

ВСТУП

Фармацевтична сфера України сьогодні – це сформована структура, що має всі складові, необхідні для її самореалізації. Ядром фармацевтичної сфери є вітчизняне виробництво лікарських засобів, що динамічно розвивається.

Відділення підготовки води є обов'язковим на всіх фармацевтичних підприємствах. Вода є продукцією, що найбільш широко використовується в фармації з різною метою: як допоміжна речовина в складі лікарських засобів, як розчинник для підготовки препаратів до застосування та синтезу активних фармацевтичних інгредієнтів (АФІ) і виробництва лікарських засобів, як очищувальний засіб для промивання й очищення обладнання, первинних пакувальних матеріалів, тощо. Вимоги до якості води залежать від її призначення і встановлені у фармакопейних монографіях. При цьому, якість води, що використовується для різних цілей, необхідно обґрунтувати в реєстраційному досьє на лікарський засіб.

Виробництво та контроль якості води, що використовують при виробництві лікарських засобів, входять до сфери дії належної виробничої практики (GMP). Слід також зазначити, що сфера застосування води залежить не тільки від її якості, але й від способу виготовлення. В Державну Фармакопею України 1.4 введено три монографії «Вода для ін'єкцій», «Вода високоочищена» та «Вода очищена», що гармонізовані з відповідними монографіями Європейської Фармакопеї: «Water for Injections», «Water, Highly Purified» та «Water, Purified» [1].

Згідно Державної Фармакопеї України існує три типи води: вода очищена, вода високо очищена та вода для ін'єкцій.

Вода очищена застосовується для підготовки обладнання, інвентарю та виробничих приміщень, для приготування дезинфікуючих та мийно-дезинфікуючих розчинів; для підготовки матеріалів первинної упаковки при виробництві ін'єкційних форм готових лікарських засобів, у виробництві

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		10

напівпродуктів, у виробництві твердих та м'яких форм нестерильних лікарських засобів, а також для одержання води для ін'єкцій.

Раніше воду очищену отримували лише шляхом дистиляції. Проте, з розвитком наукової думки було запроваджено більш економічний з огляду на енерговитратність метод, що ґрунтувався на природному процесі осмосу – метод зворотного осмосу. Він дозволяє отримувати воду належної якості без зміни агрегатного стану води в процесі очищення, що дозволяє зекономити кошти підприємства. Наразі на ряду зі зворотним осмосом використовують дистиляцію, іонний обмін та електродеіонізацію.

Метою дипломного проекту є вибір та обґрунтування схеми отримання води очищеної на фармацевтичному підприємстві, розгляд фізико-хімічних основ зворотного осмосу, розробка технологічної схеми, розрахунок та вибір обладнання, допоміжних матеріалів, а, також, оцінка цеху підготовки води з економічної та екологічної точок зору та з точки зору охорони праці.

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ І ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

Вода очищена – це вода для виготовлення лікарських препаратів, при виробництві яких до води не висувають вимоги стерильності та/або апірогенності.

Згідно з Державною Фармакопеею України, вода очищена може бути отримана методом дистиляції, іонного обміну, зворотного осмосу, комбінацією цих методів або будь-якими іншими методами, які забезпечують якість води у відповідності з фармакопейною статтею. Вода для лікарських форм має бути глибоко знесоленою з електропровідністю не вище $4,3 \text{ мкСм} \cdot \text{см}^{-1}$ [1,2].

Найчастіше застосовують такі методи знесолення води:

- дистиляція;
- іонний обмін;
- зворотний осмос;
- електродеіонізація;

Дистиляція є традиційним, ефективним і надійним методом, що забезпечує високий ступінь очищення. В процесі дистиляції вода переводиться в пару, а потім знову в рідку фазу, при цьому домішки залишаються в сухому осаді. Дистиляція рідко використовується для отримання води очищеної, оскільки існують більш економічні методи. Для одержання води очищеної використовують дистилятори, які відрізняються один від одного за способом нагріву, продуктивністю і конструктивними особливостями. Метод одноразової дистиляції неекономічний, оскільки за його використання мають місце великі енерговитрати на нагрівання і випаровування води (близько 3000 кДж на 1 кг пари).

Для отримання води більшою мірою чистоти необхідно забезпечити повільне кип'ятіння, щоб леткі домішки не виносилися парою і не потрапляли в дистилят. З метою зменшення витрати енергії дистиляційні установки виконуються багатоступінчастими. Проте зі збільшенням числа ступенів

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

випаровування збільшується сумарна площа поверхні нагрівальних апаратів і відповідно зростають капітальні витрати.

Дистиляційна установка повинна мати резервуар для зберігання води, тобто вмикатися і вимикатися в залежності від рівня в резервуарі. Повинен здійснюватися безперервний автоматичний контроль якості дистиляту за питомою електропровідністю. При незадовільній якості дистилят повинен повертатись на повторну обробку. [1]

Іонний обмін – один з найважливіших етапів очищення, що використовується у більшості систем одержання води для фармацевтичних цілей.

Іонний обмін заснований на використанні іонітів – сітчастих полімерів різного ступеня зшивання гелевої або мікропористої структури ковалентно пов'язаних з іоногенними групами.

Дисоціація цих груп у воді або в розчинах дає іонну пару: фіксований на полімері іон і рухливий протиіон, що обмінюється на іони однойменного заряду (катіони або аніони) з розчину.

Суть методу полягає в тому, що вода, проходячи через іонообмінні смоли (катіоніти і аніоніти), звільняється від солей. Іонообмінна технологія забезпечує класичне знесолення води і є економічною системою при отриманні води для фармацевтичних цілей. Дана технологія дозволяє отримувати воду з дуже низьким показником питомої електропровідності [3].

Гелеподібні іонообмінні смоли володіють високою ємністю, в той час як макропористі смоли проявляють дуже високу механічну і хімічну міцність. Вода повинна бути по можливості вільною від каламуті і бідною залізом, марганцем і алюмінієм. Сильні окислювальні засоби, такі, як хлор або озон можуть зробити смолу «втомленою» і зруйнувати її. Внаслідок часткової мікропористої структури іонообмінної смоли, не всі домішки води затримуються. Частинки, пірогени і органічні сполуки безперешкодно проходять через смолу. Більше того, через стирання смоли можливе збільшення концентрації частинок і зростання кількості загального органічного вуглецю.

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Тому його використання для отримання води очищеної доцільно в поєднанні зі стерилізуючою (0,22 мкм) мікрофільтрацією.

Іонообмінні смоли мають ряд істотних недоліків, які ускладнюють їх використання:

- більшість іонообмінних смол, як правило, володіють низькою гідрофільністю, що обумовлює малу швидкість дифузії іонів всередину гранул смоли і низьку швидкість сорбції та десорбції;
- на практиці іонообмінні смоли застосовуються у вигляді гранул, склеювання яких в колонці під час процесу сорбції викликає необхідність проведення примусового розпушування, що приводить до поступового механічного руйнування гранул в процесі експлуатації;
- іонообмінні смоли вимагають частоті регенерації для відновлення обмінної здатності [3].

Іонообмінні процеси застосовують для пом'якшення, опріснення і знесолення води, очищення природних вод та різних розчинів, вловлювання і концентрування цінних металів із розбавлених водних розчинів, розділення суміші речовин у розчині, вловлювання і концентрування радіоактивних йонів, коригування мінерального складу очищених природних вод у системах оборотного водопостачання тощо. Здебільшого йонообмінні процеси використовують для опріснення і знесолення природних або стічних вод із загальним солемістом до 3 г/дм³ [4].

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

При глибокому знесоленні з розчину видаляються всі макро і мікроелементи, тобто солі і домішки. Ступінь очищення розчину за кожним макроелементом (катіонів та аніонів) залежить від їх спорідненості до даного іоніту, тобто від розташування в рядах селективності. Підбираючи іоніти, ступінь їх регенерації і кількість ступенів очищення, можна домогтися необхідної глибини очищення води практично будь-якого початкового складу.

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Опріснення і знесолення води іонним методом рекомендується при вмісті у вихідній воді солей від 1500 до 2000 мг/дм³, хлоридів і сульфатів не більше 5 мг-екв/дм³, завислих речовин не більше 8 мг/дм³, кольоровості води не вище 30 град., перманганатній окиснюваності не більше 7 мг/дм³O₂.

Знесолення може проводитися в одну, дві, три ступені або змішаним шаром іонітів. На кожній ступені розчин послідовно очищається спочатку на катіоніті в Н-формі (при цьому видаляються катіони, які знаходяться в розчині), а потім на аніоніті в ОН-формі (при цьому видаляються аніони). Високий ступінь очищення можна забезпечити в одному апараті з сумішшю катіоніту в Н-формі і аніоніту в ОН-формі, так званому фільтрі змішаної дії. У цьому випадку з води за один прохід через шар суміші іонітів видаляються всі іони, які знаходяться в розчині. Очищений розчин має нейтральне рН і низький солевміст, приблизно в 5-10 разів нижче, ніж після одного ступеня іонного обміну. Допускається робота з дуже високими швидкостями очищення розчину, залежними від його вихідного солевмісту [4].

Зворотний осмос – це процес мембранного розділення рідких розчинів шляхом проникнення через напівпроникну мембрану розчинника під дією прикладеного до розчину тиску, що перевищує його осмотичний тиск [5].

Зворотноосмотичний процес заснований на продавлюванні вихідної води через осмотичну мембрану так, що абсолютна більшість домішок усувається. Настільки висока ступінь очищення викликана "нанопорами" мембрани, діаметр яких близько 0,0001 мкм, тобто 0,1 нм, що в 250 разів менше вірусів і в 5000 разів менше бактерій.

Сучасні зворотноосмотичні й нанофільтраційні мембрани являють собою або анізотропні мембрани на основі ацетатів целюлози, або поліаміду, або композитні мембрани з розділовим шаром з ароматичного поліаміду, нанесеним на підкладку з полісульфону.

Для підвищення ступеня очищення перміату і зменшення стоків концентрату, що скидаються в каналізацію, використовуються багатостадійні схеми, що працюють за концентратом або за перміатом. У випадку схеми, що

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		15

працює за концентратом, концентрат першої стадії подається на очищення на другу стадію, а потоки перміату двох стадій поєднуються і відправляються споживачеві. Таку схему використовують при порівняно високій якості води, що очищається.

Видалення домішок відбувається за рахунок пропускання води через напівпроникну мембрану при тиску, що перевищує осмотичний. Для збільшення ефективності процесу використовується тангенціальна подача води до поверхні мембрани при рециркуляції [5].

Зворотний осмос зазвичай використовується в системах одержання води для фармацевтичних цілей в кількох випадках:

- перед установками іонного обміну для зниження витрати кислоти і лугів, необхідних для регенерації;
- для одержання води очищеної (використовуються установки двоступеневого осмосу), і як підготовчий крок перед дистиляцією з метою отримання води для ін'єкцій;

Електродеіонізація є різновидом іонного обміну. Системи електродеіонізації використовують комбінацію суміші смол, вибірково проникних мембран і електричного заряду для забезпечення безперервного потоку (продукту і концентрованих відходів) і безперервної регенерації. При сприятливій якості вихідної води можлива мінімальна провідність в $0,055 \text{ мкСм} \cdot \text{см}^{-1}$ при 25°C [6].

Вода, яка подається, розподіляється на три потоки. Одна частина потоку проходить через канали електродів, а дві інші частини потрапляють в канали очищення і концентрування, які представляють собою шари смоли розміщені між аніонною і катіонною мембранами. Змішані шари іонообмінних смол затримують розчинені іони. Електричний струм направляє захоплені катіони через катіон-проникну мембрану до катода, а аніони – через аніон-проникну мембрану до анода. Іонообмінна смола з обох сторін мембрани посилює перенесення катіонів та аніонів через мембрани. Катіон-проникна мембрана запобігає надходження аніонів до анода, а аніон-проникна мембрана запобігає

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		16

надходження катіонів до катода. В результаті іони концентруються в цьому відсіку. Сконцентровані іони з цього відсіку змиваються в стік. Очищена вода виходить з системи. Так як електричний струм розділяє воду в каналі очищення (секція смоли) на іони H^+ і OH^- , то це дозволяє здійснювати безперервну регенерацію смоли [6].

Зазвичай електродеіонізацію використовують після стадії зворотного осмосу. Вміст загальних розчинених у воді речовин знижується більш ніж на 99%, питома електропровідність знижується більш ніж у 15 разів. Вміст загального органічного вуглецю може зменшитися на (50 ÷ 90)% залежно від складу органічних речовин у воді і стадій попереднього очищення. Розчинений діоксид вуглецю переводиться в бікарбонат іон і виводиться у вигляді розчинної речовини.



Видалення розчиненого діоксиду кремнію становить (80 ÷ 95)%, яке залежить від умов та режиму роботи.

Розробка і вдосконалення всіх методів знесолення води, особливо стрімке удосконалення мембранних процесів, постійно змінює співвідношення вартості установок і очищеної води. Крім того, в даний час все більшу роль відіграє екологічність процесів очищення води, тобто кількість солей, що скидаються із стічними водами в навколишнє середовище. Слід зазначити, що багато позитивних і негативних якостей цих процесів залежать від солевмісту оброблюваної води [6].

Так, наприклад, при знесоленні води йонним обміном пропорційно солевмісту живильної води, ростуть обсяги іонітів і обладнання, а також витрата реагентів, тобто капітальні та експлуатаційні витрати. Навіть при оптимально організованій регенерації (протитечія) з мінімальним надлишком реагентів у стічні води надходять вилучені солі і використані реагенти в кількості 1,1÷2,0 від кількості солей. Сумарна кількість становить 2,1÷3,0. Слід враховувати, що ці солі знаходяться в невеликому об'ємі регенератів, відповідно, у високій концентрації. Регенерати, як правило, мають кислу

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

реакцію і вимагають додаткової нейтралізації. Пряме скидання таких відходів заборонено. Зазвичай використовується метод розведення іншими стоками. Експлуатаційні витрати практично прямо пропорційні солевмісту початкової води.

У зворотному осмосі продуктивність мембранних елементів, витрата енергії і, відповідно, капітальні та експлуатаційні витрати незначно залежать від солевмісту. При зворотному осмосі кількість солей в стоках близьке до їх кількості в вихідній воді, що подається в установку. Додатковим джерелом солей є розчини для промивання мембран зворотного осмосу.

Сумарна кількість солей, що скидається, пропорційна солевмісту вихідної води і, при правильному розрахунку та експлуатації зворотноосмотичної установки, перевищує його на (5÷15)%. Скидні води – концентрат зворотного осмосу, мають солевміст в (2,5÷4,0) рази більшу, ніж вихідної води, тобто (1÷2)г/дм³, і склад, що відповідає їй. Це дає можливість скидання стоків без великих проблем.

Експлуатаційні витрати при зворотному осмосі істотно залежать від способу запобігання випаданню осадів. При застосуванні інгібіторів їх кількість зростає пропорційно вмісту солей твердості. При пом'якшенні води іонним обміном необхідно враховувати витрати на цю операцію, які також ростуть пропорційно вмісту солей твердості у воді. Крім того, необхідно враховувати вартість вихідної води, витрата якої при зворотному осмосі приблизно в 1,5 рази вище, ніж при іонному обміні і випарюванні води, а також вартість скидання відходів [6].

