = 0{,}6$.

6.2.5 Розрахунок та вибір механічних фільтрів

Необхідна площа фільтрування, м^2 [11]:

$$F' = Q_0 / \omega, \quad (6.19)$$

де Q_0 – продуктивність фільтрів по проясненій воді з урахуванням витрати води на їхні власні потреби, $м^3$/год;

ω – швидкість фільтрування при нормальному режимі роботи фільтрів, м/год.

$$F' = (11 + 7,5) \angle 1,1 / 10 = 2,1.$$

Виходячи з розумінь експлуатаційної надійності, число одночасно працюючих фільтрів однакового діаметра приймається не менше трьох. Необхідна площа фільтрування кожного фільтра, $м^2$ [11]:

$$f' = F' / n, \quad (6.20)$$

де n – число фільтрів.

$$f' = 2,1 / 3 = 0,7.$$

Підбираємо площу фільтрів, що випускаються серійно заводами, з округленням отриманого значення у бік збільшення (f>f').

Встановлюємо три стандартних однокамерних фільтрів площею фільтрування f = 1 $м^2$, діаметром D = 1500 мм, висотою шару 500 мм [12]. Витрата води на розпушення кожного фільтра, $м^3$:

$$q_{розп} = f \angle i \angle t_{розп} \angle 60 / 1000, \quad (6.21)$$

де f – площа фільтрування кожного фільтра, $м^2$;

i – інтенсивність розпушення фільтра, $дм^3/(с \angle м^2)$;

$t_{розп}$ – тривалість розпушення фільтра, хв.

$$q_{розп} = 0,7 \angle 10 \angle 3 \angle 60 / 1000 = 1,26.$$

Витрата води на відмивання фільтрів шляхом спуску в дренаж першого мутного фільтрату зі швидкістю 4 м/с протягом 10 хв визначається за формулою, $м^3$:

$$q_{відм} = f \angle ω \angle t_{відм} / 60, \quad (6.22)$$

де ω – швидкість фільтрування, м/год;

$t_{відм}$ – тривалість відмивання фільтра, хв;

$$q_{відм} = 0,7 \angle 4 \angle 10 / 60 = 0,47.$$

Годинна витрата води на власні потреби усіх фільтрів, м^3/год:

$$q_г = (q_{розп} + q_{відм}) \angle m \angle n / 24 , \quad (6.23)$$

де m – кількість відмивань кожного фільтра на добу, значення приймається рівним 2;

$$q_г = (1,26 + 0,47) \angle 2 \angle 3 / 24 = 0,43.$$

Продуктивність фільтрів з урахуванням витрати води на їхні власні потреби визначається за формулою, м^3/год:

$$Q_{в.н.} = Q_0 + q_г; \quad (6.24)$$

$$Q_{в.н} = 11 + 0,43 = 11,43.$$

Дійсна швидкість фільтрування при роботі усіх фільтрів дорівнює, м/год:

$$\omega_n = Q_{в.н.} / (n \cdot f); \quad (6.25)$$

$$\omega_n = 11,43 / (3 \cdot 0,7) = 5,4.$$

Під час вимикання одного з фільтрів на промивання, м/год:

$$\omega_{n-1} = Q_{в.н.} / ((n-1) \angle f); \quad (6.26)$$

$$\omega_{n-1} = 11,43 / ((3-1) \cdot 0,7) = 10.$$

6.2.6 Вибір стандартного випарного апарату

Обираємо випарний апарат відповідно до заданої продуктивності Pharma tec PSG600 з наступними характеристиками [14]:

Номінальна поверхню теплообміну – 16 м^2;

Дійсна поверхню теплообміну L = 15 м^2;

Кількість труб – 36;

Діаметр гріючої камери D_1 = 100 мм;

Діаметр сепаратора D_2 = 140 мм;

Висота до бризговловлювача H_1 = 160 мм;

Діаметр циркуляційної труби D_3 = 70 мм;

Діаметр і висота труби скипання відповідно D_4 = 70 мм і H_4 = 200 мм;

Відстань між осями – 160 мм;

Відстань між болтами на опорах B_1 = 154 мм;

Відстань між болтами на опорах B_2 = 139 мм;

Висота апарату H = 1500 мм

6.2.1 Вибір стандартної установки ультрафільтрації

Автоматична система ультрафільтрації NFYD це установка з очищення води, в основі якої лежить метод ультрафільтрації. Для очищення води використовуються дві мембрани пористістю 0,01 мкм. Також в систему вбудовані функції промивки (прямий і зворотній). А управління самою установкою здійснюється за допомогою блоку управління [7].

Автоматична система ультрафільтрації NFYD-1260UV крім двох мембран тієї ж пористості (0,01 мкм) оснащена вугільним картриджем і ультрафіолетовим стерилізатором. Також в систему вбудовані функції промивки (прямий і зворотній). А управління самою установкою здійснюється за допомогою блоку управління. Служить для видалення з води мікроорганізмів, колоїдів і зважених речовин, вірусів і бактерій, а також усунення неприємного запаху і смаку. Її технічні характеристики такі.

Максимально допустимий тиск 0,6 КПа.

Максимальна концентрація вільного хлору (довгостроково) 50 мг/дм^3.

Максимальна концентрація вільного хлору (короткочасно) 300 мг/дм^3.

Режим фільтрації тангенціальний або тупиковий.

Максимальна робоча температура 40 ºС.

Характеристики мембрани – гідрофільна двошарова.

Матеріал, з якого виготовлена мембрана PAN.

Розмір пори мембрани 0,01 мкм.

Поріг фільтрації за молекулярною вагою 50000 Дальтон.

Внутрішній діаметр капіляра 1,0 мм.

Зовнішній діаметр капіляра 1,6 мм.

7 АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ

Складність і висока швидкість протікання технологічних процесів у хімічній промисловості, їх чутливість до порушень режиму, а також підвищені вибухо-пожежонебезпечності 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.

За об’єкт автоматизації взято технологічний процес отримання чистої пари. Отримуються практичні знання та навички з таких питань:

- самостійний аналіз технологічних процесів з позицій автоматизації;
- засвоєння принципів дії та особливостей застосування основних типів первинних вимірювачів (датчиків) технологічних параметрів;
- ознайомлення з алгоритмами керування та функціональними можливостями автоматичних регуляторів (позиційних, аналогових, мікропроцесорних), особливостями конструкції та умовами експлуатації пристроїв безпосереднього впливу на технологічні процеси (виконавчі механізми та регулювальні органи);

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

На підставі аналізу технологічного процесу отримання чистої пари на фармацевтичному підприємстві, постають наступні задачі автоматизації [15]:

- контроль та сигналізація рівня рідини в механічному фільтрі;
- контроль та сигналізація перепаду тиску в механічному фільтрі;
- контроль та сигналізація тиску в натрій-катіонітовому фільтрі;
- контроль та регулювання витрати в трубопроводі 1 а;
- контроль та регулювання витрати в трубопроводі 1 в;
- контроль pH в трубопроводі 1 в;

- контроль твердості в трубопроводі 1 в;
- контроль та регулювання температури води в трубопроводі 1 в.

Перед тим, як потрапити на наступну обробку, вода підлягає УФ-опроміненню, дозою 400 Дж/м^2. На виході з пом'якшувача контролюється: температура води 30 °С; pH води (pH 7,8-8,4); твердість (<0,5 мг-екв/дм^3).

Вода надходить в механічний фільтр для усунення твердих частинок. В механічному фільтрі контролюється: перепад тиску 0,8-1,1 МПа; рівень становить 1,5 м.

Параметри регулювання та контролю виробництва наведені у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 − Параметри регулювання та контролю виробництва [16]

№	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування параметра, що вимірюється або регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	Механічний фільтр	Рівень	1,5 м	контроль, сигналізація
2	Механічний фільтр	Перепад тиску	0,8-1,1 МПа	контроль, сигналізація
3	Натрій-катіонітовий фільтр	Тиск	0,2-0,8 МПа	контроль, сигналізація
4	Трубопровід 1а	Витрата	18 м^3/год	контроль, регулювання
65	Трубопровід 1в	Витрата	18 м^3/год	контроль, регулювання
6	Трубопровід 1в	pH	6,5-7,5	Контроль
7	Трубопровід 1в	Твердість води	<0,5 мг-екв/дм^3	Контроль
8	Трубопровід 1 в	Температура води	30-35 °С	контроль, регулювання

7.2 Опис розробленої схеми автоматизації процесу

У схемі розглядається можливий варіант отримання стерильної пари на фармацевтичному підприємстві. Для нормальної роботи усього технологічного устаткування, мінімізації можливих помилок, стабілізації, контролю та рєстрації технологічних параметрів розроблено схему автоматизації, яка покликана вирішувати всі ці задачі.

Схема автоматичного контролю процесу отримання стерильної пари включає в себе ряд контурів контролю, регулювання та сигналізації.

Контур 1 забезпечує контроль та регулювання витрати питної водопровідної води в трубопроводі 1а та включає: первинний перетворювач витрати (1-1), проміжний перетворювач (1-2), прилад вторинний показувальний, реєструвальний (1-3), регулювальний блок (1-4), виконавчий механізм (1-5).

Для конторолю та реєстрування pH води в трубопроводі 1в розроблено контур 2. Він складається з таких ТЗА: первинного вимірювального перетворювача (2-1), перетворювача високоомного (2-2), показувального та реєструвального приладу (2-3).

Контур 3 застосовують для контролю твердості води в трубопроводі 1в. Він складається з таких ТЗА: первинного вимірювального перетворювача (3-1), перетворювача високоомного (3-2), показувального та реєструвального приладу (3-3).

Розроблено три схеми дистанційного керування електродвигунами відцентрових насосів 1, 2, 3, які оснащено сигнальними електричними лампами: зеленими HL1, HL8, HL10; червоними HL4, HL9, HL11.

Вимірювання тиску в натрій-катіонітовому фільтрі здійснює контур 4 та включає в себе: вимірювач тиску (4-1), прилад вторинний показувальний і реєструвальний (4-2), блок регулювальний (4-3), механізм виконавчий (4-4); лампи електричні сигнальні HL3, HL4 жовтого кольору.

Контур 5 призначений для контролю рівня води у механічному фільтрі та включає в себе: пневматичний передавальний перетворювач (5-1),

перетворювач пневмоелектричний (5-2), прилад вторинний показувальний вузькопрофільний з вбудованим пристроєм сигналізації (5-3), лампи електричні сигнальні жовтого кольору HL5, HL6.

Контур 6, 9, 10 забезпечує контроль, реєстрування та сигналізацію перепаду тисків на фільтрах і мають такий склад: вимірювальні перетворювачі різниці тисків (6-1; 9-1; 10-1), вторинні показувальні та реєструвальні прилади (6-2; 9-2; 10-2) з вбудованими пристроями сигналізації (лампа електрична сигнальна жовтого кольору HL7, HL12, HL13).

Контур 7 розроблений для контролю температури води очищеної в трубопроводі та включає: термоперетворювач (7-1); нормувальний перетворювач температури (7-2); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (7-3).

Контур 8 застосовують для контролю та регулювання витрати питної водопровідної води в трубопроводі 1а та включає: первинний перетворювач витрати (8-1), проміжний перетворювач (8-2), прилад вторинний показувальний реєструвальний (8-3).

Розроблена схема автоматизації цілком відповідає визначеним проектом цілям та задачам автоматизації, враховує особливості конкретного технологічного процесу та гарантує забезпечення основних параметрів технологічного регламенту.

Наслідком автоматизації за розробленою схемою має стати стабільно керований технологічний процес отримання стерильної пари, раціональне використання сировинних матеріалів і енергії, дотримання вимог якості кінцевого продукту, зменшення ризику з боку людського фактора, зменшення навантаження на робітничо-інженерний персонал, зниження ризиків виникнення аварійних ситуацій.

8 СТАНДАРТИЗАЦІЯ, МЕТРОЛОГІЯ ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ІЗ ЗАЛУЧЕННЯМ СТАНДАРТІВ ISO

Вода очищена та конденсат чистої пари мають відповідати вимогам ДФУ. Чисту пару (ЧП) в парогенераторі отримують з води очищеної, яка попередньо надходить до блоку дегазації, та використовується для стерилізації та SIP-очистки обладнання, стерилізації продукції. Для одержання води очищеної використовується вода питна відповідно до державних санітарних правил і норм “Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання” (ДСанПІН), затверджених наказом МОЗ України 23.12.1996 №383. Вода централізованого водопостачання має відповідати якості ДСТУ 7525:2014 “Національний стандарт України. Вода питна”[5].

Вимоги цього ДСанПІНу обов'язкові для всіх органів, установ, організацій та закладів незалежно від форм їх власності, посадових осіб та громадян причетних до забезпечення водою населення України.

Технічний контроль – сукупність методів, заходів та засобів, які забезпечують відповідність якості продукції яка випускається вимогам стандартів і нормативів. Об’єктом технологічного контролю є технологічний процес. Контроль поділяють на вхідний, заключний, проміжний. Всі види контролю якості проводить апаратчик знесолення води.

Вхідний контроль включає в себе проби водопровідної води, яка надходять на виробництво. Для одержання води очищеної, а з неї чистої пари, використовується вода питна відповідно до державних санітарних правил і норм «Вода питна». Вода має відповідати гігієнічним вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання , затверджених наказом МОЗ України 23.12.1996 №383. Вода питна, що проходить обробку, перевіряється на такі показники: pH, мікробіологічна контамація, окиснювальні речовини. Апаратчик знесолення води перед початком роботи списує показання з інформаційного табло і фіксує їх в базі даних на ПК, вимірювання проводять безпосередньо без відбирання проби.

Проміжний контроль здійснюється по закінченні кожної операції очищення.

Заключний: проводиться при отриманні кожної нової партії конденсату чистої пари, аналізуються його хімічні властивості та деякі інші параметри, що представлені в пункті 4.1. Результати записуються до бази даних ПК апаратчиком знесолення.

При невідповідності води відповідним нормативам, її відправляють на повторну операцію або зливають в каналізацію.

Контроль якості води є неруйнівним, оскільки для проведення аналізу на якість води, кількість відібраної води є незначною, порівняно з загальним обсягом води і цією величиною можна знехтувати.