Для отримання води очищеної метод дистиляції є дуже затратним в порівнянні з іншими методами підготовки води, це обмежує його використання. Іонний обмін дозволяє отримати воду необхідної якості, є дуже надійним, але для отримання води очищеної необхідно використовувати велику кількість ступенів очисти, це значно збільшує капітальні затрати. Також при використанні йонного обміну утворюється велика кількість (на 1 м³ води очищеної утворюється 0,01 м³) кислих та лужних регенераційних вод, які

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		18

необхідно утилізувати. Одним лише методом електродеіонізації не можна отримати воду очищену, оскільки спочатку воду необхідно довести до допустимого солевмісту. Це говорить про те, що необхідно використовувати комбінації даних методів для досягнення заданих цілей.

Аналізуючи переваги та недоліки запропонованих методів, дійшли до висновків, що для даного типу вхідної води (вимоги до водопровідної води) найбільш економічно обґрунтованим є метод знесолення води зворотним осмосом у комбінації з попереднім очищенням методом іонного обміну та сорбцією. Тому в схемі підготовки води використовується метод зворотного осмосу з попереднім очищенням води на іонообмінному та вугільному фільтрах. Обраний метод підготовки води очищеної є універсальним.

Особливістю технологічної схеми підготовки води є використання установки зворотного осмосу з частковим рециклом концентрату.

Схеми з рециклом використовуються для збільшення продуктивності за перміатом, оскільки виробником допускається вихід за перміатом у 15-19% на мембранному елементі, а завдяки рециклу забезпечуються значно вищі значення – у середньому 75% [5].

Таким чином, в даному розділі дипломного проекту обґрунтовано вибір способу виробництва води очищеної, а також наведено порівняльну характеристику всіх методів отримання води очищеної, які використовуються на фармацевтичних підприємствах.

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ

2.1 Характеристика продукції

Продукцією цеху хімічного очищення води є вода очищена, отримана шляхом пом'якшення, сорбції та фільтрації зворотноосмотичною установкою питної води з міської мережі водопостачання.

Вода очищена згідно з ДФУ має відповідати наступним показникам якості:

- Нітрати – не більше 0,00002% (0,2 ppm NO₃);
- Важкі метали – не більше 0,00001% (0,1 ppm);
- Електропровідність – ≤4,0 См/м при 20 °С;
- Мікробіологічна контамінація (МБЧ) – ≤100 КУО/1 см³ [1].

Вода очищена застосовується для підготовки обладнання, інвентарю та виробничих приміщень, для приготування дезінфікуючих та мийно-дезінфікуючих розчинів, для підготовки матеріалів первинної установки на виробництві ін'єкційних форм готових лікарських засобів, у виробництві твердих і м'яких форм нестерильних готових лікарських засобів, для одержання води для ін'єкцій [1].

2.2 Характеристика сировини

Сировиною для отримання води очищеної є питна вода з міської мережі водопостачання ПрАТ «АК «Київводоканал» і має відповідати ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання».

Основні показники якості вхідної води наведені в таблиці 2.1.

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 2.1 – Основні показники якості питної води [2]

Показник	Одиниці вимірювання	Значення
Водневий показник	одиниці рН	6,5 – 8,5
Залізо загальне	мг/дм ³	≤ 0,2
Загальна жорсткість	мг/дм ³	≤ 7
Сухий залишок	мг/дм ³	≤ 1000
Хлориди	мг/дм ³	≤ 250
Нітрати	мг/дм ³	≤ 50
Загальне мікробне число при t = 37°C	КУО/1 см ³	≤ 100

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

2.3 Характеристика солі для регенерації катіоніту

Сіль таблетована (NaCl) призначена для регенерації іонообмінних смол в установках пом'якшення води. Завдяки спеціальній обробці, високій якості очищення і особливій формі таблеток солі гарантується оптимальний контакт її з водою і рівномірне розчинення. Сіль (NaCl) у вигляді таблеток ідеально підходить для регенерації іонообмінних смол в завантажувальних фільтрах. Таблетована сіль має форму, яка запобігає злежуванню і утворення нерозчинних осадів в баку-солерозчиннику, забезпечує рівномірне розчинення в усьому об'ємі завантаженої солі. Таблетована сіль ECOSIL має чистоту 99,7% і відповідає стандартам ДСТУ 4246:2003, ISO 9001:2008, ГОСТ 13830-84 «Екстра».

Таблиця 2.2 – Фізичні властивості солі ECOSIL [7]

Характеристика	Значення
Зовнішній вигляд	білі гігроскопічні таблетки, сформовані з порошку
Запах	Відсутній
pH	5 – 8
Розчинність у воді	360 г/дм ³ (при 20 °С)
Склад	NaCl - 99,9 %; Магній - 0,0012 %; Кальцій - 0,0024 %.

У процесі пом'якшення води солі кальцію і магнію, що визначають твердість, обмінюються на іонообмінних смолах на солі натрію, які добре розчиняються у воді і не утворюють накипу на елементах обладнання. При насиченні іонообмінної смоли іонами твердості проводиться її регенерація сольовим розчином. При регенерації іони натрію з сольового розчину витісняють іони кальцію і магнію, які видаляються в дренаж, тим самим відновлюється працездатність смоли [7].

2.4 Характеристика активованого вугілля

В якості заправки вугільного сорбційного фільтру використано вугілля марки Aquacarb 607C 14x40. Високочисте високоактивне активоване вугілля, спеціально розроблене для тонкого очищення питної та високочистої технологічної води, а також для очищення вуглекислоти в харчовій промисловості. Виробляється зі спеціальних сортів кокосової шкаралупи, потім промивається кислотою, для видалення небажаних забруднень, після чого нейтралізується дистильованою водою. Висока чистота вугілля і нейтральний pH запобігають вторинному забрудненню фаз, що очищуються.

Aquacarb 607C 14x40 відповідає стандартам EN12915, має Сертифікат KIWA ATA і схвалений Інспекцією Великобританії по питній воді [8].

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Основні характеристики вугілля наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Основні характеристики активованого вугілля марки Aquacarb 607C 14x40

Характеристика	Одиниці вимірювання	Значення
Зольність	%	< 1
Коефіцієнт однорідності		1,6
Насипна густина	г/см ³	0,46 – 0,53
Площа поверхні	м ² /г	1050 – 1150
Твердість	%	95 – 98
Розширення при зворотній промивці	% від висоти шару	20

Фільтруючий матеріал Chemviron Carbon Aquacarb 607C 14x40 призначений для очищення води від хлору, хлорорганіки і видалення сторонніх смаків і запахів з води. Використання матеріалу як засобу попередньої фільтрації забезпечує захист іонообмінних смол і мембран зворотного осмосу.

Вологий активоване вугілля вибірково видаляє кисень з повітря. Щоб уникнути небезпечної ситуації тривале зберігання матеріалу в закритих приміщеннях або контейнерах не допускається.

2.5 Характеристика розчину для промивання мембран

Очищення мембранних елементів зворотного осмосу здійснюється за допомогою 2% розчину цитратної кислоти (ГОСТ 908-79) та гідроксидом натрію (ГОСТ 2263-79). Розчини готуються в окремих баках-збірниках, звідки по черзі подаються на мембрани. Технологія хімічного очищення мембран описана у розділі 3.

2.6 Характеристика іонообмінної смоли

У технологічній схемі використано іонообмінну смолу марки Dowex Marathon C – це монодисперсні сильнокислотна катіонообмінна смола гелевого типу, розроблена корпорацією DOW Chemical (США) [9].

Дана смола відрізняється однорідним розподілом гранул за розмірами, що забезпечує відмінні кінетичні властивості. Матеріал є фізично, хімічно і термічно стабільним.

Таблиця 2.4 – Основні характеристики іонообмінної смоли марки Dowex Marathon C [9]

Характеристика	Одиниці вимірювання	Значення
Іонна форма		Na ⁺
Функціональна група		Сульфонова кислота
Повна обмінна ємність	(г-екв)/(дм ³ ·хв)	2,0
Вологовміст	%	42 – 48
Коефіцієнт однорідності		1,1
Середній розмір гранул	мкм	585 ± 50
Щільність гранул	г/см ³	1,28
Кількість цілих гранул	%	95 – 100

У процесі фільтрування води через катіоніт відбувається заміна іонів жорсткості Ca²⁺ і Mg²⁺ на іони Na⁺.

У міру пропускання води через шар катіоніту кількість іонів натрію, здатних до обміну, зменшується, а кількість іонів кальцію і магнію, затриманих на смолі, зростає [9].

Таким чином, в даному розділі визначено характеристики продукції та вхідної сировини, зазначено необхідну якість сировини і продукції згідно нормативних документів. Також визначено характеристики всіх допоміжних матеріалів, таких як солі для регенерації катіонітового фільтру, активованого вугілля та розчинів для хімічного промивання мембран.

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

3.1 Теоретичні основи методів підготовки води очищеної

3.1.1 Підігрів води

Підтримання температури води в заданих межах особливо важливо при наявності в схемі стадії зворотного осмосу. При низьких температурах пропускна спроможність мембрани істотно знижується. Вода високої температури може руйнувати іонообмінні смоли та зменшувати строк служби зворотноосмотичних мембран. Зважаючи на це, температура води, яка подається на очистку має бути в межах 15-25 °С.

Обладнанням цієї стадії можуть бути теплообмінники із застосуванням одного з видів енергоносіїв (пара, газ, електрика, вода). Автоматична схема повинна забезпечувати підтримку температури в заданих межах. Поверхня, що стикається з водою, не повинна погіршувати її якість. Температура води вимірюється температурними датчиками.

3.1.2 Пом'якшення води методом іонного обміну

Пом'якшення води – процес виділення з неї катіонів твердості – кальцію і магнію. Згідно з державним стандартом ДСанПіН 2.2.4-171-10 твердість води, призначеної для господарсько-побутових цілей, не повинна перевищувати 7 мг-екв/дм³. За узгодженням з органами санітарного нагляду ця норма може бути збільшена до 10 мг-екв/дм³. У деяких галузях виробництва до технологічної якості води ставляться жорсткіші вимоги – (0,05÷0,01) мг-екв/дм³ [2].

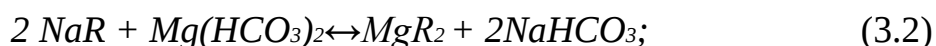
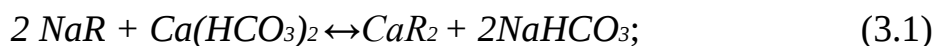
Для пом'якшення води застосовують такі способи: реагентний, термічний, іонообмінний, діаліз, комбінований.

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		25

Основою іонного обміну є фільтрування води крізь спеціальні матеріали – іоніти, які обмінюють іони Na^+ або H^+ із іоніту на іони Ca^{2+} і Mg^{2+} води.

У зв'язку з доступністю і відносною дешевизною хлорид натрію був обраний як реагент для регенерації катіоніту [10].

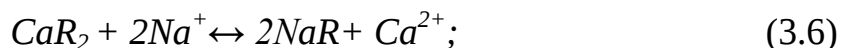
Реакції обміну іонами надані в (3.1)÷(3.5).



Рівняння реакцій із солями $MgCl_2$, $CaSO_4$ і $MgSiO_3$ аналогічні рівнянням (3.3), (3.4), (3.5) відповідно.

У міру пропускання води через шар катіоніту кількість іонів натрію, здатних до обміну, зменшується, а кількість іонів кальцію і магнію, затриманих на смолі зростає. Тоді його слід регенерувати – пропустити через шар катіоніту розчин хлориду натрію, при цьому обмінна здатність катіоніту відновлюється.

Процеси іонного обміну оборотні. Тому якщо у воді іонів натрію стає все більше і більше в порівнянні з кількістю іонів кальцію і магнію, то процес поглинання іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} сповільнюється, тобто все більше зсувається в ліву сторону реакцій (3.1)÷(3.5) і може бути зображений так:



Йони Na^+ , Ca^{2+} і Mg^{2+} є протиіонами.

Реакції (3.6), (3.7) – це реакції, які перебігають при регенерації катіоніту (5÷10)%-м розчином хлориду натрію.

Швидкість фільтрування регенераційного розчину при обмеженій витраті завжди менше швидкості фільтрування пом'якшуваної води. Для того, щоб

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

дифузія йонів Na^+ всередину зерна катіоніту та йонів Ca^{2+} і Mg^{2+} з зерна в розчин здійснювалася в достатній мірі, потрібен час.

Температура, як і в більшості хімічних процесів, інтенсифікує дифузію йонів, і тому там, де можливо, проводиться нагрівання води, що пом'якшується, і регенераційного розчину хоча б до $(35\div 40)^\circ C$ [10].

Істотним недоліком іонообмінних процесів пом'якшення води є утворення високо мінералізованих стічних вод, які потім змішуються з природними водами й збільшують її солевміст. Так, у США, де побутовими пом'якшувачами користується 90% власників котеджів, вводяться обмеження на гранично допустимий солевміст стічної води, що скидається в систему каналізації.

За допомогою іонного обміну в проточних колонах можна видалити з розчину іони й електроліт, замінити їх іншими або відокремити один від одного. Так, шляхом заміни усіх катіонів на іони H^+ і всіх аніонів на OH^- можна де мінералізувати воду. Цей принцип реалізується в технологічних схемах з послідовно включеними катіонітовим і аніонітовим фільтрами. При цьому, після проходження катіонітового фільтра, гідрокарбонат- і карбонат-іони переходять у CO_2 , що видаляється в дегазаторі для того, щоб знизити аніонне навантаження на аніонітів фільтр [5].

3.1.3 Дехлорування води

Дехлорування води питної відбувається в сорбційному фільтрі, в який завантажено активоване вугілля. Дехлорування відбувається шляхом сорбції молекул хлору на активованому вугіллі.

Адсорбція – один з найбільш ефективних методів очищення води. Цим терміном називають здатність поглинати сорбентом різні речовини. Основним елементом для здійснення сорбції є матеріал (сорбент): деревна тирса, активні смоли і вугілля, шлами та інші, які мають досить розвиненою поверхнею і як наслідок здатні до поглинання забруднень з води. Найбільш зручним для

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

сорбційного очищення є активоване вугілля, оскільки він легко кришиться на дуже дрібні шматочки, є не отруйний і нешкідливий для здоров'я людини.

Сутність адсорбції полягає в тому, що при контакті рідини з твердим тілом молекуди рідини можуть переходити на поверхню твердого тіла й втримуватись на ній. Фізична адсорбція, що використана в даній технологічній схемі обумовлена силами Ван-дер-Ваальса і є повністю оборотною, перебігає з великою швидкістю й має відносно невисоку теплоту адсорбції – від кількох кілоджоулів до кількох десятків кілоджоулів на моль адсорбату.

Вугільні фільтри застосовуються для видалення осаду, глинистих суспензій, органічних сполук (у тому числі хлорорганіки - хлороформу, бромдихлорметану, чотирехлористого вуглецю), надлишкового активного хлору, водоростей, тривалентного заліза, неприємного присмаку і запаху, важких металів, бактерій і вірусів [10].

Активоване вугілля може застосовуватися на міських очисних станціях водопідготовки в якості завантаження для механічних фільтрів. Сорбційні фільтри із завантаженням з активованого вугілля застосовують також для промислового водопостачання.

Промисловий фільтр із завантаженням з активованого вугілля (шкаралупи кокосового горіха) складається з пластикового корпусу (матеріал повинен бути здатний протистояти корозії). У цьому корпусі знаходяться розподільна система труб, шар завантаження, який лежить на підтримуючому шарі з кварцового щебеню або гравію і дренажна система. Вода проходить фільтр зверху вниз. Для очищення води вугіллям важливо, щоб промивання завантаження здійснювалася вчасно; підтримувалася необхідна швидкість фільтрації рідини; вода розподілялася рівномірно по завантаженні. Тому сучасні промислові фільтри оснащені керуючим блоком. У ньому задаються параметри роботи: режим фільтрації і промивання, період регенерації і розпушування.

Ефективність дехлорування води збільшується з підвищенням температури та зниженням рН, тривалість реакції дехлорування складає від 2 до

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

7,5 хвилин. Оскільки реакція дехлорування окиснює поверхню вугілля, що з часом руйнує його структуру, то зворотня промивання зберігає ефективність процесу [12].

Забруднення активованого вугілля відбувається нерівномірно (верхні шари забруднюються, а нижні залишаються відносно чистими). Свіжим активованим вугіллям замінюються приблизно 40% завантаження фільтра (верхні шари), при цьому вниз засипається свіже активоване вугілля, а що залишилися 60 % завантажуються наверх. До теперішнього часу не розроблені економічно доцільні методи регенерації активованого вугілля, тому він використовується одноразово. Для запобігання злежування активованого вугілля в процесі роботи фільтрів періодично (один раз на $(10 \div 15)$ діб) проводиться розпушування фільтруючого матеріалу гарячою водою з інтенсивністю $(3 \div 4) \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ протягом $(5 \div 10)$ хв [11].

3.1.4 Знесолення води методом зворотного осмосу

Зворотний осмос належить до баромембранних процесів. Спосіб зворотного осмосу полягає у фільтруванні розчинів під тиском крізь напівпроникні мембрани, які пропускають розчинник (воду) і повністю або частково затримують молекули або йони розчинених речовин.

Цей спосіб ґрунтується на явищі осмосу – спонтанного проникнення розчинника (води) крізь напівпроникну мембрану в розчин (рисунок 3.1). Тиск, за якого встановлюється рівновага називається осмотичним. Якщо з боку розчину прикласти тиск, який перевищує осмотичний, то розчинник буде переноситися у зворотному напрямі. Цей процес називають зворотним осмосом [5].

Явище осмосу можна спостерігати, якщо чисту воду й розчин помістити в замкнену посудину по різні боки від напівпроникної мембрани, що пропускає тільки молекули води. За таких умов молекули води будуть проникати у розчин, зменшуючи його концентрацію (рисунок 3.1). У силу замкненості посудини тиск у зоні розчину зростатиме, а в зоні чистої води –

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		29

знижуватиметься. Так буде відбуватися доти, доки різниця тисків, що утворилася, не компенсує енергетичні вигоди від розведення розчину. Система прийде в стан рівноваги. Різниця тисків (висот стовпів рідини) в двох зонах називається осмотичним тиском розчину.

Осмотичний тиск розчину залежить від концентрації розчинених домішок відповідно до рівняння Вант-Гоффа:

$$\pi = \varphi \cdot C \cdot R \cdot T, \quad (3.8)$$

де π – осмотичний тиск розчину;

φ – коефіцієнт осмотичного тиску;

C – молярна концентрація розчинених домішок;

R – універсальна газова стала;

T – абсолютна температура.

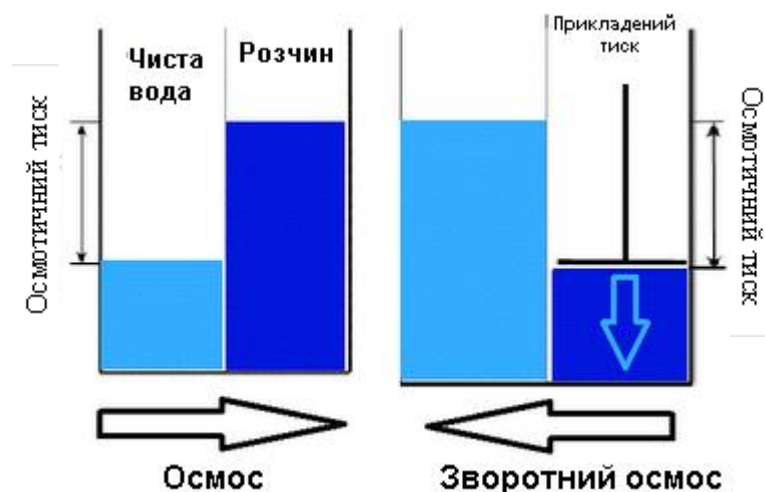


Рисунок 3.1 – Явища осмосу й зворотного осмосу

Рушійну силу процесу зворотного осмосу у разі ідеальної напівпроникної мембрани визначають за формулою:

$$\Delta p = p - \pi_1, \quad (3.9)$$

де p – надлишковий(робочий) тиск над вихідним розчином;

π_1 – осмотичний тиск розчину.

Однак, на практиці напівпроникні мембрани не мають ідеальної напівпроникності, і тому крізь мембрану проникає деяка кількість розчиненої речовини. В цьому разі рушійну силу процесу визначають за формулою

$$\Delta p = p - (\pi_1 - \pi_2) = p - \Delta \pi, \quad (3.10)$$

де π_2 – осмотичний тиск фільтрату, який проник крізь мембрану.

Ефективність процесів зворотного осмосу визначається в значній мірі властивостями застосовуваних мембран. Тому постійно ведуться роботи з їх вдосконалення з метою підвищення розділюючої здатності (селективності) та питомої проникності (продуктивності), стабільності характеристик в процесі експлуатації, механічної міцності і хімічної стійкості [10].

Розрізняють фронтальну (тупикову) та тангенційну організацію процесу фільтрації. При тупиковому фільтруванні весь об'єм розчину, що подається на мембрану, фільтрується через неї. Всі забруднення та домішки збираються на поверхні та в порах мембрани. З часом шар забруднень збільшується і зменшується швидкість фільтрування та збільшується гідравлічний опір. Такі мембрани замінюють після забруднення або очищують зворотним потоком води. Тупикове фільтрування часто застосовують для мікро- та ультрафільтрації і майже ніколи не застосовують для нанофільтрації та зворотного осмосу [6].

Для довготривалої роботи мембранного елементу необхідно забезпечити безперервне видалення забруднень, що затримуються мембраною. Для цього організовується постійне омивання мембрани вихідним потоком – тангенційне фільтрування. При цьому вхідний потік вихідної води подається вздовж поверхні мембрани і в міру проходження над її поверхнею розділяється на два: що пройшов через мембрану очищений розчин (фільтрат) і виходить з боку, протилежного введенню води, концентрат, що не пройшов через мембрану і містить основну частину затриманих мембраною домішок.

Фільтрування з тангенціального потоку використовується у всіх установках зворотного осмосу і нанофільтрації, іноді для ультрафільтрації і рідко для мікрофільтрації.

Апаратурне оформлення мембранних процесів різне. Існують поволоконні, рулонні, плоскорамні та трубчаті поверхні фільтрації. Плоскорамні елементи застосовуються для мікро- і ультрафільтраційного розділення концентрованих суспензій і харчової промисловості, коли необхідно забезпечити можливість їх максимально ефективного очищення від забруднень. Схема будови рулонного мембранного елемента наведена на рисунку 3.2.

Рулонні мембранні елементи застосовуються для всіх видів мембранного розділення, але для нанофільтрації і зворотного осмосу є обов'язковими [6].

3.1.5 Концентраційна поляризація

Інтенсивне виведення з передмембранного шару води з низьким вмістом розчинених солей супроводжується явищем концентраційної поляризації.

Концентраційна поляризація – явище зростання концентрацій розчинених речовин у тонкому при мембранному шарі порівняно з концентрацією в об'ємі води, що очищується, внаслідок інтенсивного масо перенесення розчинника – води – через мембрану.

Негативний вплив цього явища на ефективність баромембранних процесів пов'язаний з тим, що пропорційно зростанню концентрації розчинених домішок в тонкому перед мембранному шарі зростає і осмотичний тиск розчину. В свою чергу, це призводить до зменшення значення різниці тисків – рушійної сили процесу. З іншого боку, зростання концентрації солей біля поверхні мембрани призводить до виникнення перенасиченого розчину, в якому починається утворення нерозчинних сполук [5].

Для уникнення цього негативного явища, як правило, застосовують способи, пов'язані з інтенсифікацією масопередачі від поверхні мембран в об'єм потоку вихідного розчину, що має на меті вирівнювання концентрації

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

біля поверхні мембрани і в об'ємі розчину. Такі заходи звичайно зводяться до наступного:

- підвищення температури розчину;
- перемішування:
 - з підведенням механічної енергії: перемішування мішалками, вібрація мембрани, пульсація розділяється розчину;
 - без механічної енергії: збільшення швидкості руху потоку, посилення природної конвекції;
- зміни конфігурації каналів: короткі канали, вузькі канали, турбулізуючі вставки.

Згадані способи зменшення концентраційної поляризації пов'язані зі значними ускладненнями апаратного оформлення процесу або його організації [13].

3.2 Мембранні елементи, їх забруднення та способи очищення

Сучасні зворотноосмотичні мембрани являють собою анізотропні мембрани на основі ацетатів целюлози чи поліаміду, чи композитні з шаром розділювача з ароматичного поліаміду, що нанесений на підкладку з полісульфону [5].

Найкращі характеристики забезпечуються тонкоплівочними композитними (ТПК) мембранами на основі поліаміду. Для ТПК мембран із поліаміду, в порівнянні з анізотропними поліамідними мембранами, характерно зниження значення робочого тиску, підвищення селективності та продуктивності.

Сучасні композитні поліамідні мембрани здатні витримувати діапазон значень рН 2...12 (короткочасно 1...13), температуру до 45°C протягом тривалого часу, здатні забезпечувати селективність 99,8 %, витримують робочий тиск до 12 МПа та забезпечують питомий потік перміату більше $50 \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

На рисунку 3.2 зображена будова тонко плівкової композитної мембрани й поверхні бар'єрного (ароматичного поліамідного) шару мембран зворотного осмосу.

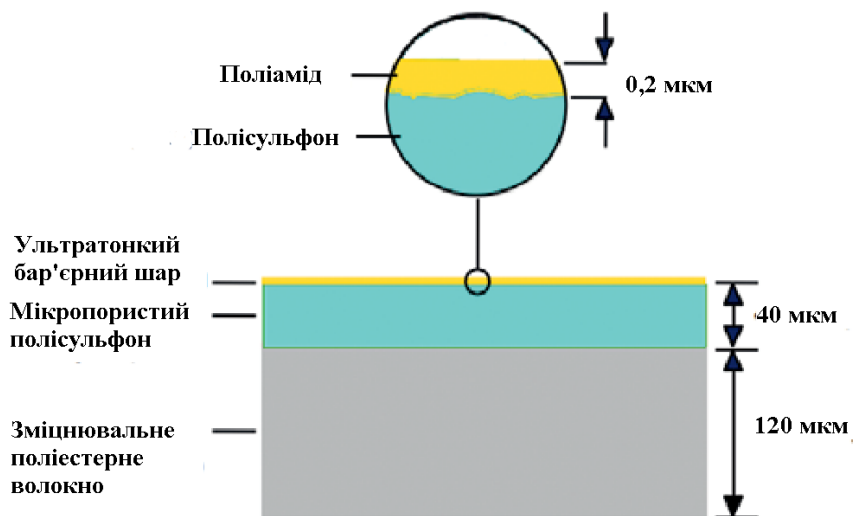


Рисунок 3.2 – Структура композитного мембранного полотна

В рулонному мембранному елементі процес проводиться в тангенціальному режимі. Потік вихідної води рухається вздовж мембранного елемента крізь канал, який утворений поверхнею мембрани та сіткою – спейсером вихідної води. Перміат відводиться через відповідний канал до центральної трубки, крізь яку виводиться з елемента.

Використання рулонних мембранних елементів зворотного осмосу потребує розміщення в спеціальних корпусах – мембранотримачах. Їх призначення складається з забезпечення підведення вихідної води та відведення перміату і концентрата через відповідні штуцери, а також у створенні тиску вихідної води, що забезпечує наявність рушійної сили процесу [5].

Мембранотримачі різняться за типорозміром мембранних елементів, що використовуються, за їх кількістю (від 1 до 7), за матеріалом (скловолокно, ПВХ, сталь) та за типом підключення (торцеве та бічне розміщення штуцерів).

На рисунку 3.3 зображено найпоширеніший на сьогодні тип мембранного елемента для зворотного осмосу – рулонний.

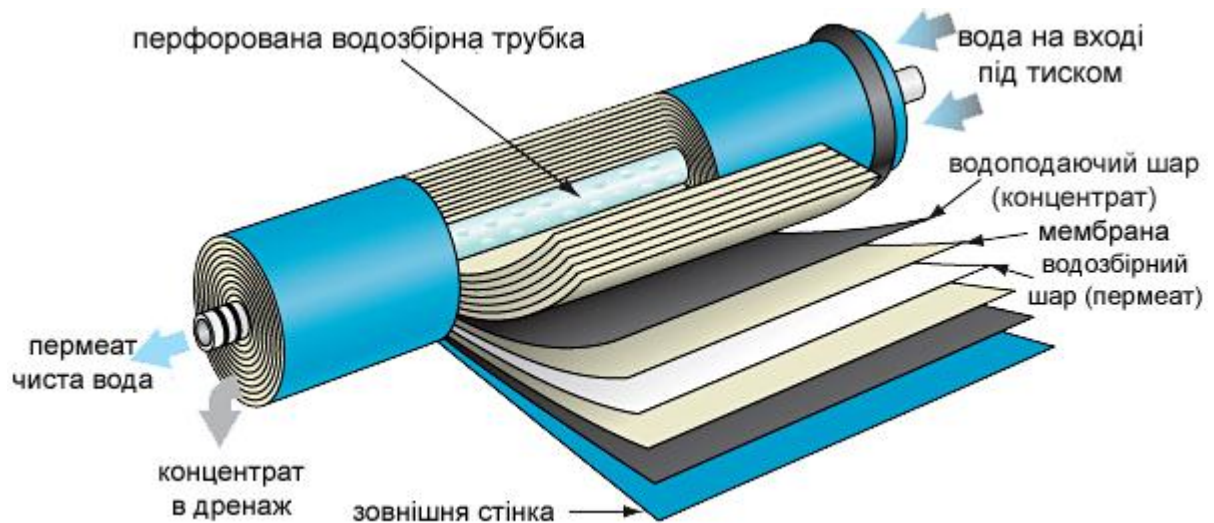


Рисунок 3.3 – Будова рулонного мембранного елемента

Внаслідок концентраційної поляризації в тонкому передмембранному шарі концентрація домішок стає достатньо високою, щоб призвести до утворення відкладень. Крім того, канали, по яким рухається вихідна вода, мають малу висоту (біля 0,8 мм), що призводить до дуже швидкого забиття цих каналів зваженими часточками.

В загальному випадку всю сукупність забруднень мембран прийнято називати фоулінгом. Сюди входять:

1. біофоулінг – відкладення біологічного походження, бактерії, водорості, найпростіші та продукти їх життєдіяльності;
2. колоїдний фоулінг – відкладення зважених часточок та колоїдних домішок, що присутні у водному середовищі;
3. органічний фоулінг – відкладення органічних речовин природного та штучного походження;
4. неорганічний фоулінг – відкладення переважно кристалічної структури, які утворені умовно нерозчинними та малорозчинними при даних умовах неорганічними сполуками. Відкладення кристалічної будови часто називають скейлінгом [5].

Основними способами попередження утворення різних видів фоулінгу є:

1. у випадку біофоулінгу – включення в комплекс попередньої підготовки стадій знезараження води різними способами, а також періодична обробка мембранних елементів спеціальними знезаражуючими реагентами – біоцидами;
2. у випадку колоїдного фоулінгу – використання у якості попередньої стадії підготовки води методу ультрафільтрації;
3. у випадку органічного фоулінгу в комплекс попередньої підготовки слід включити видалення органічних речовин з води за допомогою сорбційних методів, методів окиснення, коагуляції чи комбінації цих методів;
4. у випадку неорганічного фоулінгу (скейлінгу) практикується застосування в якості перед очищення технології іонообмінного пом'якшення води, що являє собою достатньо витратне рішення, або використання антискалантів [5].