8.1 Аналітичний контроль виробництва

Відбір проб на якісні показники води очищеної, води для ін'єкцій та конденсату чистої пари проводять працівники ВКЯ згідно СОП 07.11.68 та плану-графіку відбору проб. Параметри аналітичного контролю виробництва наведений в таблиці 8.1 [4].

Таблиця 8.1 – Параметри аналітичного контролю виробництва

№ п/п	Місце відбору проби	Назва параметру, що контролюється	Частота відбору проби	Норми технологічного режиму
1	Ємність для збору конденсату	Окислювальні речовини	щодня	слабо рожевий розчин
2	Ємність для збору конденсату	Нітрати	щодня	≤0,00002 %
3	Ємність для збору конденсату	Важкі метали	щодня	≤0,00001 %
4	Ємність для збору конденсату	Електропровідність конденсату	щодня	≤1,1 См/м при 293 К
5	Ємність для збору конденсату	Ендотоксини	Один раз на тиждень	≤0,25 EU/см^3

Протягом виробництва та подальшого зберігання належним чином контролюють і відстежують кількість мікроорганізмів. Для простежування несприятливих тенденцій установлюють підхожу межу, що попереджає, і

підхожу межу, що вимагає вживання заходів. У нормальних умовах підхожою межею, що вимагає вживання заходів, є вміст 100 КУО/см^3. Визначення проводять методом мембранної фільтрації, використовуючи фільтр із номінальним розміром пор не більше 0,45 мкм. Інкубацію проводять при температурі від 303 К до 308 К протягом не менше 5-ти діб. Розмір зразка має вибиратися відповідно до очікуваного результату.

Установлюють pH середовища таким чином, щоб після стерилізації його значення становило 7,2±0,2. Стерилізують у паровому стерилізаторі при температурі 394 К протягом 15-ти хв.

8.1.1 Визначення загального вмісту органічного вуглецю або речовини, що окислюються

Визначають вміст загального органічного вуглецю: показання мають не перевищувати значення 0,5 мг/дм^3; для цього проводять випробування «Речовини, що окислюються» таким чином: до 100 см^3 води очищеної додають 10 см^3 кислоти сульфатної розведеної , 0,1 М, 0,02 М розчину калію перманганату і кип'ятять протягом 5 хв; розчин має залишатися слабо-рожевим [5].

8.1.2 Питома електропровідність

Вимірюють питому електропровідність без температурної компенсації, одночасно реєструючи температуру [5].

Проба води очищеної витримує випробування на питому електропровідність, якщо виміряна питома електропровідність не перевищує значення, наведене в таблиці 8.2 [5].

Таблиця 8.2 – Граничні значення питомої електропровідності для певних значень температури

Температура, К	Питома електропровідність, мкСм·см$^{-1}$
273	2,4
283	3,6
293	4,3
303	5,1
313	5,4
323	6,5
333	7,1
343	8,1
353	9,1
363	9,7
373	9,7
383	9,7
393	10,2

8.1.3 Нітрати

Вміст нітратів в воді очищеній має не перевищувати значення 0,00002 % [5]. Для проведення досліду 5 см^3 очищеної води поміщають у пробірку, занурену в льодяну баню, додають 0,4 см^3 розчину 100 г/дм^3 калію хлориду, 0,1 см^3 розчину дифеніламіну і краплями, при перемішуванні, 5 см^3 сульфатної кислоти. Потім пробірку переносять у водяну баню, нагріту до температури 323 К, через 15 хв блакитне забарвлення випробовуваного розчину має бути не інтенсивнішим за забарвлення еталона, приготованого паралельно з випробовуваним розчином із використанням суміші 4,5 см^3 води, вільної від нітратів і 0,5 см^3 еталонного розчину нітрату (0,00002 % NO_3^-).

8.1.4 Важкі метали

Вміст важких металів у воді очищеній має не перевищувати значення 0,00001 % [5]. Для проведення досліду до 200 см^3 зразка води додають 0,15 см^3 0,1 М розчину кислоти нітратної та випарюють у скляній випарювальній чашці на водяній бані до об'єму 20 см^3.Одержаний розчин має витримувати випробування на важкі метали. Еталон готують із використанням 10 см^3 еталонного розчину плюмбуму (0,00001 % Pb), до

якого додають 0,075 $см^3$ 0,1 М розчину кислоти азотної. Холостий розчин готують, використовуючи 0,075 $см^3$ 0,1 М розчину нітратної кислоти.

8.1.5 Алюміній

Вміст алюмінію у воді очищеній має не перевищувати значення 0,000001 % [5], якщо вода призначена для виробництва розчинів для діалізу. Випробовуваний розчин готують наступним чином: до 400 $см^3$ води очищеної додають 10 $см^3$ ацетатного буферного розчину pH 6,0 і 100 $см^3$ води дистильованої .

8.1.6 Бактеріальні ендотоксини

Вміст бактеріальних ендотоксинів має не перевищувати значення 0,25 МО/$см^3$ [5], в тому випадку якщо вода призначена для виробництва розчинів для діалізу подальша процедура видалення бактеріальних ендотоксинів не є необхідною. Визначення проводять, використовуючи соєво-казеїновий агар.

8.2 Сталь AISI 316 L

Нержавіюча сталь, що застосовуються для виготовлення труб, та апаратури в даному виробництві є AISI 316 L. Міжнародна класифікація сталей за стандартом AISI передбачає присвоєння марки кодування, яка складається з чисел 3 і 1 або 2 літер [17].

Група аустенітних нержавіючих сталей позначається цифрами «2» або «3» на початку коду, наступні дві цифри означають номер по порядку для даної марки в групі. Буква, яка йде відразу після групи цифр означає вміст у сплаві вуглецю, або якого-небудь додаткового елемента.

Аустеніт – високотемпературна, гранецентрована модифікація заліза та його сплавів

Отже, якщо у каталозі вказано, – труба нержавіюча AISI 316L, це говорить про те, що дана труба виготовлена з аустенітної сталі, відрізняється низьким (до 0,03 %) вмістом вуглецю.

Оскільки дана марка відноситься до групи аустенітних, то вона не має магнітних властивостей. У складі сталі AISI 316 L є наступні елементи:

- Вуглець у кількості менше 0,035 %;
- Нікель у межах 10-15 %;
- Хром в межах 16-18 %;
- Молібден в межах 2-3 %;
- Фосфор – менше 0,04 %;
- Сірка – менше 0,03 %;
- Марганець – менше 2 %;
- Кремній – менше 0,075 %.

Наявність такого елемента, як молібден, дозволяє даній марці сталі бути стійкою до корозії навіть в умовах хлористої середовища, під впливом пароподібної оцтової кислоти і при тривалому знаходженні в морській воді.

Відпалюють нержавіючу сталь цієї марки в температурному інтервалі 1010–1020 °С, після чого охолоджують, або в воді, або на повітрі. Але найбільш висока корозійна стійкість набувається під час відпалу при температурі 1070 °С з наступним швидким охолодженням.

З метою зняття напруги в сталі AISI 316 L використовується метод нагрівання сплаву до температури 200–400 °С з наступним охолодженням його на повітрі. Кування проводиться при температурі 1150–1200 °С.

Аналогами сталі AISI 316L є такі марки як 04Х17Н13М2 і 03Х17Н14М3. Область застосування виробів з них досить широка завдяки винятковій стійкості до окислення і корозії, довговічність, пластичності і міцності.

Труби з нержавіючої сталі даної марки використовуються при прокладці як внутрішніх, так і зовнішніх трубопроводів різних інженерних комунікацій. Оптимально застосовувати подібні вироби з марки AISI 304 для створення систем подачі води, оскільки нержавіюча сталь не впливає на склад рідини, що транспортується по виготовленому з неї трубопроводу.

Зведений список стандартів, використаних при виконанні проекту наведений у таблиці 8.1

Таблиця 8.1 – Зведений список стандартів, використаних при виконанні проекту

Назва сировини, матеріалів, продукції,	Номер і назва стандартів, технічні умови
Вода питна	ДСТУ 7525:2014 Національний стандарт України. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості
Вода питна	Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання" (ДСанПІН)
Вода очищена	ДФУ
Чиста пара	ДФУ
Нержавіюча сталь 316 L	AISI

Найбільш жорсткі вимоги щодо якості містяться у міжнародних стандартах, які розробляються Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO) і використовуються для сертифікації виробів, що експортуються в інші країни і реалізуються на світовому ринку. Стандарти розроблені для впровадження і забезпечення функціонування ефективних систем управління якістю. Ці стандарти в Україні введені методом прямого впровадження і затверджені як національні: ДСТУ ISO 9000–2001 «Системи управління якістю. Основні положення та словник» описує основні положення системи управління якістю й визначає термінологію, ідентифікує поняття у сфері управління якістю. Настанови щодо поліпшення діяльності» містить рекомендації, що стосуються результативності й ефективності системи управління якістю з метою поліпшення діяльності організації й задоволення споживачів та інших зацікавлених сторін. Разом вони складають узгоджену серію стандартів на системи управління якістю, яка сприяє взаєморозумінню в національній і міжнародній торгівлі.

Для забезпечення конкурентоспроможності підприємства необхідно дотримуватись зазначених стандартів та норм, так як вони містять обов'язкові вимоги, котрі забезпечують безпеку продукції для життя, здоров'я та майна громадян, її сумісність і взаємозамінність, охорону.

9 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА

Метою даного дипломного проекту є отримання чистої пари на фармацевтичному підприємстві з використанням методів: іонного обміну, дистиляції, зворотнього осмосу, ультрафіолетового знезараження, ультрафільтрації.

Відходами виробництва чистої пари є наступні речовини [18]:

- відходи тверді первинного фільтрування, у т. ч. солі важких металів;
- шлам, що утворюється у процесі декарбонізації;
- вугілля активоване відпрацьоване;
- смоли іонообмінні сатуровані або відпрацьовані;
- соляні розчини (солі Ca, Mg);
- розчини, одержані внаслідок регенерування іонообмінних смол;
- шлам, що утворюється після регенерування іонообмінних смол;
- гаряча вода після теплообмінників;
- відпрацьована загрузка механічних фільтрів.

9.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються

В таблиці 9.1 наведена характеристика стічних вод, що утворюються в процесі очистки водопровідної води.

Таблиця 9.1 – Характеристика стічних вод, що утворюються

Періодичність Скидання	постійно	постійно	постійно	Періодично
Кількість стоків, $м^3$ / добу	30	20	10	-
Куди Скидається	каналізація	каналізація	каналізація	каналізація
Найменування стічної води	соляні розчини (солі Ca, Mg)	розчини, одержані від регенерування інообмінників	гаряча вода з теплообмінників	вода, що не відповідає стандартам (таблиця 2.2)

В таблиці 9.2 наведена характеристика твердих та рідких відходів, що утворюються в процесі очистки водопровідної води.

Таблиця 9.2 – Характеристика твердих та рідких відходів, що утворюються

Найменування відходу	Відпрацьовані олії насосного устаткування	Люминесцентні лампи денного світла	Лом металів	Виробниче сміття (загрузка фільтрів, шлам, відпрацьовані йонообмінні смоли)
Періодичність утворення	1 раз на рік	періодично	періодично	періодично
Куди скидається	Направляються на регенерацію масел	Направляються на переробку	Направляють-ся на переробку	Вивозится спеціалізованим автотранспортом підприємства на на полігон

Розрахуємо кількість відходів, що утворюються в перерахунку на суху речовину, виходячи із складу водопровідної води, який наведений в таблиці 2.2, порівнявши зі складом конденсату чистої пари (таблиця 2.5):

Витрату розрахуємо за формулою, г/добу:

$$M = 1000 \cdot C \cdot N \cdot T,$$

де С – мінералізація загальна кг/дм^3;

N – продуктивність, м^3/год.

Т – кількість годин в добі, год

Витрата мінерального залишку:

$$1000 \cdot 0{,}001 \cdot 17 \cdot 24 = 408$$

Витрата сульфатів:

$$1000 \cdot 0{,}00025 \cdot 17 \cdot 24 = 102.$$

Витрата хлоридів:

$$1000 \cdot 0{,}00025 \cdot 17 \cdot 24 = 102.$$

Витрата міді:

$$1000 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \cdot 18 \cdot 24 = 0{,}432.$$

Витрата марганцю:

$$1000 \cdot 1 \cdot 10^{-7} \cdot 17 \cdot 24 = 0{,}0408.$$

Витрата заліза:

$$1000 \cdot 3 \cdot 10^{-7} \cdot 17 \cdot 24 = 0{,}1224.$$

Витрата хлорфенолів:

$$1000 \cdot 3 \cdot 10^{-10} \cdot 17 \cdot 24 = 1{,}22 \cdot 10^{-4}.$$

9.2 Можливі варіанти екологізації виробництва

Важливим сучасним напрямком екологізації є утилізація, тобто повторне використання відходів. Найбільш важливий захід це регенерація первинних відходів, тобто залишення їх у циклі виробництва з метою додаткової переробки і вилучення невикористаних елементів або сполук.

Для даного підприємства можливими можуть буди наступні шляхи екологізації [19]:

Нейтралізація застосовується для обробки виробничих стічних вод, що містять луги і кислоти. Вона здійснюється з метою попередження корозії матеріалів мереж водовідводу і очисних споруд, порушення біохімічних процесів у біологічних окисниках і водоймах. В основному застосовуються такі засоби нейтралізації: взаємна нейтралізація кислих і лужних стоків; нейтралізація реагентами (розчини кислот, негашене вапно, кальцинована сода, аміак).

Регенерацію промивних вод катіонітових фільтрів іонообмінного зниження кальцієвої та магнієвої жорсткості води пропонується здійснювати содовим методом за періодичною технологією. З метою утилізації промивних вод від регенерації катіонообмінних фільтрів запропоновано наступну технологію.

Промивні води акумулюються в спеціальних накопичувачах із одночасним усередненням їх якісного складу. Після усереднення концентрацій забруднюючих речовин (солей кальцію, магнію) здійснюється хімічна реакція за рахунок додавання кальцинованої соди у розрахунковій кількості. У результаті утворюються пластівці малорозчинного карбонату кальцію, які в подальшому видаляються у відстійниках. Після цього розчин

хлориду натрію концентрується і використовується повторно для регенерації катіонітового фільтра. Крім того, уникаємо забруднення водних об'єктів засоленими промивними водами іонообмінних фільтрів за рахунок їх повторного використання у технологічному процесі.