В тому випадку, якщо не вдалося уникнути забруднення мембранного елементу, то відновлення його відбувається за допомогою хімічного промивання. У практиці використання зворотноосмотичних мембран застосовують періодичні хімічні промивання. Зазвичай до промивних реагентів відносять кислоти або луги у суміші з ПАР, хелатоутворюючими сполуками та іншими компонентами.

Для організації хімічного промивання установки зворотного осмосу оснащуються промивною системою. Промивна система включає в себе ємність, в якій готується розчин для промивання, насос низького тиску для прокачування розчину для промивання через мембранний апарат.

Промивний розчин зазвичай готується з використанням водопровідної води або перміату. У разі водопровідної води слід звернути увагу, щоб концентрація вільного хлору в ній не перевищувала допустимої для зворотноосмотичної мембрани [14].

Промивання виконується в наступній послідовності. Після зупинки апарату спочатку рекомендується промити його гідродинамічно сильним струменем води, скидаючи потік води через лінію концентрату в каналізацію.

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		36

Потім слід перекрити вентиля на лініях вихідної води, концентрату і перміату. Далі відкриваються всі вентиля на лінії циркулюючого розчину і включається насос низького тиску. За допомогою вентиля перед фільтром і вентиля на байпасній лінії встановлюється необхідна витрата циркулюючого розчину. Як правило, ця витрата в (2÷4) рази менше, ніж витрата очищуваної води при нормальній роботі мембранного апарату .

Промивний розчин проходить апарат зворотного осмосу і повертається в ємність. Сюди ж подається і перміат, який зазвичай утворюється на стадії промивання через перепад тиску через мембрану, що викликаний гідравлічним опором. Циркуляція проводиться від 30 хвилин до 1 години, потім апарат залишається наповнений розчином для промивання на кілька годин, щоб очистити від відкладень, які дуже повільно розчиняються. Потім знову проводиться циркуляція, після якої апарат знову залишається заповненим промивним розчином. Іноді, у важких випадках, подібні процедури доводиться повторювати і в третій, і в четвертий раз, хоча буває і так, що апарат взагалі не потрібно залишати під наповненим промивним розчином [14].

Промивання закінчують, коли концентрація розчину для промивання перестає змінюватися. Одночасно повинні стати постійними показання дифманометра, фіксуючого гідравлічний опір мембранного апарату. Після цього закривають вентиля на лінії промивання і відкривають вентиля на лініях подачі вихідної води, концентрату і перміату, включають основний насос і промивають апарат сильним потоком живильної води при низькому тиску. При цьому вихідні з лінії концентрату і перміату розчини зливають у лінію стічних вод відділення. Потім за допомогою вентиля на лінії концентрату створюють нормальний робочий тиск, і коли концентрації перміату і концентрату стають стабільними, переводять установку в нормальний режим експлуатації, направляючи перміат і концентрат за призначенням.

Якщо промивання була виконана якісно, питома продуктивність і селективність відновлюються практично до початкового значення.

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		37

3.3 Обґрунтування норм технологічного режиму зворотного осмосу

Температура води, яка подається на очищення має бути $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$, що забезпечується підігрівом її в теплообміннику. При низьких температурах пропускна спроможність мембрани істотно знижується. Вода високої температури може руйнувати мембрани та іонообмінні смоли.

На-катіонітовий фільтр встановлюється для того, щоб зменшити вміст солей твердості перед подачею на систему зворотного осмосу. Катіонування попереджує відкладення їх на поверхні мембранних елементів. Цей процес дозволяє значно рідше проводити процес хімічного очищення мембран. За допомогою катіонування твердість води зменшується з 5 до $0,06 \text{ мг-екв/дм}^3$.

Вугільний фільтр призначений для видалення хлору та органічних домішок. Згідно з ДСанПІН 2.2.4-171-10, вміст вільного хлору в питній воді повинен складати не більше $(0,3 \div 0,5) \text{ мг/дм}^3$, що є не допустимим для води, яка подається на установку зворотного осмосу. Вугільний фільтр очищує воду до $0,1 \text{ мг/дм}^3$. Паралельно з процесом видалення хлору, з води видаляються, в невеликій кількості, органічні та хлорорганічні сполуки [2].

Механічний картриджний фільтр, який входить до комплектації установки зворотного осмосу слугує для попередження потрапляння механічних домішок розміром більше 5 мкм на мембрану зворотного осмосу. Потрапляння цих часточок може викликати забруднення мембран і, як наслідок, зниження продуктивності всієї установки.

Основними характеристиками мембран є продуктивність і селективність. Однак, ці характеристики залежать не лише від самої мембрани, але і від параметрів процесу розділення. До таких параметрів, в першу чергу, відносяться: тиск, температура, солевміст вихідної води і гідравлічний ККД [6].

При збільшенні робочого тиску питома продуктивність мембран зростає лінійно, а селективність зростає завдяки тому, що дифузійне перенесення іонів від тиску не залежить, а розчинника проходить через мембрану більше. Крім

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		38

того, із зростанням тиску відбувається деяке стиснення (ущільнення) мембрани [5].

Зі збільшенням температури підвищується рухливість іонів і молекул, що в підсумку забезпечує зростання питомої продуктивності мембрани при одночасному зниженні її селективності. Суттєвим аспектом при розробці мембранних установок є облік температури живильної води. Паспортні показники мембран зазвичай наводяться для температури 25 °С.

При збільшенні солевмісту вихідної води збільшиться осмотичний тиск вихідного розчину і суттєво менше (через селективність мембрани) – осмотичний тиск перміату. Отже, зменшується різниця тисків $\Delta P - \Delta \pi$, що призведе до зниження продуктивності мембрани [5].

Підвищення виходу призводить до збільшення середньої концентрації розчинених речовин, а крім того підсилює вираженість концентраційної поляризації, через що підвищується концентрація солей над поверхнею мембрани. Все це веде до падіння як селективності, так і питомої продуктивності. Збільшення виходу перміату можливе до певної межі, поки значення осмотичного тиску концентрату через збільшення його солевмісту не наблизиться до тиску живильної води. Тоді процес перенесення води припиняється.

Іншим стримуючим фактором може з'явитися досягнення концентрацією малорозчинних солей межі розчинення, що призведе до масового забруднення мембран відкладеннями [5].

Проаналізувавши вплив всіх факторів, обираємо тиск в модулі для зворотного осмосу (1,2÷1,4) МПа, що є оптимальним для даного процесу. Вихід за перміатом складає 60% – це забезпечує мінімальну концентраційну поляризацію при заданому солевмісті.

Таким чином, в даному розділі проведено аналіз теоретичних основ методів підготовки води очищеної, які використовуються в технологічній схемі. Також описано основні норми та залежності процесу підготовки води методом зворотного осмосу, технологію промивання мембран.

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

Вода питна надходить через водомір у ємність акумулювання питної води (2). В холодний період року, коли температура питної води нижче 15°C, вода питна подається до теплообмінника (1), де підігрівається до температури (20±5)°C. В якості живильної води використовується вода очищена та вода для ін'єкцій після миття та ополіскування флаконів.

Вода за допомогою насоса (11) поступає на дві установки пом'якшення (3), що підключені паралельно. Кожна з установок складається з двох колон марки Ecosoft FU 1665CE зі склопластику, в які завантажений іонообмінний матеріал. В кожній установці працює по одній колоні, в той час як інша знаходиться на стадії регенерації або промивання. Тим самим забезпечується постійна необхідна продуктивність. В процесі пом'якшення з води видаляються катіони твердості (Ca^{2+} , Mg^{2+}) і заміщуються на іони Na^{+} .

Іонообмінний матеріал – катіоніт марки Dowex Marathon C регенерують за допомогою 5-10% розчину повареної солі. Процес регенерації проводиться автоматично в залежності від кількості виробленої пом'якшеної води. 5-10% розчин повареної солі готується в поліпропіленовому реакторі з гідромішалкою (8). Регенераційна вода поступає у збірник (7) і скидається в каналізацію.

Пом'якшена вода частково повертається для зворотного промивання колони, а основна частина поступає на два, паралельно встановлені, вугільні фільтри (4) марки Ecosoft FPA 3072CE15. Під час робочого циклу неочищена вода проходить через фільтруючий шар активованого вугілля марки Aquacarb 607C 14x40 у низпадаючому напрямку. При цьому хлор, що міститься у воді, адсорбується активованим вугіллям завантаженим у фільтр. Під час зворотного промивання неочищеною водою видаляються механічні й органічні забруднення з фільтра в бак-збірник (9), звідки вони скидаються в каналізацію.

Вода після системи дехлорування подається на префільтри з рейтингом фільтрації 5 мкм, що входять в комплект зворотноосмотичної установки, звідки насосом високого тиску (10) надходить на гіперфільтрацію установкою зворотного осмосу (5) марки Ecosoft MO-12. Установка складається з

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

дванадцяти мембран рулонного типу марки DOW Chemical, марки Filmtec XLE-440. Дана установка обладнана високопродуктивними мембранними модулями з селективністю не менше 99,0%.

Система призначена для видалення органічних та неорганічних речовин, мікроорганізмів. Установки обладнані засобами керування та контрольно-вимірювальними приладами.

Після цього вода потрапляє в бак-збірник очищеної води (13).

Електропровідність одержуваної води не вище 4,3 мкСм/см [1].

Очищення мембранних елементів установки зворотного осмосу здійснюється в автоматичному режимі за допомогою 2%-го розчину лимонної кислоти, що знаходиться в баці (6) та 0,1% розчину гідроксиду натрію з баку (14).

Крім хімічного промивання установку піддають гідродинамічному очищенню, відкриттям байпасного потоку рецикла (щоб збільшити швидкість потоку води) та наступному очищенню перміатом, що подається насосом (12) зі збірника очищеної води (13).

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

5 ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ З СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕНЕРГОНОСІЇВ

5.1 Витратний коефіцієнт повареної солі на регенерацію катіоніту

Для регенерації катіоніту використовують 10% розчин солі NaCl. Згідно технічних параметрів фільтру пом'якшення води витрата солі складає 7,5 кг на одну регенерацію. За добу проводять дві регенерації, тоді добова витрата солі для одного фільтра складає:

$$\beta_{\text{солі}} = \frac{n_{\text{рег}} \cdot G}{Q \cdot 24}, \quad (5.1)$$

де $n_{\text{рег}}$ – кількість регенераційних циклів на добу;

G – витрата солі на одну регенерацію, кг;

Q – продуктивність за очищеною водою, м³/год;

24 – кількість годин в добі, год:

$$\beta_{\text{солі}} = \frac{2 \cdot 7,5}{12 \cdot 24} = 0,052 \frac{\text{кг солі}}{\text{м}^3}.$$

Витрата води для приготування 10% розчину солі складає:

$$\beta_{\text{вод.питн.}} = \frac{n_{\text{рег}} \cdot G \cdot \left(\frac{100\%}{10\%} - 1 \right)}{Q \cdot 24 \cdot 1000}; \quad (5.2)$$

$$\beta_{\text{вод.питн.}} = \frac{2 \cdot 7,5 \cdot \left(\frac{100\%}{10\%} - 1 \right)}{12 \cdot 24 \cdot 1000} = 0,00047 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}.$$

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

5.2 Витратний коефіцієнт електроенергії

Потужність обладнання технологічної схеми наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Потужність обладнання

Обладнання	Потужність, кВт	Кількість	Зальна потужність, кВт
Теплообмінник	30	1	30
Катіонітовий фільтр	0,03	4	0,12
Вугільний фільтр	0,03	2	0,06
Зворотноосмотична установка	18,5	1	18,5
Насос	5	3	15

Отже, сумарна потужність технологічного обладнання складає:
 $P=63,68\text{кВт}$.

Витратний коефіцієнт електроенергії на 1 м^3 води очищеної:

$$\beta_{\text{е.е.}} = \frac{P \cdot \tau}{Q \cdot 24}, \quad (5.3)$$

де τ – час роботи обладнання за добу, год:

$$\beta_{\text{е.е.}} = \frac{63,68 \cdot 24}{12 \cdot 24} = 5,307 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^3}.$$

В даному розділі дипломного проекту розраховано основні витратні коефіцієнти сировини та енергетичних ресурсів задля знесолення води для потреб фармацевтичної промисловості.

6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Потужність цеху підготовки води складає 12 м³/год. Знесолену воду необхідної якості отримують з питної води шляхом пом'якшення її на На-катионітових фільтрах, очищення від органічних та хлорвмісних речовин на вугільних фільтрах та подальшою гіперфільтрацією на установці зворотного осмосу.

Схема виробництва складається з таких процесів: На-катионування, сорбційна очищення та гіперфільтрація.

6.1 Розрахунок та вибір основного апарата

Головним апаратом схеми є установка зворотного осмосу (ЗОУ). Для вибору мембран, що будуть використані в установці, необхідно визначити температуру та тиск процесу.

З підвищенням температури води, що очищається селективність мембран майже не змінюється, а питома продуктивність збільшується в першому наближенні обернено пропорційно в'язкості перміату (в тому діапазоні температур, де мембрани не руйнуються від термічного впливу). Однак, з підвищенням температури зростає швидкість гідролізу полімерних мембран і скорочується термін їх служби. Враховуючи це, зворотноосмотичний процес доцільно проводити за температури навколишнього середовища (зазвичай 20-25 °С).

Зі збільшенням перепаду робочого тиску зростає рушійна сила зворотного осмосу і збільшується питома продуктивність мембран. Однак, при високих тисках полімерні мембрани здатні до ущільнення, яке при певному тиску, що залежить від структури мембрани, може нейтралізувати ефект підвищення рушійної сили. Крім того, при високих тисках мембрани швидше забруднюються зваженими мікрочастинками, через те, що за цих умов

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		44

забруднюючим частинкам легше потрапити в пори мембрани і на поверхні мембрани утворюється більш щільний осад мікрочастинок.

Обираємо температуру процесу 20-25 °С , тиск – 0,8...1,4 МПа.

При виборі мембрани слід починати з того, що вона повинна мати максимальну питому продуктивність за селективності, що забезпечує виконання вимог щодо якості перміату (відповідність санітарним нормам, технічним умовам підприємства, допустимим втратам розчиненої речовини і т.д.). Крім того, мембрана повинна володіти високою хімічною стійкістю у відношенні до розчину, що очищується .

Розрахунок мембранної установки проводиться, коли прийняті наступні вихідні дані:

- тип мембран;
- потужність виробництва;
- вплив зовнішніх факторів на технологічні параметри мембран, такі

як тиск, температура та концентрація.

Вихідні дані:

Продуктивність по очищеній воді: $G_v = 12 \text{ м}^3/\text{год}$.

Загальний солевміст вхідної води $SS_i = 150 \text{ мг/дм}^3$.

Вихід перміату: $K_p = 20 \%$.

Селективність мембран: $K_o = 99 \%$.

Ступінь рециклу: $K_r = 30 \%$

Вимоги до якості вихідної води після знесолення: електропровідність 4,3мкСм/см.

Схематичне зображення схеми зворотного осмосу зображено на рисунку 6.1.

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

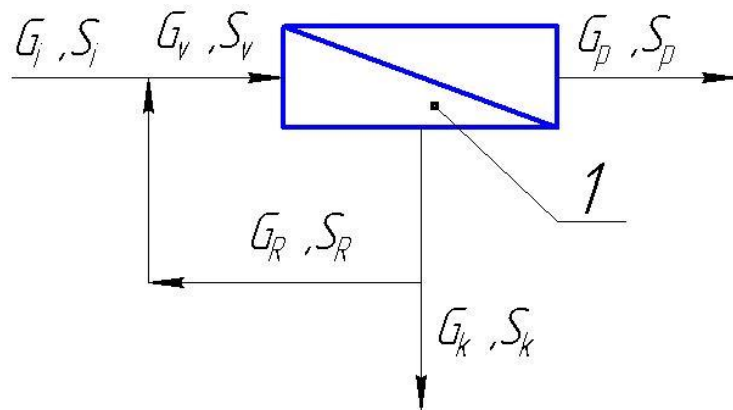


Рисунок 6.1 – Схематичне зображення схеми зворотного осмосу з рециклом концентрату.

Використовуючи позначення з рисунку 6.1 складемо матеріальний баланс системи:

$$G_i \cdot S_i = G_p \cdot S_p + G_k \cdot S_k \quad (6.1)$$

Перші два рівняння системи виводяться з того ж принципу: матеріальний баланс змішувача (вузол змішування рецикла з необробленою водою на вході в зворотноосмотичну установку) і роздільник (власне мембрани), а також рівняння для визначення $S_p = f(S_v, K_o)$:

$$G_v \cdot S_v = G_k \cdot S_k + G_p \cdot S_p \quad (6.2)$$

$$G_v \cdot S_v = G_i \cdot S_i + G_R \cdot S_R \quad (6.3)$$

$$S_p = S_v \cdot (1 - K_o) \quad (6.4)$$

Таким чином, отримали три рівняння з трьома невідомими S_v , S_k , S_p . Розв'язок цієї системи в MathCad 14 при фіксованому значенні K_r та відомих K_o і K_p представлено в Додатку А. Результати розв'язку наведені у таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Результати розрахунку

Параметр	Позначення на схемі	Розмірність	Значення
Витрата живильної води	G_i	м ³ /ГОД	9,12
Витрата води, що надходить в ЗОУ	G_v	м ³ /ГОД	12
Загальний солевміст води, що надходить в ЗОУ	S_v	мг/дм ³	165
Витрата концентрату після ЗОУ	G_k	м ³ /ГОД	9,6

Продовження таблиці 6.1

Загальний солевміст концентрату після ЗОУ	S_k	мг/дм ³	181,5
Витрата перміату	G_p	м ³ /год	2,4
Загальний солевміст перміату	S_p	мг/дм ³	1,65
Витрата концентрату, що повертається в рецикл	G_r	м ³ /год	2,88
Витрата концентрату, що скидається у каналізацію	G_s	м ³ /год	6,72

Для розрахунку обираємо мембрану марки Filmtec XLE-440 DOW Chemical (США). Продуктивність її за перміатом складає 1 м³/год.

Розраховуємо кількість мембран за формулою:

$$n = \frac{G_v}{G_{mb}}, \quad (6.5)$$

де G_{mb} – продуктивність 1 мембрани за перміатом:

$$n = \frac{12}{1} = 12 \text{ штук.}$$

За заданою продуктивністю обираємо ЗОУ марки Ecosoft MO-12.

Тип мембранного елементу – Filmtec XLE-440 DOW Chemical (США)

Таблиця 6.2 – Базова комплектація обраної ЗОУ

Назва	Кількість, шт.
Префільтр картридж ний тонкого очищення, 5мкм	1
Насос високого тиску Grundfos	1
Мембранний елемент	6
Мембранотримач	6
Щит управління	1
-ротаметри, манометри, датчик сухого ходу; -автоматичні клапани; -датчик та індикатор електропровідності;	КОМПЛЕКТ

Рама установки	1
Запірна та регулювальна арматура	Комплект
Трубна обв'язка	Комплект

Робочі характеристики установки наведені у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Робочі характеристики ЗОУ

Назва	Розмірність	Значення
Електроживлення	В	400
	Гц	50
Потужність насоса	кВт	18,5
Тиск на вході	МПа	0,2-0,4
Робочий тиск в модулі	МПа	1,2-1,4
Габарити установки	мм	4800×990×1100

Зворотноосмотичні мембрани класу XLE-440 виробництва компанії Dow Chemical (США), забезпечують ефективну очистку води від широкого спектра розчинених речовин як органічного, так і неорганічного походження (до 99,8%). Вони характеризуються високою стійкістю до хімічних сполук, стабільною структурою, низькою енергоємністю і забезпечують більш високу продуктивність у порівнянні з аналогами. Мембрани XLE призначені для знесолення води з вмістом солей до 1000 мг/дм³. Робочий тиск – 0,8 МПа. Селективність - 99.0%. Активна площа - 41 м². Діаметр елемента – 20 см.

Зворотноосмотичні мембранні елементи забезпечують найбільш глибоке очищення води від домішок. Вони мають отвори діаметром менше 0,01 мікрон, працюють при тисках від 1 до 12 МПа і дозволяють здійснювати глибоке знесолення води. Зворотний осмос застосовують для отримання надчистої води для виробничих потреб, а також при опрісненні морської і солонуватих підземних вод, причому ступінь знесолення (селективність) досягає 99,8%.

- Тип мембрани: поліамідна тонко плівкова композитна;
- Максимальна робоча температура: 45°C;
- Максимальний робочий тиск: 4,1 МПа;

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		48

- Діапазон рН, безперервна робота: 2-11;
- Діапазон рН, коротка промивання (30хв): 1-12;
- Допустима кількість вільного хлору: <0,1 мг/дм³.

За певних умов наявність вільного хлору та інших окисників провокує дострокове псування мембрани.

Розрахуємо проектну товщину стінки корпуса та товщину стінки плоскої кришки.

Розрахунковий тиск за умовами міцності (МПа) визначається за формулою:

$$P_{pl} = \text{MAX}\{(P_{i\max} - P_{j\min}); (P_{j\max} - P_{i\min})\}, \quad (6.6)$$

де $P_{i\max}$, $P_{i\min}$ – максимальний та мінімальний за умовами роботи тиск всередині стінки, МПа;

$P_{j\max}$, $P_{j\min}$ – максимальний та мінімальний за умовами роботи тиск ззовні стінки, МПа.

До розрахунку приймаємо $P_{j\max}=P_d=2,8$ МПа, $P_{i\min}=P_{\text{атм}}=0,1$ МПа.

Тоді:

$$P_{pl} = 2,8 - 0,1 = 2,7$$

Проектна товщина стінки апарата S , мм розраховується за формулою (6.7):

$$S = s_p + c_1 + c_2 + a \quad (6.7)$$

де S_p – розрахункова товщина стінки елемента апарату.

Розрахункова товщина стінки за умовами міцності, визначається за формулою (6.8):

$$s_p = \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi - P_p} \quad (6.8)$$

де D – внутрішній діаметр апарату:

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$s_p = \frac{2,7 \cdot 200}{2 \cdot 160 \cdot 1 - 2,7} = 1,7$$

Приймаємо проектну товщину стінки апарату $S=2$ мм.

Розрахункова товщина стінки плоскої кришки визначається за формулою (6.9):

$$S_{ip} = K \cdot K_0 \cdot D_p \cdot \sqrt{\frac{P_{pi}}{\varphi \cdot [\sigma]}} \quad (6.9)$$

де D_p – розрахунковий діаметр $D_p = D$, мм;

P_{pi} – розрахунковий тиск за умовами міцності, береться таким самим як і для циліндричної обечайки, до якої кріпиться кришка або днище, МПа;

K - коефіцієнт, який залежить від виду зварного з'єднання днища та кришки з циліндричною обечайкою;

K_0 - коефіцієнт, який враховує послаблення днища або кришки отворами.

До розрахунку приймаємо $K=0,53$.

Коефіцієнт послаблення K_0 для кришок, які мають один отвір, визначається за формулою (6.10):

$$K_0 = \sqrt{1 + \frac{d}{D} + \left(\frac{d}{D}\right)^2} \quad (6.10)$$

де d – діаметр отвору, мм:

$$K_0 = \sqrt{1 + \frac{36}{200} + \left(\frac{36}{200}\right)^2} = 1,1.$$

Підставляємо чисельні значення у формулу (6.9):

$$S_{ip} = 0,53 \cdot 1,1 \cdot 200 \cdot \sqrt{\frac{2,7}{1 \cdot 160}} = 15,2 \text{ мм.}$$

Приймаємо розрахункову товщину стінки кришки апарата $S_{ip}=15,5$ мм.

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

6.2 Розрахунок та вибір допоміжного технологічного обладнання

6.2.1 Розрахунок іонообмінної колони стадії Na-катіонування

Необхідна загальна площа фільтрування:

$$F = \frac{Q}{V_{\phi}}, \text{ м}^2, \quad (6.11)$$

де V_{ϕ} – швидкість фільтрування, м/с, Q – продуктивність, м³/год:

$$F = \frac{12}{0,0017 \cdot 3600} = 1,96 \text{ м}^2.$$

Площа 1 іонообмінного фільтра:

$$f_{\phi} = \frac{\pi D^2}{4}, \text{ м}^2, \quad (6.12)$$

де D – діаметр;

Обираємо іонообмінний фільтр діаметром 800 мм = 0,8 м. Площа поперечного перерізу одного фільтра становитиме:

$$f_{\phi} = \frac{3,14 \cdot (0,8)^2}{4} = 0,5024 \text{ м}^2.$$

Тоді, необхідна кількість фільтрів:

$$N_{\phi} = F/f_{\phi} = 1,96/0,5024 = 3,9 \approx 4 + 1 \text{ резервний}. \quad (6.13)$$

Загальний об'єм іоніту, який необхідно загрузити в усі фільтри:

$$V = N_{\phi} \cdot f_{\phi} \cdot H_{\text{сл}}, \quad (6.14)$$

де $H_{\text{с}}$ – висота шару завантаженого іоніту, м. $H_{\text{с}} = 1,5$ м:

$$V = 4 \cdot 0,5024 \cdot 1,5 = 3,014 \text{ м}^3.$$

Обираємо іонообмінні колони марки Ecosoft FU 1665CE з продуктивністю інтервалом 5,2-6,2 м³/год та робочим тиском 0,2-0,6 МПа.

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

6.2.2 Розрахунок вугільного фільтру

Розрахуємо витрату сорбенту (активоване вугілля марки Aquasarb 607C):

$$G_c = Q \cdot D_c, \quad (6.15)$$

де D_c – доза сорбента, $\text{кг}/\text{м}^3$;

Q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$:

$$G_c = 12 \cdot 1,3 = 15,6 \text{ кг/год.}$$

Концентрація сорбента в воді після одноступеневого очищення:

$$C_3^1 = \frac{Q}{Q + K_a \cdot G_c} \times C_{\text{вих.}}, \quad (6.16)$$

де $C_{\text{вих}}$ – концентрація сорбату у вихідній воді, $\text{мг}/\text{дм}^3$. $C_{\text{вих}} = 1000 \text{ мг}/\text{дм}^3$;

K_a – константа адсорбційної рівноваги. $K_a = 650 \text{ м}^3/\text{кг}$:

$$C_3^1 = \frac{12}{12 + 650 \cdot 15,6} \times 1000 \times 10^{-6} = 1,18 \cdot 10^{-6} \text{ кг}/\text{дм}^3 = 1,18 \text{ мг}/\text{дм}^3.$$

Ступінь очищення води:

$$\alpha = (1000 - 1,18)/1000 = 99,88 \% \approx 100 \%.$$

Встановлюємо два вугільні фільтри марки Ecosoft FPA 3072CE15 та один резервний, що працюють під тиском 0,2-0,6 МПа та об'ємом активованого вугілля (Aquasarb 607C) 187,5 кг кожний.

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

6.2.3 Розрахунок баку прийому неочищеної води

Необхідна площа поперечного перерізу баку:

$$F = \frac{Q \cdot T}{H}, \quad (6.17)$$

де F – площа поперечного перерізу баку, м^2 ;

Q – витрата неочищеної води, $\text{м}^3/\text{год}$;

T – час перебування води в баці, год;

H – глибина шару води в баці, м.

$$F = \frac{12 \cdot \left(\frac{5}{60}\right)}{3} = 0.33 \text{ м}^2.$$

Обираємо бак діаметром 0,8 м. Площа поперечного перерізу баку становить:

$$f_{\phi} = \frac{3,14 \cdot (0,8)^2}{4} = 0,50 \text{ м}^2.$$

Тоді необхідна кількість баків:

$$n = \frac{F}{f} = \frac{0.33}{0.5} = 0,66 \approx 1. \quad (6.18)$$

6.2.4 Розрахунок баку-збірника перміату

Необхідна площа поперечного перерізу баку:

$$F = \frac{Q \cdot T}{H}, \quad (6.19)$$

$$F = \frac{12 \cdot \left(\frac{15}{60}\right)}{3} = 1 \text{ м}^2.$$

Обираємо бак діаметром 1,2 м. Площа поперечного перерізу баку становить:

$$f_{\phi} = \frac{3,14 \cdot (1,2)^2}{4} = 1,13 \text{ м}^2.$$

Тоді необхідна кількість баків:

$$n = \frac{F}{f} = \frac{1}{1,13} = 0,88 \approx 1. \quad (6.20)$$

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		53

6.2.5 Вибір насосів

Вибір насосів для подачі води у відділенні іонного обміну та адсорбції здійснюємо за продуктивністю та енерговитратами. Опираючись на ці дані обираємо відцентрові горизонтальні насоси консольного типу марки К50-32-125 «Агроводоком». Матеріал основних частин – сірий чавун, матеріал валу насоса – сталь. Характеристики насосу наведені в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Характеристика насосів перед МЗО

Параметр	Подача, м ³ /год	Напір, м	Частота обертання, об./хв	Потужність, кВт
Значення	12,5	10-20	3000	4,0

Насос високого тиску для подачі води у мембрани зворотного осмосу входить в комплект зворотноосмотичної установки.

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- та пожежонебезпечність і шкідливість умов роботи спричиняють підвищену увагу до питань автоматизації хіміко-технологічних процесів.

Автоматичні контроль та керування виробничими технологічними процесами забезпечують високу якість продукції, раціональне використання сировини та енергії, подовження термінів міжремонтного періоду роботи устаткування, зменшення чисельності технічного персоналу.

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.

Контроль якості води, зокрема її мікробіологічної чистоти, є важливим аспектом, і фармацевтична промисловість виділяє значні ресурси для розробки та технічного обслуговування систем очищення води.

7.1 Аналіз технологічного процесу отримання води очищеної

На підставі здійсненого аналізу особливостей технологічного процесу отримання очищеної води слід передбачити автоматичний контроль і регулювання таких параметрів:

- температури міжтрубного водного середовища теплообмінника 1;
- рівня води у збірнику 2;
- перепаду тиску в іонообмінних колонах 3;
- витрати неочищеної води у трубопроводах 1с, 1п;
- перепаду тиску у вугільних фільтрах 4;

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		55

- перепаду тиску в установці зворотного осмосу 5;

Основні параметри регулювання та контролю виробництва наведено в таблиці 7.1

Таблиця 7.1 – Параметри регулювання та контролю виробництва [15]

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	2	3	4
Теплообмінник 1	Температура	15...25 °С	Контроль, регулювання
Збірник 2	Рівень	1,5...2 м	Контроль, регулювання
Іонообмінні колони 3	Перепад тиску	0,2...0,6 МПа	Контроль, сигналізація
Трубопровід 1с	Витрата	10...12 м ³ /год	Контроль, регулювання
Трубопровід 1п	Витрата	10...12 м ³ /год	Контроль, регулювання
Вугільні фільтри 4	Перепад тиску	0,2...0,6 МПа	Контроль, сигналізація
Установка зворотного осмосу 5	Перепад тиску	1,2...1,4 МПа	Контроль, сигналізація

7.2 Опис розробленої схеми автоматизації

У розробленій схемі запропоновано можливий варіант автоматизації процесу отримання води очищеної. Для нормальної роботи усього технологічного устаткування, мінімізації можливих людських помилок, стабілізації, контролю та реєстрації технологічних параметрів розроблено схему автоматизації, яка покликана вирішувати всі ці задачі.