9.3 Екологічний моніторинг

На знешкодження стічних вод та вивіз твердих відходів повинні бути оформлені відповідні документи (договір на вивіз твердих відходів, клас небезпеки, характер транспортування, а також акти, накладні, рахунки), які зберігаються на підприємстві не менше трьох років [20].

Відбір проб здійснюється з контрольних колодязів (КК), які споруджуються та обслуговуються підприємством. Місця відбору проб визначають, ґрунтуючись на схемі випусків до міської каналізації, згідно з генеральним планом підприємства в масштабі 1:500 і урахуванням особливостей виробництва [20].

Контрольні колодязі мають бути:

– завжди доступними для огляду і відбору проб, вільними від завалів;

– на кришці колодязя повинен бути нанесений його номер згідно генеральному плану.

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

Підприємства зобов'язані систематично (один раз у квартал) надавати Водоканалу інформацію про якісний склад стічних вод, які скидають до міської каналізації.

Підприємства, які скидають стічні води до міської каналізації, повинні забезпечити можливість проведення Водоканалом у будь-який час доби контролю за скидом стічних вод, включаючи надання необхідних відомостей та документів.

Періодичність відбору контрольних проб – не менш, ніж один раз у півроку.

Водоканал здійснює контроль за якістю стічних вод, що скидають підприємства згідно плану – графіка, затвердженого керівником Водоканалу.

Для визначення вмісту забруднень у своїх стічних водах підприємства можуть використовувати як дані лабораторії Водоканалу, так і результати вибіркового контролю, виконаного іншими лабораторіями, акредитованими у даній галузі акредитації.

При відборі проб на випусках стічних вод підприємство повинно забезпечити присутність свого представника.

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. Виявлені в цих пробах перевищення ДК забруднюючих речовин у стічних водах є підставою для нарахування плати за скид понаднормативних забруднень.

Відбір разових проб стічних вод підприємств виконується уповноваженими представниками Водоканалу, що фіксується у спеціальних актах, які підписують як представник Водоканалу, так і представник підприємства. При відмові підприємства виділити відповідальну особу для відбору проб, зволіканні з допуском представника Водоканалу на його територію (більш ніж 30 хвилин після його прибуття) або створенні перешкод у відборі проб і обстеженні мереж каналізації Водоканал виставляє підприємству рахунок за понаднормативний скид забруднень з коефіцієнтом кратності КК = 5.

Допустимі концентрації забруднюючих речовин у стічних водах, які скидаютъся до міської каналізації наведені в таблиці 9.3

Таблиця 9.3 – Допустимі концентрації забруднюючих речовин у стічних водах, які скидаютъся до міської каналізації [20]

№	Показники якості стічних вод	Одиниця виміру	Допустима концентрація
1	2	3	4
1	Завислі речовини	г/м^3	не більше 500
2	Біохімічне споживання кисню (БСК5)	г/м^3	350
3	Хімічне споживання кисню (ХСК)	г/м^3	500
4	Сухий залишок	г/м^3	1000
5	Сульфати	г/м^3	120
6	Хлориди	г/м^3	300
7	Амоній (азот амонійний, аміак)	г/м^3	30,0
8	Нітрити	г/м^3	3,3
9	Нітрати	г/м^3	45,0
10	Фосфати	г/м^3	10,0
11	Нафтопродукти	г/м^3	4,0
12	СПАР (аніонні, неіоногенні)	г/м^3	2,5
13	Феноли	г/м^3	0,1
14	Формальдегід	г/м^3	0,5
15	Ціаніди	г/м^3	0,5
16	Сульфіди	г/м^3	1,5
17	Алюміній	г/м^3	2,0
18	Ферум (загальний)	г/м^3	2,0
19	Кадмій	г/м^3	0,01
20	Манган	г/м^3	0,5
21	Мідь	г/м^3	0,5
22	Нікель	г/м^3	0,5
23	Свинець	г/м^3	0,5
24	Срібло	г/м^3	0,05
25	Цинк	г/м^3	1,0
26	Хром (6+)	г/м^3	0,1
27	Хром (загалъний)	г/м^3	2,5
28	Жири рослинні та тваринні	г/м^3	20
29	pH	одиниць pH	6,5 - 9,0
30	Температура	°С	не вище 40

9.4 Розрахунок екологічних платежів за скид стічних вод та зберігання твердих відходів

9.4.1 Порядок обчислення плати за скид стічних вод у міську каналізаційну мережу

Величина плати за скид стічних вод з понаднормативними забрудненнями розраховується Водоканалом за формулою, грн./добу [21]:

$$ПС = Т \cdot V_{ДОГ} + 5Т \cdot V_{ПДОГ} + V_{ПЗ} \cdot КК \cdot НП, \quad (9.1)$$

де Т – тариф, установлений за надання послуг водовідведення підприємствам, віднесеним до відповідної категорії споживачів, грн./м^3;

$V_{ДОГ}$ – обсяг скинутих підприємством стічних вод у межах, обумовлених договором або нормою (м^3);

$V_{ПДОГ}$ – обсяг скинутих підприємством стічних вод понад обсяги, обумовлені договором або нормою (м^3);

$V_{ПЗ}$ – обсяг скинутих підприємством стічних вод з понаднормативними забрудненнями (м^3);

КК – коефіцієнт кратності, який враховує рівень небезпеки скинутих забруднень для технологічних процесів очищення стічних вод на міських КОС та екологічного стану водойми;

НП – встановлений норматив плати за скид нормативних забруднень у міську каналізацію (грн./м^3).

Отже:

$$ПС = 4{,}82 \cdot 80 + 5 \cdot 4{,}82 \cdot 20 + 100 \cdot 2 \cdot 10{,}24 = 2915{,}6.$$

9.4.2 Порядок обчислення плати за розміщення твердих відходів

Суми податку, який справляється за розміщення відходів $П_{рв}$ обчислюється за формулою, грн./квартал [22]:

$$П_{рв} = \Sigma (\cdot М_{лі} \cdot К_т \cdot К_о), \quad (9.2)$$

де $Н_{пі}$ – ставки податку в поточному році за тонну і-того виду відходів у гривнях з копійками;

$М_{лі}$ – обсяг відходів і-того виду в тоннах (т);

$К_т$ – коригуючий коефіцієнт, який враховує розташування місця розміщення відходів;

$К_о$ – коригуючий коефіцієнт, що дорівнює 3 і застосовується у разі розміщення відходів на звалищах, які не забезпечують повного виключення забруднення атмосферного повітря або водних об'єктів.

Розрахуємо масу утвореного шламу за квартал, т:

$$М_{заг} = m \cdot К,$$

де m – маса шламу, який утворюється за добу;

К – кількість днів у кварталі.

$$0,650 \cdot 90 = 58,5.$$

Маса відходів іншого роду, а саме: спрацьованих іонообмінних смол та загрузка фільтрів, складає 980 кг на місяць:

$$0,980 \cdot 90 = 88,2.$$

Отже:

$$П_{рв} = 22,56 \cdot 58,5 \cdot 2 \cdot 3 + 8,79 \cdot 88,2 \cdot 2 \cdot 3 = 12570,23.$$

Процес отримання ЧП є маловідходним виробництвом, так як основною сировиною є вода водопровідна.

Отримані наступні дані:

- Податок за розміщення твердих відходів – 12570,23 грн./квартал;
- Величина плати за скид стічних вод – 2915,6 грн./добу.

Таким чином, безвідходна (маловідходна) технологія, яка дає мінімум об'єму твердих, рідких, газоподібних та теплових відходів та викидів (повна безвідходність нереальна, тому що тоді не працював би другий закон термодинаміки) тому частіше говоримо про такі технології, які дають теоретичний мінімум відходів на виробництві, які лише можливо досягти.

10 ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ

Метою даного розділу є об'ємно-планувальне рішення цеху підготовки води очищеної та отримання чистої пари, провести вибір основних конструкційних елементів для організації ефективного виробництва.

10.1 Компонування устаткування цеху.

Основною задачею компонування устаткування відділення є вірна організація проектованого технологічного процесу, яка вирішується або графічно (упорядкуванням планів і розрізів), або об’ємно – шляхом створення моделі (макетне проектування). Схема компонування є вихідною документацією для розробки проектів у будівельній, сантехнічній і електротехнічній частинах.

Виходячи з технологічної схеми, вибираємо одноповерхове приміщення. Будинок однопрольотний, ширина прольоту 24 метрів. Крок колони 6 метрів [23].

Устаткування розміщено в закритій будівлі, тому передбачено:

1. Площі для тимчасового зберігання контейнерів із сировиною, проміжними продуктами тощо.

2. Зручне обслуговування болтових з'єднань, фланців, люків, арматури, трубопроводів, частин апаратів, наявна ремонтна зона.

3. Можливість швидкої заміни апаратів із невеликим терміном служби, а також змінних деталей.

4. Площу для збереження тари й упакованих готових продуктів, демонтовані деталі апаратів (на час ремонту, виконуваного на місці).

5. Резервні площі (передбачаються для наступного збільшення потужності виробництва, оскільки не вигідно попередньо встановлювати резервні апарати, які на час пуску морально застарівають).

6. Підйомно-транспортні пристрої для монтажу, експлуатації демонтажу устаткування.

7. Проходи, що забезпечують безпечне обслуговування. Проходи у світлі (між найбільше виступаючими частинами устаткування) повинні бути не менше 1 м, по фронту обслуговування машин (насоси, компресори) – не менше 1,5 м; проходи для періодичного обслуговування – не менше 0,8 м (у тому числі від стіни).

8. Установку площадок, захищених огородженнями для зручності огляду, ремонту і монтажу устаткування.

Обладнання, що використовується в виробництві чистої пари та його габарити представлені в таблиці 10.1

Таблиця 10.1 – Обладнання, що використовується в виробництві чистої пари та його габарити

Назва	Кількість	Габарити, мм
Мембранний резервуар	2	D = 400 H =600
Механічний фільтр	1	D = 184 H =594
Захисний фільтр	1	D = 184 H =594
Фільтр повітряний	2	D = 160 H =475
Насоси	7	133 x 130
УФ-лампа (довжина, діаметр)	1	935 x 192
Пом’якшувач	2	1100 x 1650
Ємність з NaCl	1	650 x 600
Ємність HCl	1	650 x 600
Ємність NaOH	1	650 x 600
Ємність $NaHSO_4$	1	650 x 600
Ємність води пом’якшеної	1	800 x 1100
Станція ультрафільтрації	1	1450 x 405
Теплообмінник пластинчастий	2	960 x 395
Катриджний фільтр	1	D = 184 H =594
Установка зворотного осмосу	2	1300 x 200
Ємність води очищеної (діаметр, висота)	1	1300 x 2000
Ємність з душироючою голівкою	1	1450 x 1600
Парогенератор	1	1400 x 1800

Устаткування розміщається в закритому приміщенні, тому що неприпустимо коливання температури.

Конфігурація приміщення прямокутної форми, тому що це дозволяє просто й зручно організувати загальнозаводську територію, приймати прості проектні рішення й т.д. Поверховість визначається певними умовами роботи проектованого виробництва (горизонтальний технологічний процес).

Розрахунок ширини робочого проходу [23]:

$$l_{пр}=\alpha \cdot a \ ; \qquad (10.1)$$

$$a=(a1 + a2)/2 \ , \qquad (10.2)$$

де a1,a2 - зони обслуговування.

$$a=(1,1 + 1,1)/2=1,1 \text{ м};$$

$$l_{пр}=1,1 \cdot 1,5=1,65 \text{ м}.$$

Відстань між обладнанням та стіною (між двома одиницями обладнання) [23]:

$$l_{обс.} = a_{обсл.}+0,2=1,1+0,2=1,3 \text{ м}.$$

Відстань між обладнанням та стіною [23]:

$$L_{рем.}=a_{рем.}+0,2=1+0,2=1,2 \text{ м}.$$

Приймаємо ширину зон обслуговування апаратів та відстань до стін по 1,2 м.

10.2 Конструктивне рішення будівлі і її елементів

Будівництво одноповерхової будівлі викликано й обґрунтовано такими вихідними даними: в одноповерхових будівлях забезпечується зручний зв'язок із зовнішньою територією, немає сходів і підйомників, будівлі володіють простотою будівельної конструкції і можливістю установки важкого устаткування прямо на фундамент, а також можливість використовування природно організованої вентиляції – аерації і природного освітлення через бічні отвори. Для забезпечення приміщення цеху природним освітленням передбачено шість вікон шириною 3 м та висотою 1,8 м.

Основні конструктивні елементи цеху.

Фундамент – частина будинку або спорудження, яка знаходиться під землею, сприймає і передає навантаження від будинку або спорудження на основу, тобто на лежачу нижче товщу ґрунту. Для даного цеху вибираємо фундамент стаканного типу.

Фундаменти виконують зі монолітного залізобетону. Площина, якою фундамент спирається на ґрунт, називають підошвою; відстань від поверхні ґрунту до підошви фундаменту – глибиною закладення фундаменту.

За конструкцією використаний стовпчастий фундамент у вигляді стоячих окремо опор. Їх застосовують залізобетонні колони каркасу. Фундаменти складаються з підколінника і плити. Підколонник має спеціальне заглиблення – стакан, в який установлюють залізобетонну колону. У зазор між колоною і стінками стакана закладають бетон.

Колони – це вертикальні підтримуючі елементи каркасу будинків. Виконують колони з залізобетону. Залізобетонні колони даної одноповерхової промислової споруди виготовляють прямокутного перерізу. За розташуванням у будинку колони розрізняють як крайні (що розташовуються уздовж зовнішніх стін) і середні. При будівництві цеху використано чотири крайні залізобетонні колони довжиною 4200 мм та перерізом 100 х 100 мм та шість середніх аналогічних. Така висота колони є оптимальною, так як максимальна висота обладнання 2000 мм, таке планування забезпечує зручне транспортування, монтаж та ремонт устаткування.

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

Ферму виготовлено із залізобетону.

Використовуємо залізобетонну пряму ферму прольотом 24 м.