Для контролю та регулювання витрати неочищеної води в трубопроводі (1п) розроблено контури 4, 6, 8, 10, що складаються з первинних перетворювачів витрати (4-1, 6-1, 8-1, 10-1), проміжних перетворювачів (4-2, 6-2, 8-2, 10-2), приладів вторинного показувального, реєструвального (4-3, 6-3, 8-3, 10-3), регулювальних блоків (4-4, 6-4, 8-4, 10-4), пускачів магнітних

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		56

безконтактних (МП2, МП3, МП4, МП5), виконавчих механізмів (4-5, 6-5, 8-5, 10-5) [16].

Для контролю, реєстрування та регулювання температури в теплообміннику (1) розроблено контур 1, який складається з первинного термоперетворювача температури (1-1), автоматичного показувального і реєструвального вторинного приладу (1-2), мікропроцесорного регулятора (1-3), пускача магнітного безконтактного (МП1), виконавчого механізму (1-4).

Для контролю, реєстрування та регулювання рівня в збірнику (2), розроблено контур 2, який складається з рівнеміра буйкового з пневматичним передавальним перетворювачем (2-1), пневматичного показувального і реєструвального приладу (2-2), регулятора пневматичного, пропорційно-інтегрального (2-3), виконавчого механізму (2-4).

Для контролю та сигналізації перепаду тиску в іонообмінних колонах (3), вугільних фільтрах (4) та установці зворотного осмосу (5) розроблено контури 3, 5, 7, 9, 11, 12, 13. Вищенаведені контури складаються з вимірювального перетворювача різниці тисків (3-1, 5-1, 7-1, 9-1, 11-1, 12-1, 13-1), вторинного показувального та реєструвального приладу з вбудованим пристроєм сигналізації (3-2, 5-2, 7-2, 9-2, 11-2, 12-2, 13-2) [16].

Специфікацію устаткування, приладів та електроапаратів, яка містить усі використані в схемі технічні засоби автоматизації, наведено в додатку Б.

Отже, рішення по автоматизації в даній схемі успішні, це дає можливість практично виключити людину з процесу виробництва. Потрібна тільки присутність оператора, щоб слідкувати за процесом по приладах, яві вдало розміщені на пульті керування. Дане виробництво для людини є відносно безпечне. Є перспектива модернізації і подальшого розвитку системи автоматизації даного технологічного процесу.

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

8 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

8.1 Структурна схема цеху хімічного очищення води

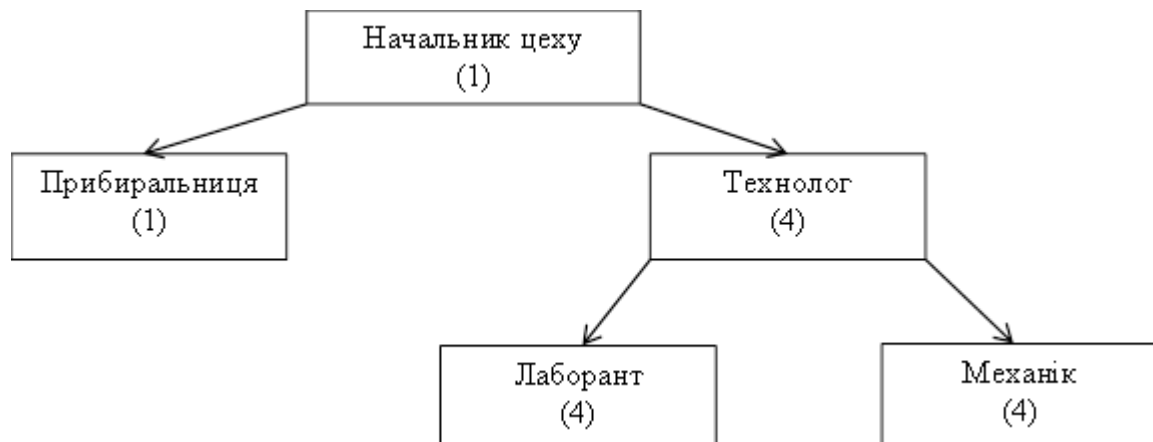


Рисунок 8.1 – Організаційно-структурна схема цеху.

Начальник цеху – здійснює керівництво виробничо-господарської діяльності цеху, проводить роботу з удосконалення організації виробництва в цілому.

Технолог – забезпечує організацію виробництва, дотримання затвердженої технології, координує дії працівників цеху, відповідає за якість готової продукції, за працездатність обладнання, його своєчасне технічне обслуговування.

Механік – діагностика та виправлення технічних негараздів обладнання.

Лаборант – перевірка пом'якшеної та стічної вод, а також реагентів на якість.

Прибиральниця – догляд за чистотою приміщення.

8.2 Технологічна підготовка виробництва

Класифікація виробничих процесів цеху:

- Купівля засобів і реактивів для підготовки води.
- Прийом водопровідної води.
- Пом'якшення води.
- Фільтрація на вугільних фільтрах.
- Зворотноосмотичне очищення.
- Промивання обладнання (баки, ємності для приготування вихідних сумішей, трубопроводи, загрузочні фільтри).
- Утилізація відходів.
- Заміна відпрацьованих елементів установки (реактиви, фільтри).

Таблиця 8.1 – Класифікація виробничих процесів цеху на основні, допоміжні, підсобні та побічні.

Основні	1. Прийом водопровідної води 2. Пом'якшення води 3. Фільтрація на вугільних фільтрах 4. Зворотноосмотичне очищення 5. Контроль якості продукції
Допоміжні	1. Купівля засобів і реактивів для підготовки води 2. Промивання обладнання (баки, ємності для приготування вихідних сумішей, трубопроводні системи)
Підсобні	1. Заміна відпрацьованих елементів установки
Побічні	1. Утилізація відходів

Відходи виробництва, такі як, відпрацьовані іоніт, активоване вугілля, утилізуються іншим підприємством, що здійснює це за власний кошт. Решта йде в рецикл.

Вид руху предметів праці (ВРПП) – порядок проходження предметів праці через усі стадії виробничого циклу [17].

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 8.2

Таблиця 8.2 – Тривалість операцій виробничого процесу

№	Операція	Час виконання, хв.
1	Прийом водопровідної води	5
2	Пом'якшення води	15
3	Фільтрація на вугільних фільтрах	15
4	Зворотній осмос	15
5	Контроль якості	10

Запланований випуск води очищеної складає 24 партії/добу.

Послідовний ВРПП – наступна одиниця сировини подається на обробку лише після завершення обробки попередньої одиниці продукції [17].

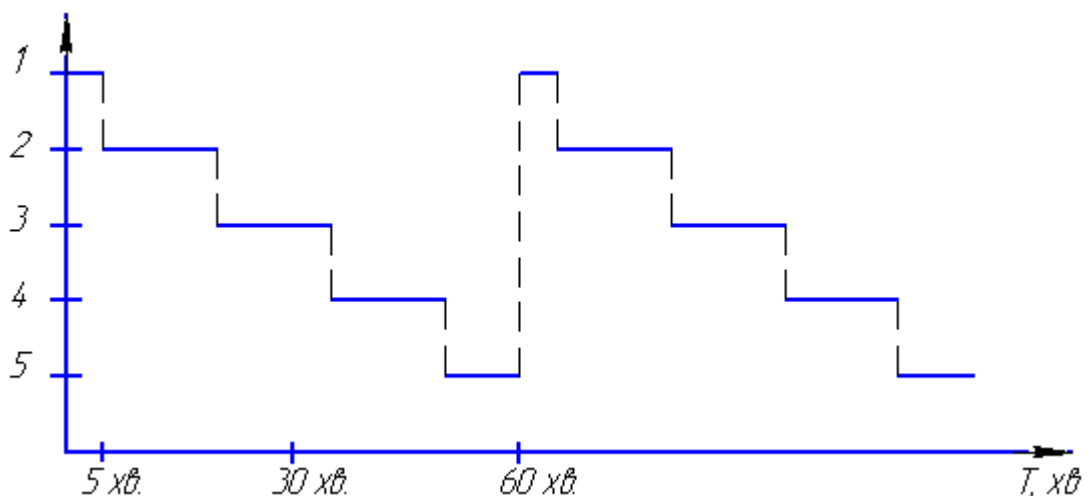


Рисунок 8.2 – Графік послідовного ВРПП.

$$T_{\text{вц}} = B_i \sum_{i=1}^n t_i, \quad (8.1)$$

де B – необхідний випуск продукції, партій;

$\sum_{i=1}^n t_i$ – сумарний час, який йде на виготовлення одиниці продукції, хв.

$$\sum_{i=1}^n t_i = 5 + 15 + 15 + 15 + 10 = 60 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{вц}} = 24 \cdot 60 = 1440 \text{ хв} = 24 \text{ год} = 1 \text{ доба}$$

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		60

$$B = \frac{T_{\text{вц}}}{\Sigma t} = \frac{24 * 60}{60} = 24 \frac{\text{ум. партій}}{\text{добу}}.$$

Чисельність – 1 особа.

Кількість обладнання – 5 од.

Паралельний ВРПП – наступна одиниця сировини поступає в обробку після звільнення обладнання від попередньої і переходу її на наступну стадію.

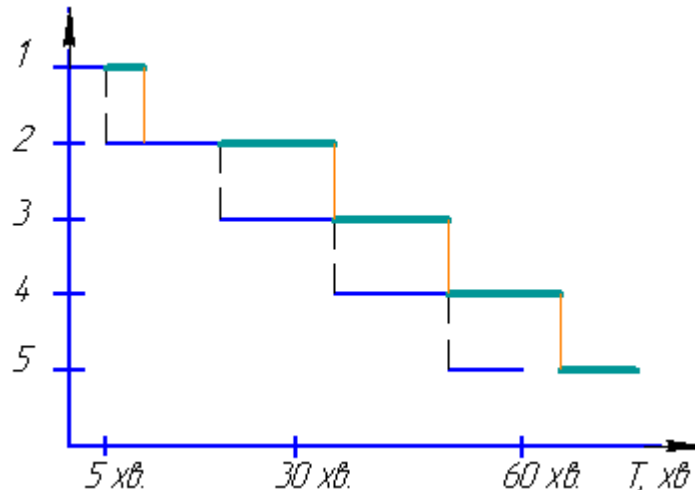


Рисунок 8.3 – Графік паралельного ВРПП.

Для паралельного ВРПП тривалість виробничого циклу складатиме:

$$T_{\text{вц}} = \sum_{i=1}^n t_i + (B-1) \cdot t_{\text{max}}, \quad (8.2)$$

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

$$T_{\text{вц}} = 60 + (24 - 1) \cdot 15 = 405 \text{ хв} \approx 0,28 \text{ доби}.$$

$$B = \frac{t_{\text{доб}} - \Sigma t}{t_{\text{max}}} = \frac{24 * 60 - 60}{15} = 92 \frac{\text{ум. партій}}{\text{добу}}.$$

Чисельність – 5 осіб.

Кількість обладнання – 5 од.

Синхронізований ВРПП – наступна одиниця сировини подається на обробку на іншу технологічну лінію не очікуючи завершення обробки попередньої одиниці [17].

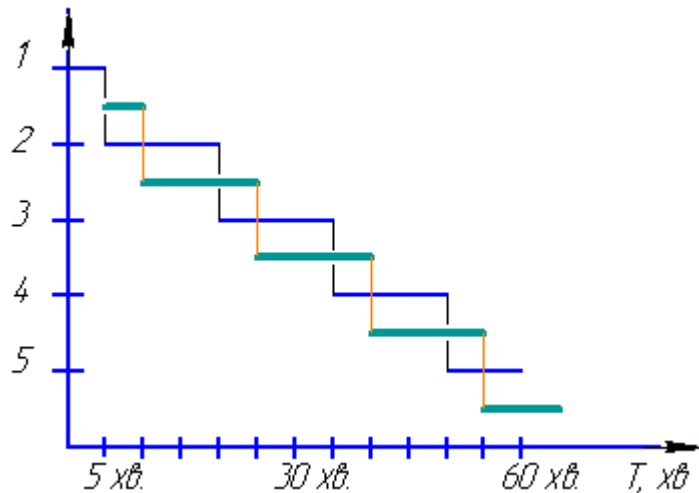


Рисунок 2.4 – Графік синхронізованого ВРПП.

Ритм – період між завантаженням попередньої і наступної одиниці продукції .

Прийmemo ритм як тривалість найкоротшої стадії: $R = 5$ хв.

$$T_{\text{вц}} = \sum_{i=1}^n t_i + (B - 1)R = 60 + (24 - 1) \cdot 5 = 175 \text{ хв} \approx 0,12 \text{ доби.} \quad (8.3)$$

$$B = \frac{t_{\text{доб}} - \sum t}{R} + 1 = \frac{24 \cdot 60 - 60}{5} + 1 = 277 \frac{\text{ум. партій}}{\text{добу}}.$$

Кількість обладнання:

$$N_{1 \text{ обл.}} = \frac{t_1}{R} = \frac{5}{5} = 1 \text{ од.} \quad (8.4)$$

$$N_{2 \text{ обл.}} = \frac{t_2}{R} = \frac{15}{5} = 3 \text{ од.} \quad (8.5)$$

$$N_{3 \text{ обл.}} = \frac{t_2}{R} = \frac{15}{5} = 3 \text{ од.} \quad (8.6)$$

$$N_{4 \text{ обл.}} = \frac{t_2}{R} = \frac{15}{5} = 3 \text{ од.} \quad (8.7)$$

$$N_{5 \text{ обл.}} = \frac{t_6}{R} = \frac{10}{5} = 2 \text{ од.} \quad (8.8)$$

Чисельність – 12 осіб.

Після аналізу графіків, що показують вид руху предметів праці, можна зробити висновок, що при послідовному виді руху предметів праці випуск запланованої кількості продукції за добу триває – 1 добу. При паралельному виді руху предметів праці – 0,28 доби, проте при такій організації виробництва на 5-ій операції відбувається розрив у роботі лаборанта та пролежування продукції на 2-ій стадії. При синхронізованому виді руху предметів праці з ритмом у 5 хвилини запланований випуск продукції виготовляється за

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		62

0,12 доби, але необхідно встановлення додаткових дороговартісних виробничих ліній.

Таким чином, послідовний вид руху предметів праці є оптимальним, що забезпечує необхідну ефективність підприємства і задовольняє потреби споживача у очищеній воді.

Підприємство працює 7 днів на тиждень у три зміни, тривалість зміни 8 годин. Кількість днів у році 365. Підприємство працює протягом 365 днів.

Середньорічна тривалість роботи виробництва [17]:

$$T_{\text{вц}}^{\text{ср.р.}} = \frac{D_K \cdot 24}{T_p \cdot D_p} \cdot T_{\text{вц}}^{\text{ф}}, \quad (8.9)$$

де 24 – кількість годин на добу;

D_K – кількість календарних днів у році;

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

$T_{\text{вц}}^{\text{ф}}$ – фактична тривалість роботи:

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

Річний випуск продукції для обраного ВРПП:

$$B_{\text{річ}} = B_{\text{доб}} \cdot 365 = 24 \cdot 365 = 8760 \text{ ум.партій/рік}.$$

Кількість м^3 води в 1 партії складає 12 м^3 , тоді випуск м^3 води за рік становитиме $8760 \cdot 12 = 105\,120 \text{ м}^3$.