Несучі стіни сприймають усі навантаження, що виникають у будинку, і передають їх на фундамент. Виконані із цегли товщиною 380 мм.

Розділювальні перегородки виготовлені із панелей.

Підлоги промислових будинків складаються з основи, шар що підстеляє, і покриття. Основою для підлоги служать: ґрунти, на міжповерхових перекриттях – плити перекриття. Крім цих основних шарів, у конструкцію підлоги входить прошарок, гідроізоляція, теплоізоляція.

У промислових будівлях використовується переважно природне освітлення. Розміри вікон слід призначати відповідно ГОСТ 12506–81, висота вікон приймається кратною 1800 мм, ширина 3000 мм. Низ вікна розташовується на відстані 1,2 м від підлоги. Віконні рами роблять із дерева (для виробництв із нормальним температурно-вологістним режимом). Заповнення віконних прорізів подвійне, в зв'язку з перепадом температур зовнішнього і внутрішнього повітря. Світлові прорізи влаштовують у вигляді окремих вікон.

Розміри воріт і дверей та їх кількість для кожного приміщення визначають залежно від необхідної пропускної спроможності. Відповідно до призначення приміщення рекомендується виконувати двері з розмірами для внутрішніх дверей: ширина 1020 мм; висота 2100 мм;

При виборі розмірів воріт необхідно враховувати розміри рухомого транспорту та вантажу. Для будівлі, що проектується, рекомендовані уніфіковані розміри воріт ширина 3000 мм висота 3000 мм.

10.3 Генеральний план та його опис

Генеральний план підприємства спроектований із дотриманням вимог діючих СНіП, інструкцій з розробки схем генеральних планів, санітарних норм проектування промислових підприємств, ДСТ й інших нормативних документів, зокрема, СНіП II-89-80, СНіП II-92-76, СИ 245-71, СН 119-70, СНіП II-106-79, ДЕРЖСТАНДАРТ 9238-83.

Рішення генерального плану підприємства підготовки води очищеної та чистої пари забезпечує найбільш сприятливі умови для виробничого процесу і праці, раціональне використання земельної ділянки, найбільшу ефективність капітальних вкладень, раціональну організацію виробничих,

транспортних та інженерних зв'язків на підприємствах, між ними і житловою територією, захист оточуючих територій від забруднень тощо.

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

Передзаводську зону підприємства розміщено із боку основних під'їздів і підходів працівників до підприємства. У зоні влаштовано головний вхід на підприємство і головний передзаводський майдан з відкритими стоянками для автомобілів, розміром 7,5 ×12 м.

Виробничу зону розташовано у центральній частині майданчика підприємства, вона являє собою цех з параметрами 12,6 × 24 м. У межах зони розміщено адміністративну будівлю, яка має параметри 11,6×18 м, де зосереджені працівники виробництва. Адміністративна будівля збудована таким чином, що все необхідне для нормального функціонування лабораторії знаходиться в її межах.

Наявна зона для куріння - винесена за адміністративну будівлю, розміром 3×3 м.

Підсобну зону розташовано безпосередньо біля виробничої, до неї відносяться компресорна, а також дві невеликі підсобні кімнати безпосередньо в цеху – пультова та кімната валідації.

Складську зону на даному виробництві утворює склад з реактивами, запасними елементами обладнання, ємностями і т.д.. Склад з реактивами, необхідними для проведення аналізів, знаходиться в адміністративному приміщенні, де є лабораторія для проведення хімічного аналізу. Склад з реактивами та запасним обладнанням, необхідними для виконання робіт в цеху знаходиться в складських приміщеннях, що розташовані поряд, на генеральному плані позначені цифрами 7 та 5 відповідно. Склад з реактивами розміщено біля зовнішніх меж підприємства з огляду на ефективне використання транспорту для підвозу-вивозу сировини і готової продукції.

В цеху передбачаються кран-балки вантажопідйомністю 1 т, службовці для завантаження та переміщення обладнання або бочок всередині приміщення.

При проектуванні кожної зони, будівлі і споруди об’єднано в групи, родинні за призначенням, за ступенем шкідливості, їх пожежо- і вибухонебезпечності. Об’єкти розташовані таким чином, що найбільша кількість працівників не піддаватиметься впливу шкідливих речовин і у випадку аварії знаходиться поза небезпечною частиною території підприємства.

Для зменшення негативного впливу викидами промислового підприємства його розташовано із урахуванням переважного напрямку вітрів, що визначають по середній розі вітрів літнього періоду на основі багаторічних спостережень (100 років) метеорологічних станцій.

Розташування будівель і споруд на майданчику цеху спроектовано з урахуванням "рози вітрів", тобто усі виробничі будівлі, що спричиняють виробничі шкідливі фактори (склад з реактивами), розташовані з підвітряного боку по відношенню до інших будинків і житлового фонду.

Будівлі і споруди на території промислового підприємства розташовані компактно, відповідно до їхнього технологічного взаємозв'язку, характером шкідливих речовин, що виділяються і в залежності від пожежо- і вибухонебезпечності виробництв. Для обмеження поширення пожежі територією підприємства істотне значення має дотримання визначених відстаней між будівлями. При визначенні протипожежних відстаней за основу взято ступінь вогнестійкості будівель і категорія виробництва за вибуховою, вибухопожежною і пожежною небезпекою. Територію промислового підприємства упорядковано. Благоустрій території служить важливій меті зберігання й оздоровлення середовища, що оточує людину на виробництві, формуванню умов, що сприятливо впливають на психофізичний стан людини, збереження її здоров'я, поліпшення умов і підвищення продуктивності праці.

На території передбачено зелені насадження, природний ландшафт, кольорову гаму будівель, споруд, покриттів доріг і тротуарів, малі архітектурні форми, майданчики для відпочинку.

Площу озеленених ділянок визначено із розрахунком на те, щоб граничний розмір ділянок не перевищував 15% площі території підприємства. Основними елементами озеленення служать газон та місцеві види деревинно-чагарникових рослин.

Генеральний план включає в себе наступні приміщення, майданчики з обладнанням: КПП – 1; адміністративне приміщення – 2; лабораторія – 3; парковка – 4; склад з реактивами – 5; компресорна – 6; складське приміщення– 7; цех виробництва чистої пари – 8.

Запропоновано об’ємно-планувальні рішення цеху підготовки води очищеної та чистої пари. Зображено компонування устаткування цеху в одноповерховому приміщенні. Розраховано ширину робочих проходів між обладнанням, відстані від обладнання до стінок.

Запропоновано генеральний план, який включає передзаводську, виробничу, підсобну і складську зони.

11 ОХОРОНА ПРАЦІ

Як видно з технологічної частини проекту, на об'єкті використовуються шкідливі речовини і матеріали, а також електрична, теплова, механічна енергії, енергії хімічної реакції. Внутрішньоцеховий транспорт представлений промисловими трубопроводами, а також ручними візками для транспортування хімічних реактивів.

Всі проектні рішення прийняті з урахуванням вимог охорони праці.

У даному розділі, на основі аналізу шкідливих та небезпечних факторів виробництва, розроблені заходи щодо створення здорових та безпечних умов праці і пожежної безпеки виробництва.

11.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на об'єкті, що проектується.

11.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 роботи у цеху відносяться до категорії середньої важкості IIа та IIб. У таблиці 11.1 наведені прийняті проектом значення параметрів мікроклімату виробничих приміщень для двох періодів року.

Таблиця 11.1 – Санітарні норми мікроклімату в робочій зоні виробничих приміщень згідно ДСН 3.3.6.042-99 [24]

Період року	Категорія	Температура,°С			Відносна вологість повітря,%		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	Фактична		Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
			Нижня межа	Верхня межа				
Холодний	IIа	18-20	15-17	23-24	40-60	75	0,2	<0,3
	IIб	17-19	13-15	21-23	40-60	75	0,2	<0,4
Теплий	IIа	21-23	17-18	27-29	40-60	65	0,3	0,2–0.4
	IIб	20-22	16-17	27-29	40-60	70	0,3	0,2–0,5

Температура внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля), технологічного обладнання зовнішніх поверхонь технологічного устаткування, огороджуючих конструкцій не повинна виходити більш ніж на 2ºС за межі оптимальних величин температури повітря для даної категорії робіт.

Температура зовнішньої поверхні обладнання, з яким працюють в цеху під час виконання роботи в холодний період року:

$$T_{з.п} = 18 + 2 = 20\ °C.$$

В теплий період року:

$$T_{з.п} = 21 + 2 = 23\ °C.$$

Температура повітря в приміщенні є оптимальною і становить 18 ºС. Відповідають нормі також значення відносної вологості повітря та швидкості руху повітря в проектованому цеху. Отже мікроклімат приміщення відповідає санітарним нормам. Фактичні значення параметрів мікроклімату підтримуються за рахунок використання системи центрального водяного опалення. Коротка санітарна характеристика проектованого цеху приведена в таблиці 11.2.

Таблиця 11.2 – Коротка санітарна характеристика цеху водопідготовки

Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення	Група шкідливої речовини, характеристика шкідливої дії	ГДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони, мг/м3	Клас небезпечності шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ	Засоби долікарняної допомоги	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони
NaOH; витік, внаслідок необачності працівників	Їдка, корозійно активна речовина. При попаданні на шкіру, слизові оболонки, очі утворюються сильні хімічні опіки. П	0,5	2	Захисні окуляри ЗП 1-80, гумові рукавички, прорезинений хімічностійкий одяг	При потраплянні на шкіру – промити слабким розчином оцтової кислоти.	фотометричний
NaOCl; витік, внаслідок необачності працівників	Подразнення очей, шкіри, шлунково-кишкового тракту та дихальних шляхів, викликаэ кашель	5	3	Спецодяг респіратор АІР-317	Швидко промити уражені місця великою кількістю води протягом 15 хв	Безперервно-автоматичні методи, індикаторні методи хімічного аналізу
HCl; витік, внаслідок необачності працівників	Викликає кашель, задуху, подразнення слизових оболонок. При контакті зі шкірою викликає опіки.	5	2	Спецодяг типу К50 , захисні окуляри типу Г, протигази марки В (ЗІЗОД ФГП, ФГ-130)	Швидко промити уражені місця великою кількістю води протягом 15 хв	фотометричний
$NaHSO_3$ витік, внаслідок необачності працівників	Здатен викликати алергічну реакцію, задуху	10	4	гумові рукавички, прорезинений хімічностійкий одяг	Швидко промити уражені місця великою кількістю води протягом 15 хв	фотометричний

Згідно СНиП 2.04.05-91 в цеху передбачена приливно-витяжна вентиляція [25].

Приливно-витяжна вентиляція повинна проходити 8-ми кратний обмін повітря. Визначимо об'єм повітря, що відсмоктується [26]

$$W = K \cdot V_{прим}, \quad (11.1)$$

де К – кратність повітрообміну;

$V_{прим}$ – об'єм приміщення,

$$V_{прим} = 36 \cdot 18 \cdot 5 = 3240 \text{ м}^3;$$

$$W = 8 \cdot 3240 = 25920 \text{ м}^3/\text{год}.$$

При такому повітрообміну ми приймаємо вентилятор типу В-Ц4-76 з клиноремінною передачею. Номер вентилятора 8, тиск 139 мм вод. ст., частота обертів 1014 об/хв., потужність 13400 - 35000 $м^3$/год; електродвигун типу 4А180S4, потужність 22 кВт.

Приймаємо 3 таких вентилятори, один на приливну, другий на витяжну і третій на резервну вентиляцію.

11.1.2Виробниче освітлення

У приміщенні цеху передбачено використання природного, штучного та суміщеного освітлення. Передбачено комбіноване штучне освітлення.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 за зоровими умовами роботи в цеху відносяться до розряду IVа – середньої точності [27]. У таблиці 11.3 наведено санітарно-гігієнічні норми параметрів освітлення.

Таблиця 11.3 – Норми штучного та природного освітлення виробничого приміщення [27]

Характер зорових робіт	Розряд і підрозряд зорової роботи	Освітленість, лк		Значення КПО, %	
		Штучне освітлення		Природне освітлення	Суміщене освітлення
		Комбіноване	Загальне		
середньої точності	IVа	500	200	1,5	0,9

Проектом передбачені наступні системи освітлення за функціональним призначенням: робоча, аварійна, охоронна. Нижче приведений розрахунок

системи загального електричного освітлення цеху методом коефіцієнта використання світлового потоку.

Розрахунок потоку, необхідного для забезпечення заданої освітленості горизонтальної поверхні при загальному рівномірному освітленні з урахуванням світла, що відбивається стінами та стелею проводиться за формулою (для люмінесцентних ламп) [26]:

$$F = E \cdot S \cdot z \cdot k / n \cdot u \cdot m, \quad (11.2)$$

де F – світловий потік однієї лампи, лм;

E – нормована освітлюваність, E = 500 лк;

S – площа приміщення, S = 1836 м^2;

z – поправочний коефіцієнт світильника, z = 1,25;

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

n – кількість світильників, n = 120;

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

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

Таким чином, необхідний світловий потік однієї лампи:

$$F = 500 \cdot 1836 \cdot 1,25 \cdot 1,1 / 120 \cdot 0,6 \cdot 2 = 8765 \text{ лм}.$$

Вибір стандартної лампи та визначення її потужності проводиться згідно ГОСТ 6825-74.

Відповідно до розрахованого світлового потоку (F = 8765 лм), необхідного для забезпечення заданої освітленості, обираємо тим лампи ЛД потужністю 65 Вт і визначимо електричну потужність всієї освітлювальної системи:

$$W = P \cdot n \cdot m, \quad (11.3)$$

де W – потужність освітлювальної системи, Вт;

P – потужність однієї лампи, P = 65 Вт.

$$W = 65 \cdot 120 \cdot 2 = 15600 \text{ Вт}.$$

Освітленість контролюється за допомогою люксметру Ю-116 1 раз на рік після ремонту освітлювальної установки.

При відключенні робочого освітлення передбачена система аварійного освітлення. Світильники аварійного освітлення приєднуються до мережі робочого освітлення з автоматичним перемиканням на незалежне живлення.

Контроль освітленості здійснюється люксметром Ю – 116 не менше 1 разу в рік, а також після ремонту приміщень.