За обраним ВРПП необхідно придбати по 1 одиниці обладнання на кожну стадію. Проте з урахуванням потреби у резерві обладнання додатково враховуємо резервну одиницю обладнання.

Таблиця 8.3 – Обладнання для виробництва очищеної води.

Операція	$N_{\text{обл.}}$
Бак прийому вихідної води	1
Іонообмінна установка	4
Вугільний фільтр	2
Зворотноосмотична установка	1

$$T_{\text{п-ва}}^{\text{прац.}} = \frac{365 - 11}{7} \cdot 40 + (11 - 1) = 2016 \text{ год.}$$

$$N_{\text{бриг}} = 8760 / 2016 = 4,35 = 4 \text{ бригади.}$$

Таблиця 8.4 – Графік змінності бригадного персоналу [17]

Дата	Дні																
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

III зміна: 22:00 – 6:00 Ч_{яв} = 3 особи.

Дата \ Дні																	
Бригада 1	1	1	1	1	1	В	В	1	1	1	1	1	В	В	1	1	1

І зміна: 8:00 – 17:00 Ч_{яв} = 2 особи

Розрахуємо річну тривалість роботи та чисельність виробничого персоналу:

$$T_{п-ва} = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год/рік};$$

$$T_{п-ва}^{прац.} = \frac{365 - T_{св}}{7} \cdot 40 + (T_{св} - 1);$$

$$T_{вир}^{прац.} = \frac{365 - 11}{7} \cdot 40 + (11 - 1) = 2016 \text{ год.}$$

$$T_{рік \text{ факт}}^{прац} = \frac{365}{T_{зм.обор}} \cdot (T_{зм.обор} - T_{вих}) \cdot t_{зм}; \quad (8.11)$$

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

$$T_{перепрац} = 2190 - 2016 = 174 \text{ год/рік.} \quad (8.12)$$

$$\text{Ч}_{яв} = 3 \text{ особи} \cdot 3 \text{ зміни} = 9 \text{ осіб.} \quad (8.13)$$

$$\text{Ч}_{сп} = \text{Ч}_{яв} \cdot K_{перерах}, \quad (8.14)$$

$$K_{пер} = T_{п-ва} / T_{прац}, \quad (8.15)$$

$$\text{Ч}_{сп}^{осн.п.} = \text{Ч}_{яв} \cdot \frac{T_{п-ва}}{T_{прац}} = 9 \cdot \frac{8760}{3 \cdot 2190} = 12 \text{ осіб.} \quad (8.16)$$

Розрахуємо річну тривалість роботи та чисельність керуючого та обслуговуючого персоналу [17]:

$$T_{п-ва}^{прац.} = \frac{365 - T_{св}}{7} \cdot 40 + (T_{св} - 1);$$

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

$$\text{Ч}_{яв} = 2 \text{ особи} \cdot 1 \text{ зміна} = 2 \text{ особи.}$$

$$\text{Ч}_{сп}^{адм.} = \text{Ч}_{яв} \cdot \frac{T_{п-ва}}{T_{прац.факт}} = 2 \cdot \frac{2016}{1 \cdot 2016} = 2 \text{ особи.}$$

$$T_{перепрац} = 2016 - 2016 = 0 \text{ год/рік}$$

$$\text{Ч}_{сп} = \text{Ч}_{сп}^{осн.п.} + \text{Ч}_{сп}^{адм.} = 12 + 2 = 14 \text{ осіб} \quad (8.17)$$

8.3 Технічний контроль виробничого процесу

Контроль якості продукції є трьох видів: вхідний, поточний та заключний. В цеху контроль якості води виконується лаборантом.

Об'єкти, які підлягають контролю: сировина, апарати, технологічний процес, готова продукція.

Вхідний контроль полягає у перевірці якості сировини, що надходить на очистку. Вхідному контролю підлягає водопровідна вода. Проби відбираються 2 рази за зміну, результати заносяться до журналу вхідного контролю.

Поточний контроль – це процес перевірки технологічного процесу. Проби води аналізують на загальний солевміст, мікробіологічну чистоту, розчинений хлор 4 рази за зміну. За результатами даного виду контролю ведуть журнал поточного контролю.

Заключний контроль – перевірка готової продукції на якість після обробки. Контролюється електропровідність води очищеної та вміст ендотоксинів. За результатами заключного контролю оформлюють паспорт якості.

Суб'єктами контролю є технолог, лаборант і механік.

Технологічне обладнання підлягає перевірці механіком та технологом після його закупки. Крім того, черговий механік перевіряє стан обладнання на початку та в кінці робочої зміни.

Готову продукцію зберігають і використовують в умовах, що дозволяють запобігти росту мікроорганізмів й уникнути будь-яких забруднень. Резервуари для зберігання води, трубопроводи та арматуру виготовляють із стійких до хімічного дії матеріалів спеціальних марок нержавіючої сталі або скла.

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

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

8.4 Матеріальна, документацій на, організаційно-технічна підготовка
виробництва

ПАСПОРТ № _____

Цех хімічного очищення води

м.Київ, вул.Христенка 14/8

Найменування продукту: ВОДА ОЧИЩЕНА

Якість відповідає: СК.Р 02С.02-07

Партія № _____

Дата виготовлення: _____

Дата проведення аналізу: _____

Дата пакування: _____

Показники якості:

№	Назва показника	СК.Р02С.02-07	Дійсне
1	Питома електропровідність	4,3 мкСм/м при 20 °С	
2	Нітрати	< 0,2ppm	
3	Мікробіологічна контамінація	< 100 КУО/см ³	
4	Важкі метали	< 0,1ppm	

Термін зберігання: 72 години

Умови зберігання: в чистих контейнерах при температурі не вище 70°С.

Лаборант: _____ / _____ /

(підпис)

Технолог: _____ / _____ /

(підпис)

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Основні фонди цеху наведені у таблиці 8.6.

Таблиця 8.6 – Основні фонди підприємства

Найменування	Вартість, грн
Будівлі	500 000
Обладнання	3 160 000
Нематеріальні активи	50 000
Господарський інвентар	6 000
Електронно-обчислювальні машини	100 000
ВСЬОГО:	3 816 000

Амортизаційні відрахування [17]:

А) Амортизація будівель $T_{\text{експ}} = 20$ років:

$$A_{\text{буд}} = \frac{B_{\text{буд}}}{T_{\text{експ}}} = \frac{500\,000}{20} = 25\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}; \quad (8.18)$$

Б) Амортизація обладнання $T_{\text{експ}} = 5$ років:

$$A_{\text{обл}} = \frac{B_{\text{обл}}}{T_{\text{експ}}} = \frac{3\,160\,000}{5} = 632\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}; \quad (8.19)$$

В) Амортизація інвентарю $T_{\text{експ}} = 4$ роки:

$$A_{\text{інв}} = \frac{B_{\text{інв}}}{T_{\text{експ}}} = \frac{6\,000}{4} = 1\,500 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}; \quad (8.20)$$

Г) Амортизація ЕОМ $T_{\text{експ}} = 2$ роки:

$$A_{\text{ЕОМ}} = \frac{B_{\text{ЕОМ}}}{T_{\text{експ}}} = \frac{100\,000}{2} = 50\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}; \quad (8.21)$$

$$A = A_{\text{буд}} + A_{\text{обл}} + A_{\text{інв}} + A_{\text{ЕОМ}} = 25\,000 + 632\,000 + 1\,500 + 50\,000 = 708\,500 \text{ грн/рік.}$$

$$\text{ОФ} = 3\,816\,000 \text{ грн.}$$

Оборотні фонди:

- Сировина;
- електроенергія;
- запасні частини.

Таблиця 8.7 – Сировина, її необхідна кількість та вартість

Речовина	Ціна на ринку, грн	Витрата на 1 м ³	Вартість за рік , грн
Вода вихідна, м ³	5,148	2	1 082 315,52
Хлорид натрію (таблетований), кг	9	0,1	94 608
Промивні реагенти, кг	33	0,04	138 758,4
Реагенти для контролю якості, партія	100	0,04	420 480
ВСЬОГО			1 736 141,92

Всього на річний випуск продукції витрачається сировини, загальною вартістю 1 736 141,92 грн/рік.

Витрати електроенергії за регульованими тарифами:

Середньодобова витрата потужності цеху складає – 98 кВт/год. Вартість 1кВт дорівнює 1,74715 грн. Найдешевший варіант, з огляду на потребу в електроенергії, є розрахунок за звичайним тарифом, без використання зонних коефіцієнтів.

Отже, добова витрата на електроенергію:

$$E_{\text{доб}} = 1,74715 \cdot 98 \cdot 24 = 6\,289,74 \text{ грн/добу.} \quad (8.22)$$

Цех працює 365 днів в році у зв'язку з неможливістю простоювання обладнання, тому середньорічна витрата на електроенергію складає:

$$E_{\text{річн}} = 6\,289,74 \cdot 365 = 2\,295\,755,1 \text{ грн/рік.} \quad (8.23)$$

Заробітна плата працівників нараховується за погодинно-преміальною формою оплати праці.

Таблиця 8.8 – Заробітна плата працівників.

Посада	Заробітна плата 1 працівника, грн/міс	Кількість	Заробітна плата, грн./міс
Начальник цеху	14 000	1	14 000
Технолог	10 000	4	40 000
Лаборант	6 000	4	24 000
Механік	6 500	4	26 000
Прибиральниця	3 200	1	3 200
ВСЬОГО	39 700	14	107 200

Фонд оплати праці за рік разом з нарахуваннями у розмірі 22% складає:

$$\text{ФОП} = 107\,200 \cdot 1,22 \cdot 12 = 1\,569\,408 \text{ грн/рік.} \quad (8.24)$$

Сумарні витрати на оборотні засоби цеху становлять [17]:

$$\begin{aligned} \text{ОБЗ} = E_{\text{річн.}} + \text{Сировина} + \text{ФОП} + \text{Непрямі витрати} = 2\,295\,755,1 + \\ + 1\,736\,141,92 + 1\,569\,408 + 2 \cdot 24 \cdot 365 = 5\,618\,825,02 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (8.25)$$

Капіталовкладення [17]:

$$K = \text{ОФ} + \text{ОБЗ} = 3\,816\,000 + 5\,618\,825,02 = 9\,434\,825,02 \text{ грн.} \quad (8.26)$$

Собівартість:

$$C_{\text{річн. вип.}} = A + \text{ОБЗ} = 708\,500 + 5\,618\,825,02 = 6\,327\,325,02 \text{ грн/рік.} \quad (8.27)$$

Собівартість 1 м^3 води очищеної [17]:

$$C = C_{\text{річн. вип.}} / V_{\text{річн}} = 6\,327\,325,02 / 105\,120 = 60,192 \text{ грн/м}^3. \quad (8.28)$$

Прибуток і, як наслідок рентабельність, дорівнює 0, оскільки очищена вода використовується лише в рамках потреб одного підприємства і слугує сировиною для подальшої обробки.

Таблиця 8.9 – Техніко-економічні показники.

Показник	Значення
Капіталовкладення	9 434 825,02 грн
Собівартість	60,192 грн/м ³
Чисельність явочна	11 осіб
Чисельність за списком	14 осіб
Прибуток	0
Рентабельність	0

Функціонально-вартісний аналіз призначений для вибору одного оптимального об'єкту з переліку запропонованих. Застосовується для вибору оптимальної технології за параметрами процесу, сировини, постачальників, типу обладнання і таке інше [17].

Завдання: порівняти та обрати оптимальну схему підготовки води для фармацевтичних підприємств. І схема – описана та розрахована вище, II схема – схожа, проте фільтрування на вугільних фільтрах компенсовано дехлорацією та ультрафільтрацією.

Проведено аналогічний розрахунок згідно формул (8.19, 8.26 – 8.28) з урахуванням зміни вартості обладнання та всіма виникаючими наслідками. Вартість обладнання склала 3 851 610 грн, основні фонди – 4 510 610 грн.

Амортизація обладнання $T_{\text{експ}} = 5$ років:

$$A_{\text{обл}} = \frac{B_{\text{обл}}}{T_{\text{експ}}} = \frac{3\,851\,610}{5} = 770\,322 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

$$A = A_{\text{буд}} + A_{\text{обл}} + A_{\text{інв}} + A_{\text{ЕОМ}} = 25\,000 + 770\,322 + 1\,500 + 50\,000 = 846\,822 \text{ грн/рік.}$$

$$K = \text{ОФ} + \text{ОБЗ} = 4\,510\,610 + 5\,618\,825,02 = 10\,129\,435,02 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{річн. вип.}} = A + \text{ОБЗ} = 846\,822 + 5\,618\,825,02 = 6\,465\,647,02 \text{ грн/рік}$$

$$C = C_{\text{річн. вип.}} / V_{\text{річн}} = 6\,465\,647,02 / 105\,120 = 61,508 \text{ грн/м}^3.$$

Для порівняння двох технологічних схем обрано наступні характеристики:

1. Собівартість (C), грн/м³;
2. Вартість основних фондів (ОФ), грн;

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		71

3. Капіталовкладення (К), грн;

4. Вміст залишкового хлору перед установкою зворотного осмосу (Х), мг/дм³.

Проводимо попарне порівняння характеристик, шляхом опитування експертів.

Таблиця 8.10 – Попарне порівняння характеристик схем

№	Пари характеристик	Експертна оцінка			Бали	Оцінка з урахуванням вагомості експертів
		I експерт	II експерт	III експерт		
1	С-ОФ	>	>	>	4,5-1,5	1,5-0,5
2	С-К	=	=	=	3-3	1-1
3	С-Х	<	>	<	2,5-3,5	0,8-1,2
4	ОФ-К	<	=	>	3-3	1-1
5	ОФ-Х	<	=	<	2-4	0,65-1,35
6	К-Х	<	>	<	2,5-3,5	0,8-1,2

Вагомість експертів:

I – 0,4; II – 0,3; III – 0,3.

$$O_1^1 = 1,5 \cdot 0,4 + 1,5 \cdot 0,3 + 1,5 \cdot 0,3 = 1,5;$$

$$O_2^1 = 0,5 \cdot 0,4 + 0,5 \cdot 0,3 + 0,5 \cdot 0,3 = 0,5;$$

$$O_1^2 = 1 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,3 + 1 \cdot 0,3 = 1;$$

$$O_2^2 = 1 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,3 + 1 \cdot 0,3 = 1;$$

$$O_1^3 = 0,5 \cdot 0,4 + 1,5 \cdot 0,3 + 0,5 \cdot 0,3 = 0,8;$$

$$O_2^3 = 1,5 \cdot 0,4 + 0,5 \cdot 0,3 + 1,5 \cdot 0,3 = 1,2;$$

$$O_1^4 = 0,5 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,3 + 1,5 \cdot 0,3 = 1;$$

$$O_2^4 = 1,5 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,3 + 0,5 \cdot 0,3 = 1;$$

$$O_1^5 = 0,5 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,3 + 0,5 \cdot 0,3 = 0,65;$$

$$O_2^5 = 1,5 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,3 + 1,5 \cdot 0,3 = 1,35;$$

$$O_1^6 = 0,5 \cdot 0,4 + 1,5 \cdot 0,3 + 0,5 \cdot 0,3 = 0,8;$$

$$O_2^6 = 1,5 \cdot 0,4 + 0,5 \cdot 0,3 + 1,5 \cdot 0,3 = 1,2;$$

З отриманих даних формуємо матрицю вагомості характеристик.