11.1.3 Виробничий шум та вібрація

Джерелом шуму та вібрацій на об'єкті, що проектується, є насоси-дозатори, генератори постійного струму. Допустимий рівень звуку згідно ДСН 3.3.6-037-99 – 80 дБА на постійних робочих місцях [28].

Причиною порушення вібрації є виникаючі при роботі апаратів неврівноважені впливи. Причиною вібрації є зворотно-поступальна система. Основні параметри вібрації: амплітуда, коливальне прискорення, період, частота. Припустимий рівень вібрації в приміщеннях по ДСН 3.3.6.039-99 у цеху наведений в таблиці 11.4

Таблиця 11.4 – Рекомендації до рівня вібрації на робочих місцях цеху водопідготовки (загальна технологічна вібрація категорія «3» тип «А» по віброшвидкості ГОСТ 12.1.012-90) [26]

Середньо-геометрич-ні частоти полос, Гц	Допустимий рівень вібрації, дБ, категорії «3» типу «А» в середньогеометричних частотах, Гц						Скоректований рівень викидів, дБ
	2	4	8	16	31	63	
	108	99	93	92	92	92	92

Примітка: 1 При перевищенні рівня вібрації на робочому місці від 1 до 12 дБ в будь-якій полосі частот розроблюється режим праці працюючих як для працівників вібронебезпечних професій згідно «Методичних вказівок МЗ № 4013-85».2 Експлуатація обладнання при рівні вібрації, що перевищує нормативний більше 12 дБ забороняється.

Для максимального зменшення шумового фону електродвигуни мішалок реакторів монтуються із шумоізоляційного матеріалу та накриваються звукоізолюючими кожухами, застосовані деталі із матеріалів з високим коефіцієнтом внутрішнього тертя (пластмаса, гума), підшипники

ковзання. Для зменшення вібрації кожуха та огороджуючих деталей, які виконані із стальних листів, на них нанесені шар резини, бітуму.

На проектованому підприємстві будуть використані звукопоголинаючі матеріали, такі як мінераловатні акустичні плити, пористий полівінілхлорид та пориста штукатурка.

Також передбачені індивідуальні засоби захисту та раціональні режими праці та відпочинку.

Звукоізолюючі кожухи, екрани, обшивка стін, виготовлено із щільних твердих матеріалів. Насоси встановлені в насосних камерах, виготовлені зі стальних листів (1-3мм), які з боку джерела шуму обов'язково вкриті капроновим волокном, паралоном чи мінеральною ватою. При установці кожуха на підлозі використано резинову прокладку.

11.1.4 Електробезпека

Проектом прийнято живлення електрообладнання від трьохфазної чотирьхпровідної мережі змінного струму промислової частоти з глухозаземленою нейтраллю напруги 380/220 В [26].

Основними причинами ураження електричним струмом є:

- дотик до відкритих струмоведучих частин під час роботи;
- поява напруги на металевих частинах електрообладнання у результаті пошкодження ізоляції струмоведучих частин;
- замикання між відключеними та струмоведучими частинами, що знаходяться під напругою;
- виникнення крокової напруги.

Електричне устаткування має ізолюючі кожухи. Основним захистом від ураження струмом є ізоляція проводів, справність ізоляції безперервно контролюється пристроєм УАКИ. При живленні електроустаткування трьохфазною мережею з глухозаземленою нейтраллю напруги до 1000 В, як ефективний колективний захист від ураження електричним струмом, передбачено занулення корпусів електричного обладнання [28]. При

однофазному дотику людини до неізольованих струмопровідних частин електрообладнання через людину протікає струм, мА:

$$I_л = (U_ф \cdot 10^3) / (R_л + R_0); \quad (11.4)$$

$$U_д = I_л \cdot R_л, \quad (11.5)$$

де $R_л$ = (2-4) опір тіла людини, кОм;

R_0 = 4 опір заземлення нейтралі джерела струму, Ом;

$I_л$ – електричний струм, який проходить через людину, мА;

$U_ф$ – фазна напруга, 220 В.

Згідно з ГОСТ 12.1.038-82 гранично допустимі значення становлять: $I_л$ = 6 мА і $U_д$ = 36 В змінного струму в аварійному режимі при $\tau > 1$ с та $I_л$ = = 0,3 мА і $U_д$ = 2 В при нормальному режимі при $\tau \leq 10$ хв/добу. $R_л$ = = 2000 Ом. Тоді згідно з рівняннями:

$$I_л = (220 \cdot 10^3) / (2000 + 4) = 109{,}79;$$

$$U_д = 109{,}79 \cdot 2 = 219{,}58.$$

Порівнюючи розрахункове значення $I_л$ і $U_{дот}$ з нормативними, бачимо, що при порушенні вимог ПБЕ в цеху можуть бути електричні травми з важкими наслідками.

Для захисту працюючих на проектованому підприємстві передбачаються наступні міри:

- використання занулення, захисне відключення електроустановок, при виникненні небезпеки ураження електричним струмом, вирівнювання потенціалу;
- застосування з'єднувальних провідників зі справною ізоляцією;
- проектом передбачені огороджувальні пристрої, суцільні огорожі для електроустановок;
- допуск до роботи по видаленню несправностей лише людей, які пройшли спеціальну підготовку;
- проектом передбачена попереджувальна сигналізація та попереджувальні знаки встановлені в місцях наближених до місць, які знаходяться під напругою.

Для забезпечення електробезпеки використовуються окремо чи у поєднанні один з одним такі заходи: електроізоляція струмоведучих частин; електрозахисті засоби: діелектричні коври, діелектричні рукавиці, діелектричне взуття, ізолювальні підставки, плакати та знаки безпеки; захисне відключення електроустановок при виникненні в них небезпеки ураження струмом. Вимірювання опору заземлюючих пристроїв проводиться щорічно. Опір ізоляції перевіряється один раз в 3 роки [28]. Безпека технологічного процесу і обслуговування обладнання

При очищенні водопровідної води з метою отримання ЧП найбільш небезпечними є процеси фільтрування під тиском, а також процес знезараження води, корекції pH, випаровування.

Основними причинами створення аварійних ситуацій можуть бути:

- зміна співвідношення реагентів;
- потрапляння до апарату сторонніх речовин;
- зміна співвідношення вихідних речовин;
- порушення режиму подання стічної води;
- механічне пошкодження реакційної апаратури, через недбале її використання, може призвести до вибуху всієї системи;
- відмова сигналізації на вакуумному клапані, може призвести до потрапляння вогне-, вибухонебезпечних та інших отруйних речовин до вакуумної системи;
- пошкодження насосів (в результаті кавітації, гідравлічного удару);
- відмова засобів автоматизації може привести до зміни співвідношення компонентів, або швидкості додавання одного з компонентів, що веде до зростання температури.
- відмова технологічного обладнання може призвести до зупинки перемішування мішалки;

11.2 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання

Згідно дипломного проекту оптимізація охорони праці, досягається методами і засобами інженерної охорони праці.

Небезпечними є вантажник, що переміщує матеріали роклою і може травмувати працівників. Аварійний стан може виникнути у випадку відмови автоматики. Існує небезпека отримання хімічних опіків в наслідок розливу реактивів, а також отримати термічні опіки водою в разі порушення цілісності відповідного обладнання

Для забезпечення безпеки процесу передбачені наступні заходи:

- комплексна механізація і автоматизація виробництва;
- термоізоляція обладнання (реактори передбачено застосовувати з рубашками),
- герметизація обладнання;
- своєчасне видалення відходів виробництва, які є можуть бути джерелом потенційно небезпечних виробничих факторів;
- захисні огородження на обладнанні.

Безпека виробничого обладнання забезпечується:

- заміна шкідливих та пожежонебезпечних речовин на більш безпечні;
- використанням засобів механізації, автоматизації та дистанційного керування;
- включення вимог безпеки у технічну документацію з монтажу, експлуатації, ремонту і зберігання обладнання.

11.3 Пожежна безпека

На території цеху не повинні знаходитися горючі матеріали та предмети.

Вогневі роботи повинні виконуватися по наряду-допуску та спеціальному дозволу на проведення вогневих робіт.

Персонал, обслуговуючий цех, повинен знати розташування засобів протипожежного захисту, пожежного інвентарю (ящик із піском, вогнегасники, пожежні крани, гідранти, ящики з протигазами), слідкувати за їх справністю та вміти ними користуватися.

У випадку пожежі або виявленні місць загорання на дільниці цеху відповідні вентиляційні установки повинні бути негайно відключені. При виникненні осередку пожежі [28] :

* негайно повідомити про те, що трапилося, чергового інженера.
* видалити в безпечне місце всі вогне- та вибухонебезпечні речовини;
* приступити до гасіння пожежі або загорання наявними засобами пожежогасіння під керівництвом начальник зміни, начальник цеху або його заступника до прибуття пожежної команди.

Електрообладнання може спалахнути в результаті наступних причин: перевантаження та нагрів електрообладнання, іскра від пошкодження електропроводки, електрозамикання.

Для гасіння пожежі передбачена стаціонарна система пожежогасіння багатократною повітряно-механічною піною, водогінна мережа, змонтована у вигляді стояків. Будівля захищена від прямого удару блискавки блискавковідводом стрижневого типу. Безпечність експлуатації електрообладнання досягається системою організаційних та технічних заходів і засобів. До них відносяться: електрична ізоляція, недоступність струмоведучих частин, занулення. Для гасіння пожежі, на робочих місцях прийняті протипожежні щити з набором засобів пожежогасіння, вогнегасники ВВ-2, ВВ-5, ВВ-8, пінні вогнегасники, ящики з піском.

Встановлюється охоронно-пожежна сигналізація автоматичного типа ПТІМ на висоті 6-10 метрів від рівня підлоги.

У коридорах на шляхах евакуації персоналу передбачені протидимові та протипожежні перегородки.

Існуюча довжина евакуаційних шляхів та ширина дверей відповідає ДБН-В 2.5.28 2006 “Протипожежні норми”.

В таблиці 11.5 наведені показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів.

Таблиця 11.5 – Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин

Назва ділянки, установки	Речовини, що обертаються у виробництві	Агрег. стан реч. при нормальних умовах	Горючість, займистість, вибухонебезпечність	Показники пожежо- і вибухонебезпечності			Вибухо-небезпечні суміші з повітрям		Засоби пожежогасіння	Категорія приміщення по ОНТП 24-86	Клас приміщення /зона/ і зовнішніх установок згідно з ПБЕ	Категорія об’єкту і тип зони захисту від блискавки згідно з СН 305-77
				Температура спалаху, ˚С	Температура займання, ˚С	Температура самозаймання ˚С	Категорія	Група				
Приміщення цеху	Машинне масло	рідина	горючий	200	160	380	IIб	-	Вода, вогнегасники вуглекис-лотні ВВ-5, пінні	Г	-	IIIа
	Дерево	Т	Легкогор.	-	190-230	270-280	IIа	Т3	Вода, піна	Б	II-II	
	Гетинакс	Т	Вважкозайм.	120	285	480	IIа	Т1	Вода, піна	В	II-II	

Для забезпечення пожежної безпеки проектом передбачена система автоматичної пожежної сигналізації, зв’язку та оповіщення, система загального об’ємного газового автоматичного пожежогасіння, а також первинні засоби пожежогасіння.

11.4 Аналіз небезпеки об’єкта

Об’єкт відноситься до Б класу небезпеки згідно з вимогами Положення плану локалізації та ліквідації аварійних ситуацій (ПЛАС). За класом приміщень із вибухонебезпеки будівля не відноситься до вибухо- чи пожежонебезпечної. Однак при виникненні пожежі в результаті можливе руйнуватися обладнання та поширення на інші об’єкти. Для забезпечення пожежної безпеки підприємство обладнане вогнегасниками, пожежними рукавами та іншим протипожежним обладнанням

Для ліквідації пожежі необхідно діяти згідно інструкціям пожежної безпеки та виконувати наступні дії. В першу чергу необхідно сповістити пожежну охорону про пожежу або диспетчера підприємства. Окликом сповістити усіх оточуючих. З зони займання необхідно вивести робітників, що не беруть участі у ліквідації пожежі. Співробітники, які беруть участь у ліквідації діють згідно інструкції, згідно якої вони виконують конкретні дії.

За командою керівництва необхідно зупинити виробництво і знеструмити електрообладнання, тільки після цього можна розпочати гасіння пожежі. Тут також необхідне чітке виконання усіх правил і застережень, щоб уникнути ще більшого матеріального збитку, псування власності підприємства та завдання шкоди здоров’ю тих хто приймає участь у ліквідації пожежі. Після прибуття пожежної бригади всі робітники підприємства повинні залишити небезпечну зону.

Прогнозування та оцінювання хімічної остановки.

Прогнозування та оцінювання хімічної обстановки здійснюється з використанням таблиць і розрахунків.

Визначення глибини хімічного забруднення пропонується табличним методом, з використанням поправочних коефіцієнтів:

$$\Gamma_{\text{пош}} = \frac{\Gamma_{\text{т}} K_{\text{в}}}{K_{\text{сх}}} \times \Gamma_{\text{зм}},$$

де $\Gamma_{\text{т}}$ – табличне значення глибини зони;

$K_{\text{в}}$ – поправковий коефіцієнт на вітер;

$K_{сх}$ – коефіцієнт, що враховує тип сховища і характеризує зменшення глибини поширення хмари, для необвалованого бака $K_{сх} = 1$;

$\Gamma_{зм}$ – величина, на яку зменшується глибина поширення хмари неорганічної хімічної речовини на закритій місцевості визначається за формулою, км:

$$\Gamma_{зм} = L \cdot \frac{L}{K_{зм}},$$

де L – довжина закритої місцевості на осі сліду хмари НХР, км;

$K_{зм}$ – коефіцієнт зменшення глибини поширення хмари НХР для кожного 1 км довжини закритої місцевості.

$$\Gamma_{зм} = 0,024 – 0,024/3,5=0,017;$$

Розрахункова глибина зони поширення, км:

$$\Gamma_{пош} = 1,31 \cdot 1/1-0,017=1,29$$

Значення порівнюють з можливою граничною глибиною перенесення повітряних мас $\Gamma_{п}$, км.

$$\Gamma_{п} = 4W,$$

де W – швидкість перенесення повітряних мас. Найменшу із порівняних величин беруть за фактичну глибину прогнозованої зони хімічного зараження, тобто $\Gamma_{ПЗХЗ} = \min\{ \Gamma_{п}; \Gamma_{пош}\}$.

$$\Gamma_{п} = 4 \cdot 5=20.$$

Отже фактична глибина зони хімічного зараження $\Gamma_{ПЗХЗ} = 1,29$ км.

Визначення ширини прогнозованої зони хімічного зараження.

Залежно від СВСП ширину прогнозованої зони хімічного зараження розраховують за формулою, км:

$$Ш_{ПЗХЗ} = 0,2\ \Gamma_{ПЗХЗ};$$

$$Ш_{ПЗХЗ} = 0,2 \cdot 1,29 = 0,258.$$

Площа ЗХЗ дорівнює, км^2:

$$S=0,5 \cdot Ш_{ПЗХЗ} \cdot \Gamma_{ПЗХЗ};$$

$$S=0,5 \cdot 1,29 \cdot 0,258 = 0,166.$$

Висновки**:** Оскільки глибина зони зараження (1,29 км) більша за відстань до центру зараження, то цех потрапить до зони ураження.

1. Час підходу хмари зараженого повітря до цеху

Час підходу хмари зараженого повітря до відповідного об'єкта залежить від відстані (R) між об'єктом та місцем аварії, а також від швидкості переміщення (W) хмари.

$$T = R/W = 800/1 = 800с = 13,3 \text{ хв}$$

Висновки: Через 13,3 хв після аварії хмара дійде до цеху. За цей час потрібно оповістити персонал та провести евакуацію.

3.Визначити тривалість зараження цеху

Тривалість зараження цеху, або час ураження ($t_{ур}$) НХР, визначається тривалістю випаровування ($t_{вип}$) розлитої НХР:

$$t_{ур} = t_{вип} \cdot \frac{hd}{K_1 K_2 K_3},$$

де h – товщина шару розлитої НХР, м. Якщо баки необвалювані – буде «вільний» розлив $h = 0,05$ м.

d – густина НХР.

K_1 , K_2 , K_3 – коефіцієнти, що враховують тип НХР, температуру повітря, швидкість вітру.

Влітку:

$$t_{ур} = 0,05 \cdot 1,19/(0,021 \cdot 1 \cdot 1,17) = 2,42 \text{ год.}$$

Взимку:

$$t_{ур} = 0,05 \cdot 1,19/(0,021 \cdot 0,3 \cdot 1,17) = 8,07 \text{ год.}$$

Територія заводу влітку буде заражена протягом 2,42 год. і взимку протягом 8,07 год.. Перебувати в цей час на території без протигазу заборонено.

12 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

При виборі економічного району будівництва проектованого підприємства необхідно врахувати потребу даного району в виробленій продукції. Тому нове будівництво розташовано на території фармацевтичного підприємства ПАТ «Фармак» в м. Київ, яке і буде основним споживачем. Місце розташування на карті м. Київ зображено на рисунку 12.1

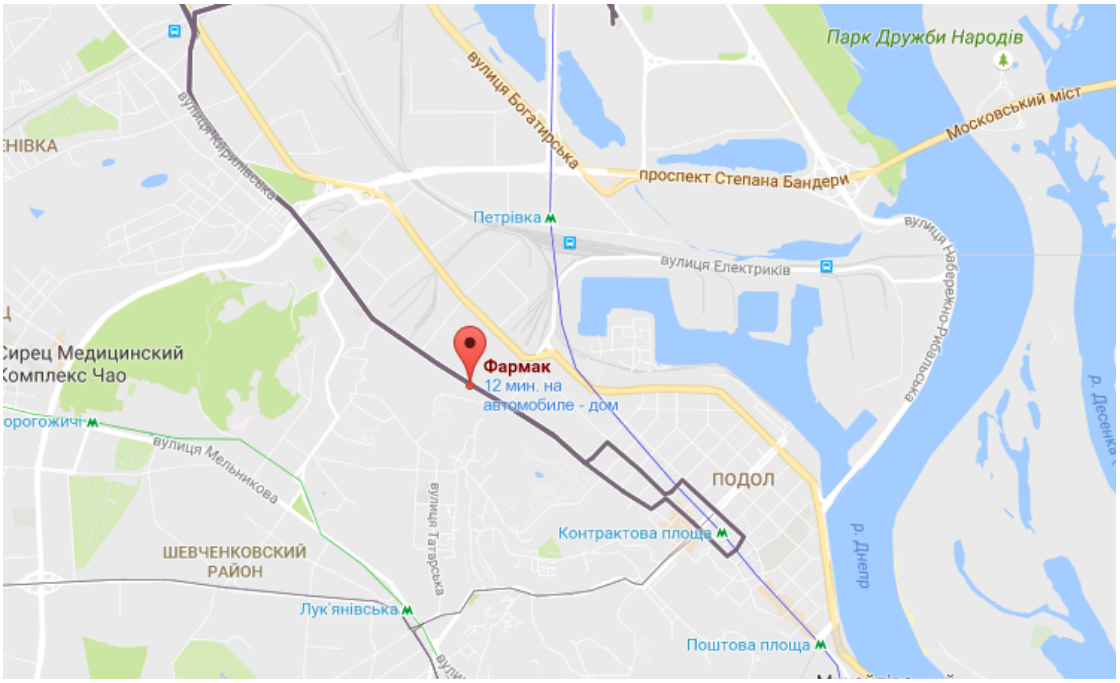


Рисунок 12.1 – Місце розташування на карті м. Київ

Хороша транспортна розв'язка забезпечить вчасне постачання сировини та матеріалів. Місце розташування дозволить персоналу з комфортом та за короткий час добиратись до місця роботи, так як поряд є дві станції метро, а також регулярно ходять трамваї та маршрутні транспортні засоби.

12.1 Класифікація виробничих процесів підприємства

1. Купівля засобів і реактивів для підготовки води.
2. Прийом водопровідної води.
3. Фільтрація води.
4. Ультрафіолетове знезараження.
5. Пом'якшення води.

6. Ультрафільтрація.
7. Двоступенева зворотно-осмотична очистка.
8. Дегазація води очищеної.
9. Генерація чистої пари.
10. SIP-стерилізація обладнання (баки, ємності для приготування вихідних сумішей, трубопровідні системи, завантажувальні фільтри).
11. Заміна відпрацьованих елементів установки (реактиви, фільтри).
12. Контроль якості продукції

Класифікація виробничих процесів підприємства на основні, допоміжні, підсобні наведена в таблиці 12.1.

Таблиця 12.1 – Класифікація виробничих процесів підприємства на основні, допоміжні, і підсобні

Основні	1. Прийом водопровідної води 2. Фільтрація води. 3. Ультрафіолетове знезараження. 4. Пом'якшення води. 5. Ультрафільтрація. 6. Двоступенева зворотно-осмотична очистка. 7. Дегазація води очищеної 8. Контроль якості
Допоміжні	1.Придбання засобів і реактивів для підготовки води 2. SIP-стерилізація обладнання (баки, ємності для приготування вихідних). сумішей, трубопровідні системи, завантажувальні фільтри
Підсобні	1.Заміна відпрацьованих елементів установки

Для відображення на графіку руху предметів праці візьмемо всі операції, кожна з яких виконується за певний проміжок часу. Тривалість операцій виробничого процесу наведена в таблиці 12.2

Таблиця 12.2 – Тривалість операцій виробничого процесу

№	Операція	Час виконання, хв.
1	Прийом водопровідної води	5
2	Фільтрація води	10
3	УФ знезараження.	15
4	Помякшення води	30
5	Ультрафільтрація	20
6	Зворотнийосмос	30
7	Дегазація води очищеної	10
8	Генерація чистої пари	20
9	SIP-стерилізація обладнання	50

12.2 Розрахунок ефективного фонду робочого часу підприємства

Режим роботи підприємства безперервний, тому тривалість виробничого циклу становитиме, год./рік:

$$T_{вц} = 365 \cdot 24 = 8760. \quad (12.1)$$

Система технічного обслуговування та ремонту обладнання (ТОРО) включає у себе: капітальні, середні та поточні ремонти, поточний догляд і нагляд.

Приймаємо тривалість простою обладнання під час ремонтів:

Капітальний – 240 годин.

Середній – 24 годин;

Поточний – 5 годин.

Час роботи між капітальними ремонтами – 8760 годин;

Час роботи між середніми ремонтами – 1800 годин;

Час роботи між поточними ремонтами – 360 годин.

Таблиця 12.3 – Розрахунок та побудова графіка планово-попереджувальних ремонтів

Показник	Норма робочого часу
1.Календарний фонд робочого часу підприємства, доба	365
2.Тривалість робочого дня підприємства, год	24
3.Календарний фонд робочого часу підприємства, год	8760
4.Години простою у планово-попереджувальних ремонтах протягом року, рік	$T_{пр} = 431$
5.Річний фонд робочого часу підприємства,рік	$T_{еф} = 8329$

Розраховуємо кількість ремонтів кожного виду:

Кількість капітальних ремонтів:

$$a_к = (365 \cdot 24) / 8760 = 1. \quad (12.2)$$

Кількість середніх ремонтів:

$$a_с = 365 \cdot 24 / 1800 – 1 = 4. \quad (12.3)$$

Кількість поточних ремонтів:

$$a_п = 365 \cdot 24 / 360 – 1 – 4 = 19. \quad (12.4)$$

Час простою обладнання у всіх видах ремонтів:

$$T_{пр} = 1 \cdot 240 + 4 \cdot 24 + 19 \cdot 5 = 431 \text{ год.}$$

Ефективний фонд часу роботи обладнання:

$$T_{еф} = 8760 – 431 = 8329 \text{ год.}$$

В таблиці 8.4 наведений графік ТОРО технологічного обладнання на рік

Таблиця 12.4 Графік планово-попереджувальних ремонтів технологічного обладнання на рік [29]

Обладнання	Вид ремонту			Кількість ремонтів протягом календарного року за видами ремонтів												Тривалість простою в ремонтах, Тпр, год./рік	Ефективний фонд робочого часу обладнання, Теф, год./рік
	К	С	П	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Апарати, насоси, баки, т/о	240	24	5	П	С	П	П	П	П	К	П	П	С	П	С	431	8329
				П	П	П	С	П	П	П	П	П	П	П	П		

Графік, що показує оптимальний вид руху предметів праці, зображений на рисунку 12.1

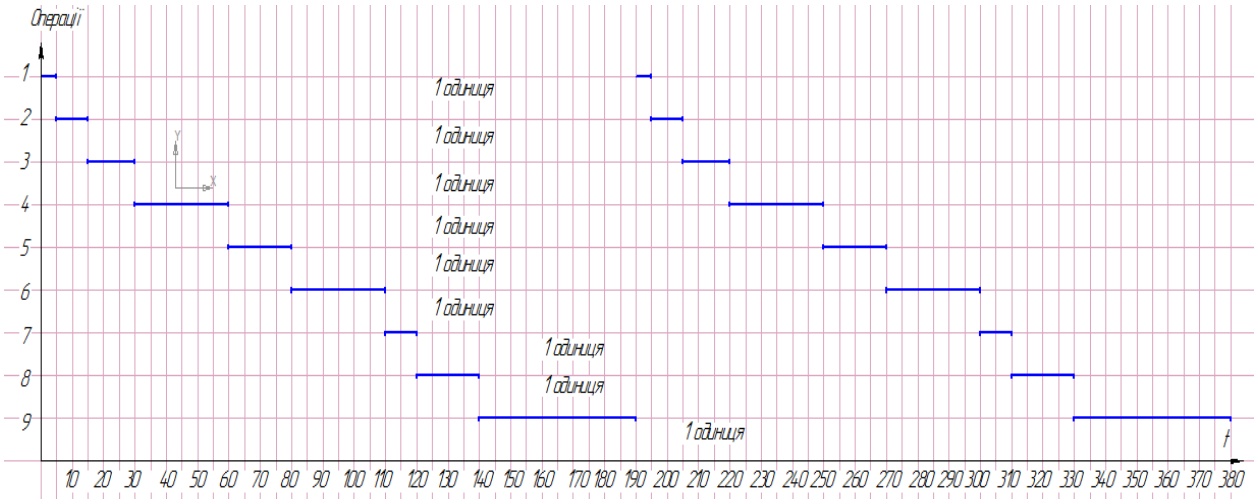


Рисунок 12.1 – Послідовний вид руху предметів праці.

При послідовному виді руху предметів праці випуск продукції буде найменший, але цілком забезпечує повноцінну діяльність підприємства, не завдаючи збитків.

Ефективний фонд часу роботи обладнання – $T_{еф}$ = 8329 год.

Сумарний час усіх операцій:

$$\sum t = 190 \text{ хв.} = 3{,}6 \text{ год.}$$

Так як випуск продукції складає 9 м^3/год., то розрахуємо річний випуск:

$$В = 9 \cdot 8329 = 74961 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Таким чином, такий вид руху предметів праці є оптимальним, так як термін придатності води очищеної надто короткий, надмірний випуск продукції завдасть збитків, у випадку поломки обладнання може бути відремонтоване або замінене аналогічним впродовж короткого терміну часу.

Підприємство працює 7 днів на тиждень у три зміни, тривалість зміни 8 годин. У році 52 тижні. Кількість днів у році 365. Підприємство працює безперервно. Середньорічна тривалість роботи виробництва [29]:

$$T_{вц}^{ср.р.} = \frac{D_K \cdot 24}{T_p \cdot D_p} \cdot T_{вц}^{ф}; \qquad (12.6)$$

$$T_{вц}^{ср.р.} = \frac{365 \cdot 24 \cdot 365}{24 \cdot 365} \cdot 365,$$

де 24 – кількість годин на добу;

D_K – кількість календарних днів у році;

T_p, D_p – тривалість роботи підприємства протягом доби і кількість робочих днів протягом року;

$T_{вц}^{ф}$ – фактична тривалість.

12.3 Контроль якості

Технічний контроль – сукупність методів, заходів та засобів, які забезпечують відповідність якості продукції яка випускається вимогам стандартів і нормативів. Об'єктом технологічного контролю є технологічний процес. Контроль поділяють на вхідний, заключний, проміжний. Всі види контролю якості проводить апаратник знесолення води.

Вхідний контроль включає в себе проби водопровідної води, яка надходять на виробництво. Для одержання води очищеної, а з неї чистої пари, використовується вода питна відповідно до державних санітарних правил і норм «Вода питна». Вода має відповідати гігієнічним вимоги до

якості води централізованого господарсько-питного водопостачання , затверджених наказом МОЗ України 23.12.1996 №383. Вода питна, що проходить обробку, перевіряється на такі показники: pH, мікробіологічна контамінація, окиснювальні речовини. Апаратник знесолення води перед початком роботи списує показання з інформаційного табло і фіксує їх в базі даних на ПК, вимірювання проводять безпосередньо без відбирання проби.

Проміжний контроль здійснюється по закінченні кожної операції очищення.

Заключний: проводиться при отриманні кожної нової партії конденсату чистої пари, аналізуються його хімічні властивості та деякі інші параметри [4.1]. Результати записуються до бази даних ПК апаратником знесолення.

При невідповідності води відповідним нормативам, її відправляють на повторну операцію або зливають в каналізацію.

Контроль якості води є неруйнівним, оскільки для проведення аналізу на якість води, кількість відібраної води є незначною, порівняно з загальним обсягом води і цією величиною можна знехтувати.

12.4 Організаційна структура підприємства

Схема організаційної структури підприємства наведена на рисунку 12.2.

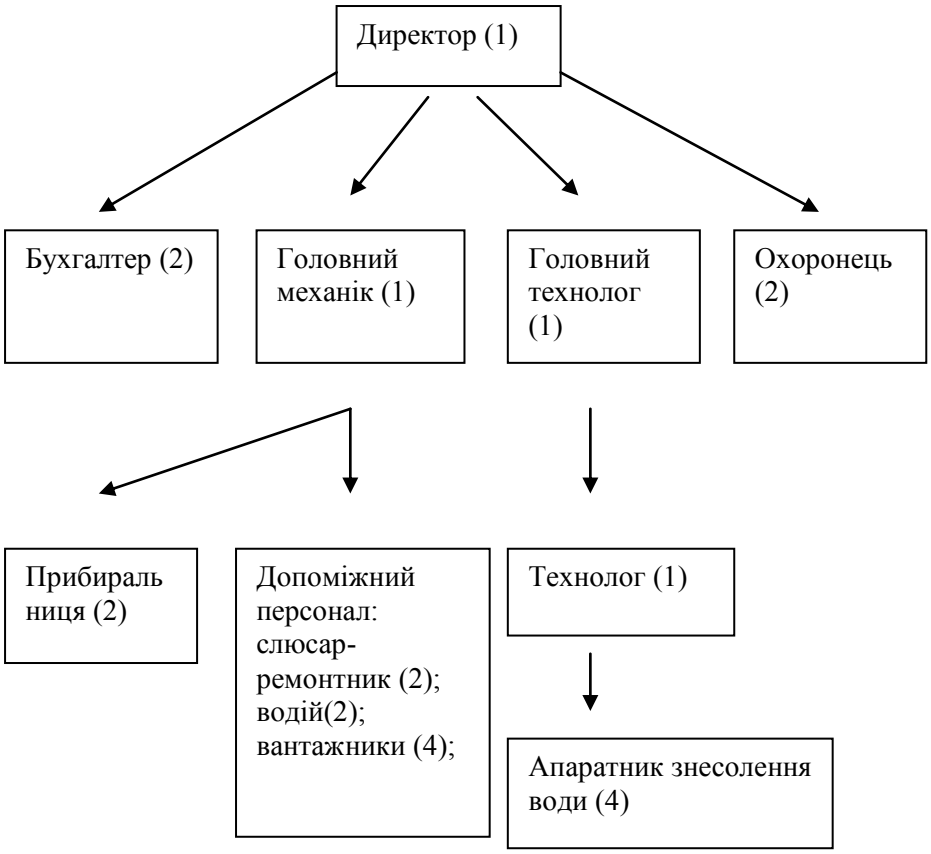


Рисунок 12.2 – Схема організаційної структури підприємства.

Кількість працюючих на виробництві розраховуємо за графіком синхронізованого ВРПП.

Таблиця 12.5 – Чисельність персоналу

Відділ	Посада	Кількість
Керівництво	Директор	1
	Головний технолог	1
	Головний механік	1
	Технолог	1
Відділ очищення води	Апаратник знесолення води	4
Відділ обслуговування	Вантажники	2
	Прибиральниця	2
	Водії	2
	Охоронець	4
	Бухгалтер	2
	Слюсар-ремонтник	2

1) Чисельність персоналу явочна і за списком.

Явочна чисельність – максимально допустима чисельність працівників, необхідна для виконання відповідного об'єму робіт та для повної комплектації робочих місць у кожному структурному підрозділі підприємства, протягом робочої зміни. Режим роботи однозмінний, тривалість зміни 8 годин для керуючого персоналу та робітників відділу обслуговування, 5 днів на тиждень. Для персоналу відділу очищення води робочий тиждень має вигляд: режим роботи у 3 зміни, тривалість робочої зміни 8 годин. У нічний час працює лише апаратник знесолення води та охоронець. В обов'язки охорони входить періодичний обхід та перевірка приміщень підприємства з метою попередження негативних наслідків. Охорона та апаратник, що заступає на зміну обладнані рацією для швидкого зв'язку в разі непередбачуваних випадків.

Отже сумарна явочна кількість робочого персоналу складає $Ч_{яв} = 20$ людини. Чисельність за списком – потреба підприємства в кадрах. Крім явочної чисельності включає додатково необхідну для заміщення тих, хто у відпустці, хворіють або відсутні з інших поважних причин; також сюди включають сумісників:

$$Ч_{сп} = Ч_{яв} \cdot К_{пер}, \quad (12.7)$$

$$К_{пер} = Т_{рік} / Т_{прац,}, \quad (12.8)$$

де $Т_{рік}$ – річний фонд часу роботи підприємства в годинах;

$Т_{прац}$ – річний час роботи підприємства з урахуванням вихідних, святкових, відпусток, хвороб, год./рік.

$$Т_{під}=365 \cdot 24=8760$$

Розрахуємо річну тривалість роботи головного технолога та іншого персоналу, крім апаратників та охорони:

$$Т_{прац} = (365 – Т_{св}) / 7 \cdot 40 – (Т_{св}^{*} – 1) \cdot 1;$$

$$Т_{прац} = (365 – 11) / 7 \cdot 40 – (8 – 1) \cdot 1 = 2016 \text{ год./рік};$$

Для основного персоналу:

$$К_{пер.осн.пер.} = 8760 / 2016 = 4;$$

Для адміністрації:

$$К_{пер.адм.} = 2016/2016 = 1$$

$$Ч_{сп} = Ч_{яв\ .\ адм.} \cdot К_{пер.адм.} + Ч_{яв.осн.пер.} \cdot К_{пер.осн.пер.} = 14 \cdot 1 + 2 \cdot 4 = 22 \text{ осіб.}$$

Розрахуємо річну тривалість роботи апаратника та охоронця, за умови восьмигодинного робочого дня:

$$Т_{прац} = 365 \cdot 40 / 7 = 2086 \text{ год./рік,}$$

де 40 – це п’ять робочих днів на тиждень по вісім годин, а 7 – кількість днів в тижні.

$$К_{пер} = 8760 / 2086 = 4;$$

$$Ч_{сп} = 1 \cdot 4 = 4 \text{ осіб.}$$

Отже:

$$\sum Ч_{сп} = 22 + 4 = 26 \text{ осіб.}$$

Розрахуємо кількість бригад (розрахунок наведений для апаратника знесолення води та охорони, так як весь інший персонал працює в одну зміну):

$$N_{бриг} = 8760 / 2086 = 4{,}4 = 4 \text{ бригади.}$$

Графік змінності 4-х бригад, що працюють 7 днів на тиждень (понеділок – неділя) в 3 зміни (за графіком змінності видно, що кожна бригада має 48 годин безперервного відпочинку протягом тижня):

Таблиця 12.6 – Графік змінності

Дата																	
Бригада 1	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В	1
Бригада 2	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	В
Бригада 3	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2	2
Бригада 4	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3	3

Отже:

I зміна: 6:00 – 14:00; II зміна: 14:00 – 22:00; III зміна: 22:00 – 6:00.

Розрахуємо річну тривалість роботи апаратника знесолення води.

2) Розрахунок необхідної кількості одиниць обладнання:

$$N_{обл} = t_i / R, \quad (12.9)$$

де t_i – тривалість операції;

R – ритм.

Розрахована кількість обладнання наведена в таблиці 12.5.

Таблиця 12.5 – Кількість обладнання

№	Назва обладнання	Кількість одиниць
1	Фільтр	1
2	Установка УФ-знезараження	1
3	Установка ультрафільтрації	1
4	Пом’якшувач	1
5	Установка зворотнього осмосу	1
6	Дегазатор	1
7	Генератор чистої пари	1

12.5 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

Таблиця 12.6 – Вартість ОФ підприємства

Назва обладнання	Вартість, грн.
Приміщення	15000000
Насос (8 шт.)	300000
Мембранний резервуар (3 шт.)	60000
Механічний фільтр (2 шт.)	24000
УФ-стерилізатор (3 шт.)	30000
Трубопровід (20 м)	50000
Бочки 1000л (5 шт.)	25000
Йонообмінний фільтр (2 шт.)	800000
Станція ультрафільтрації (4 шт.)	250000
Установка зворотного осмосу (2)	420000
Мембранний модуль (2 шт.)	37000
Генератор пари (1шт.)	150000
Спецодяг (30 комплектів)	9000
Лабораторний посуд	15000
Апарат зварювальний (1 шт.)	1000
Набір слюсарних інструментів	5000
Автомобіль «КамАЗ» (2 шт.)	800000
Комп'ютер (4шт.)	38000
Стіл письмовий (4 шт.)	3000
Дегазатор (2 шт.)	70000
Принтер (2шт.)	2000
Халат хімічний (10 шт.)	2000
Протипожежний інвентар	40000
Рації	20000
Нематеріальні активи	4000000

Загальна вартість основних фондів ОФ = 22151000 грн.

Амортизація 10 %, тоді, грн./рік.:

$$A = 22151000 / 10 = 2215100.$$

1. Розрахуємо витрати електроенергії за регульованими тарифами: Середня витрата потужності підприємства за годину = 600 кВт/год. Оскільки потужність більше 30 кВт/год маємо перший клас напруги. Ціна 1кВт=1,8 гривень – денний час; в нічний час: 1кВт=35 копійки.

Оскільки підприємство працює 365 днів в році і 7 днів на тиждень, то маємо:

$$T_{8:00\text{-}20:00} = 365 \cdot 12 = 4380 \text{ год};$$

$$T_{20:00\text{-}8:00} = 365 \cdot 12 = 4380 \text{ год.}$$

Сумарні витрати на електроенергію:

$$C = 4380 \cdot 1{,}8 \cdot 600 + 4380 \cdot 0{,}35 \cdot 200 = 5037000 \text{ грн/рік.}$$

Витрати теплоенергії: 3000 Гкал/рік. Ціна 1 Гкал = 455 грн.

$$S = 3000 \cdot 455 = 1365000 \text{ грн/рік.}$$

Сумарні затрати на енергію: 6402000 грн/рік.

Витрати сировини на очищення річного випуску води:

1. Реагенти для очищення води – 170000 грн.(поновлюються 4 рази на рік);
2. Загрузка у фільтр – 10000 грн.(заміна 1 раз на рік);
3. Реагенти для проведення аналізу на якість отриманого продукту – 45000 грн.(закуповуються 12 разів на рік);
4. Витрати водопровідної води:

Оскільки продуктивність складає – 74961 $м^3$/рік, а витратний коефіцієнт дорівнює 1,9 (вартість водопровідної води за 1 $м^3$ – 12,35 грн.), то всього затрачається води

$$74961 \cdot 1{,}9 \cdot 12{,}35 = 1758960 \text{ грн/рік,}$$

Всього на річний випуск продукції затрачається сировини вартістю:

$$1758960 + 170000 + 10000 + 45000 \text{ грн.} = 1983960 \text{ грн/рік}$$

Таблиця 12.7 – Заробітна плата персоналу

Посада	Кількість	ЗП, грн.
Директор	1	40000
Головний механік	1	17000
Головний технолог	1	13000
Апаратник знесолення води	4	4·8000=32000
Бухгалтер	2	2·6000=12000
Слюсар-ремонтник	2	2·6000=12000
Вантажник	2	2·4000=8000
Прибиральниця	2	2·4000=8000
Водії	2	2·5000=10000
Охоронець	4	4 · 5000=20000

Всього 172000 грн/місяць витрачається на заробітну плату.

Так як апаратник знесолення води працює в свята та вночі , то отримує подвійну оплату за роботу в свята, а за роботу вночі заробітна плата зростає в 1,4 рази, згідно з тарифною сіткою. Нарахування за перепрацювання вже враховані в заробітну плату, що встановлена вище (таблиця 12.7).

Фонд оплати праці:

$$ФОП=ЗП+Нарахування, \quad (12.10)$$

де 172000·12 = 2064000 грн/рік. – сума, що виплачується щорічно працівникам.

З 1 січня 2016 року незалежно від суми нарахованої заробітної плати застосовується єдина ставка ПДФО, розмір якої становить 22%.

Нарахування на ЗП:

$$2064000 \cdot 0,22=454080 \text{ грн/рік.}$$

Отже:

$$ФОП=2064000+454080=2518080.$$

Баланс споживання оборотних фондів на підприємстві наведений в таблиці 12.8.

Таблиця 12.8 – Матеріальний баланс

Завантажено			Отримано		
Назва	Затрати на річний випуск, грн/рік	$Н_в$	Найменування	Вартість, грн/рік	Нв
Вода питна	209950	17000 $м^3$	Конденсат ЧП	6786950	74961 $м^3$
Реактиви	175000	-	Зпрацьовані реактиви	-	-
Електроенергія	5037000	172800кВт	Приведення в дію апаратури	-	-
Теплоенергія	1365000	3000 Гкал	Тепло	-	-

12.5.1Розрахунок техніко-економічних показників:

1. Річна собівартість продукції:

$$С= ОбЗ+А; \quad (12.11)$$

$$С = ФОП + З_е + З_{т/е} + З_в + З_р + А; \quad (12.12)$$

$$С = 2518080 + 5037000 + 1365000 + 209950 + 175000 + 2215100 =$$

$$= 11543994 \text{ грн/рік.}$$

Собівартість 1 м^3 конденсату (за рік – 74961м^3 конденсату):

$$11543994 / 74961 = 154 \text{ грн.},$$

де 74961 – кількість продукції за рік, м^3.

Річний випуск продукції, грн.:

$$В = 74961 \cdot 154 = 11543994.$$

2. Запланована ринкова ціна одного м^3 конденсату чистої пари:

$$Ц = 430 \text{ грн/ м}^3.$$

Отже ціна за весь конденсат, ориманий протягом року:

$$Ц = 430 \cdot 74961 = 32233230 \text{ грн.};$$

$$П = Ц – С \quad (12.13)$$

$$П = 32233230 – 11543994 = 20689236 \text{ грн.};$$

$$ОбЗ = ФОП + З_е + З_{н/ф} \quad (12.14)$$

$$ОбЗ = 2518080 + 6402000 + 384950 = 9305030 \text{ грн.};$$

$$К = ОФ + Обз \quad (12.15)$$

$$К = 22151000 + 9305030 = 31456030 \text{ грн.};$$

$$Р = (П / С) \cdot 100\% \quad (12.16)$$

$$Р = (20689236 / 11543994) \cdot 100\% = 179 \%;$$

$$Т_{ок} = К / П \quad (12.17)$$

$$Т_{ок} = 31456030 / 20689236 = 1,5 \text{ роки};$$

$$Е = П/К \quad (12.18)$$

$$Е = 20689236 / 31456030 = 0,66;$$

$$ФВ = В / ОФ \quad (12.19)$$

$$ФВ = 11543994/ 22151000 = 0,52 \text{ грн.};$$

$$ФЄ = 1 / ФВ \qquad (12.20)$$

$$ФЄ = 1 / 0,52= 1,92 \text{ грн/грн.}$$

Техніко-економічні показники наведені в таблиці 12.9.

Таблиця 12.9 – Техніко-економічні показники

Показник	Значення
Річний випуск продукції, грн.	В =11543994
Чисельність персоналу за списком, чол.	$Ч_{сп}$ = 26
Капіталовкладення, грн.	К = 31456030
Загальна собівартість продукції, грн/рік	С = 11543994
Собівартість за 1 $м^3$, грн.	$С_{од.}$= 154 грн
Прибуток грн/рік	П = 20689236
Рентабельність продукту %	Р = 179 %
Термін повернення капіталовкладень, років	$Т_{ок}$ = 1,5 роки
Коефіцієнт економічної ефективності	Е = 0,66
Вартість:	
- Основних фондів	ОФ =22151000
- Оборотних коштів	ОбЗ=9305030
Фондовіддача виробничих фондів грн/грн.	ФВ = 0,52
Фондоємність продукції, грн/грн.	ФЄ = 1,92

Висновки: проаналізувавши техніко-економічні показники даного підприємства, можна сказати, що воно є рентабельним, повністю окупить капіталовкладення через 1,5 роки. Розраховані показники свідчать про те, що підприємство є конкурентоспроможним на ринку послуг і має значні перспективи розвитку у цій галузі. Повернення капіталовкладень за 1,5 роки є цілком нормальним для роботи підприємства без можливості його банкрутства.

ПАСПОРТ ЯКОСТІ

Підприємство “_____”

Паспорт № 04.2016

Найменування продукту: Чиста пара

Якість відповідає: ДФУ

Об’єм однієї партії конденсату чистої пари – 1000 м^3.

Аналізи проведені згідно: СОП 07.11.68

Показники якості

№	Назва показника	Значення	Норма
1	Нітрати – не більше 0,00002 % (0,2 ppm NO_3)	0,00002 %	≤0,00002 %
2	Важкі метали – не більше 0,00001 % (0,1 ppm).	0,00001%	≤0,00001 %
3	Електропровідність конденсату – ≤1,1 μS/см при 20 ˚С.	1,1 μS/см^3	≤1,1 μS/см^3
4	Ендотоксини ≤0,25 EU/см^3.	0,25 EU/см^3	≤0,25 EU/см^3

Термін зберігання – 16 годин.

Умови зберігання: в чистих контейнерах, при температурі 75-95 °С.

Лаборант _____.

Головний технолог _____

Показники якості, води, яка очищається, відповідають наведеним в паспорті якості. Чітко встановлене максимальне значення, мінімальне не нормується.

Калькуляція на вид продукції.

Калькуляція №

на конденсат чистої пари ТУ 15234.2000

від ____ _____ 2016 р.

Очищення стічних вод.

№	Елемент	Сума, грн/рік
1	Оборотні фонди	
	Сировина	1983960
	Енергія	6402000
	ЗП	2064000
	Нарахування на ЗП	454080
2	Амортизація	2215100
	Всього	13119140

Гол. бухгалтер _____ / _____/

Бухгалтер-економіст _____ / _____/

ВИСНОВКИ

В проекті розглянуто методи доочищення та знесолення водопровідної води, а саме: іонний обмін, дистиляція, зворотний осмос, ультрафільтрація, ультрафіолетове знезараження. Викладено їх фізико-хімічні основи.

Отриману стерильну пару використовують для стерилізації та SIP-очистки обладнання, стерилізації продукції, а також для підтримання мікроклімату в чистих приміщеннях.

Охарактеризовано продукцію та вихідну сировину, обґрунтовано технологічну схему даного процесу, яка дозволяє отримувати 9 $м^3$ конденсату за годину, при цьому для отримання 1 $м^3$ такого конденсату необхідно: 17 $м^3$ водопровідної води; 0,11 $м^3$ NaOCl; 0,11 $м^3$ NaOH; 0,11 $м^3$ $NaHSO_3$; 0,11 $м^3$ HCl.

Розраховано кількість УФ-фільтрів – 8 з потужністю 660 Вт, довжиною 935 мм та шриною 192 мм .

Наведений розрахунок для першої та другої ступені зворотного осмосу. Для першої притаманні наступні характеристики: кількість мембранних модулів – 12; питома продуктивність мембрани – 0,0464 $м^3/(м^2 \cdot год)$; робоча площа мембран – 476,5 $м^2$. Для другої ступені: кількість мембранних модулів – 7; питома продуктивність мембрани – 0,0464 $м^3$/год; робоча площа мембран – 270 $м^2$.

Розраховано та вибрано три стандартних однокамерних фільтри з площею фільтрування 1 $м^2$, діаметром 1500 мм, висотою шару 500 мм.

Встановлено два Na-катіонітових фільтри площею фільтрування $f = 1,87$ $м^2$, діаметром D = 1000 мм та h = 1,5 м

Технологічна схема частково автоматизована, на ній передбачено контроль та регулювання таких параметрів: перепад тиску в механічному фільтрі; перепад тиску в натрій-катіонітовому фільтрі; контроль та регулювання витрати в трубопроводі 1 а; контроль та регулювання витрати в трубопроводі 1 в; контроль pH в трубопроводі 1 в; контроль твердості в

трубопроводі 1 в; контроль pH в трубопроводі 1 в; контроль та регулювання температури води в трубопроводі 1 в.

У розділі стандартизація наведено відомості про стандарти на основну продукцію та сировину. Передбачено метрологічне забезпечення виробництва, параметри контролю. Надані рекомендації щодо сертифікації продукції.

У розділі екологічної безпеки виробництва наведено аналіз та джерела виникнення відходів. Здійснено розрахунок податків за скид рідких відходів та зберігання твердих.

Розроблено генеральний план підприємства, обґрунтовано об'ємно-планувальні рішення цехових будівель та споруд, наведено основні конструктивні рішення будівлі та її елементів.

Проаналізовано безпеку роботи на підприємстві, що гарантує виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів; обрано заходи з охорони праці; розраховано виробниче освітлення; досліджено виробничий шум та вібрацію; забезпечено електробезпеку; безпеку технологічного процесу і обслуговування обладнання та пожежну безпеку.

За даними економічних розрахунків собівартість конденсату чистої пари за 1 $м^3$ становить 154 грн. Вартість основних фондів – ОФ = =22151000 грн; вартість оборотних засобів - ОбЗ=9305030 грн.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Запольський, А. К. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод [Текст]: підручник / Запольський А. К, Мішкова-Клименко Н. А., Астрелін І. М. та ін. - К.: Лібра, 2000. – 552 с.
2. УДК 57.04:579.64. Ефективність та відповідність гігієнічним вимогам фізико-хімічних способів знезаражування води. Хіріна Т. В. [Текст]: Інститут мікробіології та імунології ім.. І. І. Мечнікова АМН України, Харків, 2006. – 12 с.
3. Запольский, А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води [Текст] : підручник / Запольський А. К. – К. : Вища шк., 2005. - 672 с. : іл. – ISBN 966-642-234-4.
4. Ляпунов, М. В.. Настанова СТ-Н МОЗУ 42-4.0:2011. – Лікарські засоби. Належна виробнича практика [Текст] / Ляпунов М. В., Безугла О. О., Соловйов О. С. та ін. – Київ, МОЗ України, 2011. – 35 с.
5. Вода очищена / Державна Фармакопея України. – 1-е вид. – Доповнення 4. – Харків: Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2011. – с. 389-391 с.
6. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». [Текст]. – зареєстр. 1 липня 2010 р. за N 452/17747 – Київ; Міністерство юстиції України, 2010. – 49 с. (Державні санітарні норми України).
7. СОП 06.42.37 Утв. 25.01.11. Порядок одержання, зберігання та розподілення чистих середовищ цеху. [Текст]. – Київ, «Фармак», 2010. – 37 с.
8. Системы обратного осмоса. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://catalog.ecosoft.ua/

9. Ультрафильтрация. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.hydrotech.ru/index.php/

10. Концевой, А. Л.. Алгоритмізація та програмування розрахунків процесу водопідготовки [Текст]: навч. посіб. для студ. хіміко-технол. факул. Напр.. 7.091602 – «Хімічні технології неорганічних речовин». / Уклад.: Концевой А.Л., Толстопалова Н.М. – НТУУ «КПІ», 2003. – 44 с.

11. Громогласов, А. А.. Водоподготовка: Процессы и аппараты: Учеб. пособие для ВУЗов [Текст] / Громогласов А. А., Копылов А. С., Пильщиков А. П. и др.; Под ред. Мартыновой О. И. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 272 с., ил.

12. Кульский, Н. А.. Проектирование и расчет очистных сооружений, трубопроводов. (Издание 2-е, переработанное и дополненное) [Текст] / Кульский Н. А. , Булава Н. М. – Киев, «Будівельник», 1972, 424 с.

13. Павлов, К. Ф. Приклади і задачі по курсу процесів і апаратів [Текст] / Уклад. Романков П. Г., Носков А. А.. Л: Хімія, 1976. – 552 с.

14. Каталог Укрндіхіммаш. Випарні апарати вертикальні трубчасті загального призначення. М.: ЦІНТІХІМНЕФТЕМАШ, 1979. - 38 с.

15. Лукінюк, М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними прцесами: У 2 кн. Кн. 2. Керування хіміко-технологічними процесами [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом підготовки «Хімічна технологія та інженерія» / Лукінюк М. В. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 336 с. : іл. – Біблігр.: с. 328-330. – 300 пр. – ISBN 978-966-622-520-0, ISBN 978-966-622-531-6.

16. 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» / Лукінюк М. В. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с. : іл. – Біблігр.: с. 230-231. – 200 пр. – ISBN 978-966-622-287-2.

17. Нержавеющая сталь AISI 316, 316L, 316 Ti [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://www.nerjstal.ru/markistali/65-importnye/246-aisi-316-316l-316ti/

18. ДК 005-96. Державний класифікатор відходів. – Розділи Б.1-Б.8, В.1-В.5. [Текст] – від 22 січня 2008 року N 18. –Київ: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики; 2008 – 44 с.

19. Очищення стічних вод [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://pidruchniki.com/1486011041664/ekologiya/himichne_ochischennya_stichnih_vod

20. Правила водовідведення стічних вод [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://vodokanal.dp.ua/inf/pravila_skidannya_vodi.pdf

21. Правила приймання стічних вод підприємств. [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0403-02

22. Порядок исчисления и уплаты экологического налога. [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://www.visnuk.com.ua/ru/pubs/id/7255

23. Концевой А. Л. Курс лекцій та методичні рекомендації до виконання курсового проекту "Проектування виробництв неорганічних речовин" / Концевой А. Л., Банюк К.М.. – Київ: НТУУ "КПІ", 2009. – 182 с

24. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Текст]. – від 1 грудня 1999 р. за № 42 – Київ: Міністерство охорони здоров'я України; 1999. – 25 с. (Державні санітарні норми).

25. СНиП 2.04.05.-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [Текст] – зареєстр. від 27 липня 1996 р. за № 117 – Киев: Издательство КиевЗНИИЭП, 1996 – 89 с.

26. Дмитренко Г. П. Безпека життєдіяльності «**Методичні вказівки** до виконання практичних, індивідуальних робіт та домашньої контрольної роботи для студентів технічних спеціальностей»/ Дмитренко Г. П.,

Прилспський В. М., П'ятова А. В., Михеєв Ю. В. – Вид. 2-го, без змін. - Київ.: НТУУ «КШ», 2008. - 120 с.

27. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення [Текст] –від 10 січня 2006 р. за № 120 – Київ: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України; Видання Мінбуд України Київ 2006; 2006. – 45 с. (Державні будівельні норми України).

28. Макаров, Г. В. Охорона праці в хімічній промисловості [Текст] / Макаров Г. В., Васин А. Я., Мариніна Л. К. – М.: Химія, 1989. – 497 с.

29. Підлісна, О. А.. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів для студ. хіміко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання / Уклад.: Підлісна О. А,. Янковий В. В, Дорошенко М. П.. – К.: ІВЦ Видавництво „Політехніка”, 2002. – 28 с. – Бібліогр. с. 25-27. - 300 пр.