Таблиця 8.11 – Матриця вагомості характеристик

	С	ОФ	К	Х
С	27,5 3,3	1,5	1	0,8
ОФ	0,5	17,92 2,15	1	0,65
К	1	1	23,33 2,8	0,8
Х	1,2	1,35	1,2	31,25 3,75

12

Формуємо ідеальні значення характеристик об'єкту.

Таблиця 8.12 – Значення характеристик об'єкту

Характеристика	Ступінь відповідності			
	Найкращий	Наближений до найкращого	Задовільний	Наближений до задовільного
С, грн/м ³	0	60-61	61-65	65-70
ОФ, млн. грн	0-2	2-3	3-4	4-5
К, млн. грн	3-6	6-9	9-10	10-12
Х, мг/дм ³	0-0,1	0,1-0,15	0,15-0,2	0,2-0,5
Оцінка	10-8	8-6	6-4	4-0

Оцінка конкуруючих технологічних схем.

Таблиця 8.13 – Оцінка схем очищення води

Характеристика	I	II
С	7,5	5,5
ОФ	4,5	2
К	5	4
Х	8	8
Σ	25	18,5

Розрахуємо інтегральний показник кожної з обраних схем з урахуванням відсотку вагомості характеристик.

$$I_I = 7,5 \cdot 0,275 + 4,5 \cdot 0,1792 + 5 \cdot 0,2333 + 8 \cdot 0,3125 = 6,54$$

$$I_{II} = 5,5 \cdot 0,275 + 2 \cdot 0,1792 + 4 \cdot 0,2333 + 8 \cdot 0,3125 = 5,30$$

Отже, враховуючи вищенаведений функціонально-вартісний аналіз, вважаємо I схему (Підготовка води очищеної для фармацевтичних виробництв) оптимальною для підготовки води очищеної для фармацевтичних підприємств і приймаємо її за основну.

Таблиця 8.14 – Фактичні характеристики схем I і II

Характеристики	Схема I Підготовка води очищеної для фармацевтичних виробництв	Схема II Альтернативна схема підготовки води очищеної для фармацевтичних виробництв
С, грн/м ³	60,192	61,508
ОФ, млн. грн	3 816 000	4 510 610
К, млн. грн	9 434 825,02	10 129 435,02
Х, мг/дм ³	0,1	0,1
Інтегральний коефіцієнт вагомості схем	6,54	5,30

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

Як видно з технологічного проекту цеху підготовки води очищеної, на об'єкті знаходяться в обігу шкідливі речовини, також використовується електрична, механічна, теплова енергії. Внутрішньоцеховий транспорт представлений промисловими трубопроводами.

Проект виконаний з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки.

У даному розділі на основі аналізу шкідливих і небезпечних виробничих факторів передбачені заходи і засоби щодо забезпечення здорових, безпечних умов праці та пожежної безпеки.

9.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на об'єкті, що проектується. Заходи з охорони праці.

9.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042-99, роботи у цеху відносяться до категорії середньої важкості Па та Пб. Складено таблицю санітарних норм параметрів мікроклімату для названих приміщень (таблиця 9.1) [19].

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 9.1 – Санітарні норми мікроклімату в робочій зоні виробничих приміщень [19]

Період року	Категорія робіт	Температура, °C			Відносна вологість повітря, %		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	Фактична		Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
			Нижня межа	Верхня межа				
Холодний	Па	18-20	15-17	23-24	40-60	75	0.2	< 0.3
	Пб	17-19	13-15	21-23	40-60	75	0.2	< 0.4
Теплий	Па	21-23	17-18	27-29	40-60	65	0.3	0.2-0.4
	Пб	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, захисних конструкцій не повинна виходити на більш ніж 2 °C за межі оптимальних величин температури повітря для даної категорії робіт.

Температура зовнішньої поверхні обладнання, з яким працюють в цеху під час виконання роботи, становить:

$$t_n = t_{omn} + 2^{\circ}\text{C} = 18 + 2 = 20^{\circ}\text{C} \text{ – в холодний період року,} \quad (9.1)$$

$$t_n = t_{omn} + 2^{\circ}\text{C} = 21 + 2 = 23^{\circ}\text{C} \text{ – в теплий період року,} \quad (9.2)$$

де t_{opt} – нормативне значення повітря робочої зони в теплий період року, °C.

Фактичні значення параметрів мікроклімату підтримуються за рахунок використання системи центрального водного опалення.

Коротка санітарна характеристика проектного цеху приведена в таблиці 9.2.

Таблиця 9.2 – Коротка санітарна характеристика цеху [18]

Найменування цеху	Цех хімічного очищення води	
Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення	NaCl, витік внаслідок пошкодження трубопроводу	Лимонна кислота, витік внаслідок пошкодження баку для зберігання
Група шкідливої речовини, характеристика шкідливої дії	Подразнюючої дії. Викликає запалення органів дихання та слизової оболонки очей	
ГДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони, мг/м ³	1	
Клас небезпечності шкідливої речовини	4	3
Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ	Промислові протигази марок «К» і «М» ГОСТ 12.4.122-83 Спецодяг Щ ГОСТ 27653-88	
Засоби доікарняної допомоги	Винести потерпілого на свіже повітря, терміново викликати швидку	
Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Колориметричний	

За способом організації повітрообміну передбачена комбінована припливно-витяжна система вентиляції.

9.1.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-06, розряд робіт у робочому приміщенні становить IV та V. У таблиці 9.3 наведено санітарні норми параметрів освітлення.

Таблиця 9.3 – Санітарні норми параметрів освітлення [20]

Розряд зорової роботи	Штучне освітлення					Природне освітлення	Суміщене освітлення		
	Освітленість, лк			Сукупність нормованих величин показника осліпленості і коефіцієнта пульсації		КПО, %			
	При системі комбінованого освітлення		При системі загального освітлення			При верхньому або комбінованому освітленні	При боковому освітленні	При верхньому або комбінованому освітленні	При боковому освітленні
	всього	у т. ч. загального		Р	Кп, %				
IV	400	200	200	40	20	4	1,5	2,4	0,9
V	-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6

Проектом передбачається природне, робоче та аварійне освітлення. Природне освітлення представлене боковим світлом. У якості штучного освітлення використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ.

Згідно ДБН В.2.5-28-06, використовується напруга 220 В. Для аварійного освітлення використовують лампи розжарювання та люмінесцентні лампи [21].

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) [18]:

$$F = (E \cdot S \cdot z \cdot k) / (n \cdot u \cdot m), \quad (9.3)$$

де F – світловий потік однієї лампи, лм;

E – нормована освітлюваність, E = 500 лк;

S – площа приміщення, S = 500 м²;

					ХН 3208 1440 000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					78

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

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

n – кількість світильників, $n = 80$;

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

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

Таким чином, необхідний світловий потік однієї лампи:

$$F = (E \cdot S \cdot z \cdot k) / (n \cdot u \cdot m) = (500 \cdot 500 \cdot 1,25 \cdot 1,1) / (80 \cdot 0,6 \cdot 2) = 3581 \text{ лм.}$$

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

Відповідно до розрахованого світлового потоку ($F = 3581$ лм), необхідного для забезпечення заданої освітленості, обираємо тим лампи ЛД потужністю 65 Вт і визначимо електричну потужність всієї освітлювальної системи:

$$W = P \cdot n \cdot m, \quad (9.4)$$

де W – потужність освітлювальної системи, Вт;

P – потужність однієї лампи, $P = 65$ Вт:

$$W = 65 \cdot 80 \cdot 2 = 10400 \text{ Вт.}$$

Освітленість контролюється за допомогою люксметра 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 люксометром Ю-116 не менше 1 разу в рік, а також після ремонту приміщень.

9.1.3 Виробничий шум та вібрація

Джерелами шуму та вібрації на виробництві є насоси, фільтри.

За ДСН 3.3.6.0.37-99 рівень звуку не повинен перевищувати 80 дБА. Фактичний рівень шуму складає 76 дБА., що задовольняє вимогам [22].

Для контролю шуму використовують шумоміри, для контролю вібрації – прилад ВШВ-003. Зниження цих показників здійснюється за рахунок:

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

У якості засобів індивідуального захисту використовують шумозахисні шоломи, навушники, вкладки.

9.1.4 Електробезпека

Ураження електричним струмом можливе у результаті дотику до відкритих струмопровідних елементів обладнання, що опинилися під напругою в результаті порушення ізоляції, а також ураження кроковою напругою та через електричну дугу.

Електроустаткування на виробництві живиться від трифазної чотирьохпровідної електромережі змінного струму промислової частоти з глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 В [18].

Електричне устаткування має ізолюючі кожухи. Основним захистом від ураження струмом є ізоляція проводів, справність ізоляції безперервно контролюється пристроєм УАКИ. При живленні електроустаткування

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

трёхфазною мережею з глухозаземленою нейтраллю напруги до 1000 В, як ефективний колективний захист від ураження електричним струмом, передбачено занулення корпусів електричного обладнання.

При однофазному дотику людини до неізолюваних струмопровідних частин електрообладнання через людину протікає [18]:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}} \cdot 10^3}{R_{\text{л}} + R_0}, \text{ мА}; \quad (9.5)$$

$$U_{\text{л}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}}, \quad (9.6)$$

де $R_{\text{л}} = (2 \div 4)$ – опір тіла людини, кОм;

$R_0 = 4$ – опір заземлення нейтралі джерела струму, Ом;

$I_{\text{л}}$ – електричний струм, який проходить через людину, мА;

$U_{\text{ф}}$ – фазна напруга, 220 В.

Згідно з ГОСТ 12.1.038-82 гранично допустимі значення становлять:

$I_{\text{л}} = 6 \text{ мА}$ і $U_{\text{д}} = 36 \text{ В}$ – змінного струму в аварійному режимі при $\tau > 1 \text{ с}$;

$I_{\text{л}} = 0,3 \text{ мА}$ і $U_{\text{д}} = 2 \text{ В}$ – при нормальному режимі при $\tau \leq 10 \text{ хв/добу}$.

$$R_{\text{л}} = 2000 \text{ Ом}.$$

Тоді згідно з рівняннями (9.5) – (9.6):

$$I_{\text{л}} = \frac{220 \cdot 10^3}{2000 + 4} = 109,79 \text{ мА};$$

$$U_{\text{д}} = 109,79 \cdot 2 = 219,58 \text{ В}.$$

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

Для захисту працюючих на проектуваному підприємстві передбачаються наступні заходи:

- використання занулення, захисне відключення електроустановок, при виникненні небезпеки ураження електричним струмом, вирівнювання потенціалу;
- застосування з'єднувальних провідників зі справною ізоляцією;

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- проектом передбачені огорожувальні 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 такі способи та засоби: електроізоляція струмоведучих частин; електрозахисті засоби: діелектричні килими, 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 на 3 роки [18].

9.1.5 Безпека технологічного процесу і обслуговування обладнання

Основним небезпечним фактором на об'єкті є розрив трубопроводів установок водопідготовки, що виникає внаслідок гідравлічних ударів, різкого коливання тиску, дефектів матеріалу.

Іонообмінні та вугільні фільтри працюють під тиском і при їх обслуговуванні найбільшою небезпекою є пошкодження фланців на арматурі, порушення ущільнення сальникових набивок.

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

Безпека роботи обладнання забезпечується гідно ГОСТ 13.3.002-75 – вибір технологічного процесу, режимів роботи обладнання; вибір вихідних

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

матеріалів, спосіб їх зберігання та транспортування; розділення функцій між людиною та обладнанням.

Безпека обслуговування апаратури досягається правильним її розташуванням, згідно якого ширина зон обслуговування апаратів становить 1,5 м, ширина робочих проходів між фільтрами, мембраною та баками складає 2,5 м. Безпека експлуатації насосів забезпечується надійною конструкцією, корозійною стійкістю матеріалу та герметичністю ущільнення рухомих частин.

Для підтримання в справному стані обладнання своєчасно проводяться технічне обслуговування та ремонт.

У випадку розриву трубопроводу необхідно викликати спеціалізовану службу та повідомити курівництво і весь персонал.

9.2 Пожежна безпека

В проектованому цеху знаходяться горючі матеріали: меблі, вікна, двері, електрообладнання.

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 стрижньового 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.

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		83

Встановлюється охоронно-пожежна сигналізація автоматичного типу 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”.

Протипожежними заходами передбачено:

- погодження проектів реконструкції з пожежною інспекцією;
- відкриття реконструйованих споруд лише після дозволу пожежної інспекції;
- експлуатацію споруд, обладнання і механізмів відповідно до протипожежних вимог (згідно з правилами, інструкціями тощо);
- виконання будь-яких робіт лише підготовленими, в тому числі з питань пожежної безпеки, фахівцями;
- установа адміністративної відповідальності керівників усіх структур за неадекватне виконання необхідних протипожежних заходів;
- інструктаж працюючих на підприємстві;
- забезпечення споруд (відділень) засобами пожежо-охоронної сигналізації та засобами пожежогасіння;
- створення відповідних структур пожежогасіння, добровільних дружин та ланок пожежогасіння;
- затвердження заходів протипожежної профілактики [18].

В таблиці 9.4 наведено показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів.

Таблиця 9.4 – Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин

Приміщення цеху			Назва ділянки, установки		
Гетинакс	Поліамід 66	Машинне масло	Речовини, що обертаються у виробництві		
Т	Т	рідина	Агрег. стан реч. при нормальних умовах		
Важкозайм.	негорючий.	горючий	Горючість, займистість, вибухонебезпечність		
120	-	200	Показники пожежо- і вибухонебезпечності		
285	-	160			
480	-	380			
IIa	IIa	IIб	Вибухо-небезпечн і суміші з повітрям		
Т1	-	-			
Вода, піна	Вода, піна	Вода, вогнегасники вуглекис-лотні ВВ-5, пінні	Засоби пожежогасіння		
В	Б	Г	Категорія приміщення по ОНТП 24-86		
II-П	II-П	'	Клас приміщення /зона/ і зовнішніх установок згідно з ПБЕ		
IIIa			Категорія об'єкту і тип зони захисту від блискавки згідно з СН 305-77		

10 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА

В технологічній схемі виробництва води очищеної для потреб фармацевтичного підприємства основну масу відходів відділу складають рідкі відходи, що утворюються після регенерації катіонітового фільтру. Також утворюється велика кількість вод після промивання вугільного фільтру та установки зворотного осмосу.

Метою даного розділу є визначення та класифікація відходів та виявлення можливих шляхів екологізації виробництва очищеної води.

10.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів

Характеристики сировини та продукції відділу наведено у розділі 2 дипломного проекту.

Екологічними проблемами даного виробництва є:

- Стоки після промивання та регенерації катіоніта;
- стоки після промивання загрузки вугільного фільтру;
- концентрат після гідродинамічної та хімічного промивок зворотноосмотичної установки.

В результаті регенерації одного іонообмінного фільтра виділяється $1,25\text{ м}^3$ стічних вод, з вмістом хлоридів $10\,000\text{ г/м}^3$ при гранично допустимому в 350 г/м^3 [23].

Розчини після регенерації катіонітів збираються в спеціальному баку, де розводяться водою питною до вмісту хлоридів $1\,000\text{ г/м}^3$.

Для 15-хвилинної регенерації вугільного фільтру необхідно $2,7\text{ м}^3$ води. Так як, у схемі два вугільні фільтри, то потребується $5,4\text{ м}^3$ пом'якшеної води [24].

Розчин після хімічного промивання мембран, який містить цитратну кислоту та гідроксид натрію нейтралізується до рН 8 сульфатною кислотою,

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

розводиться водою питною до вмісту сульфатів у воді не більше 400 г/м³, що є нормою для безпечного скидання в каналізацію.

10.2 Можливі етапи екологізації відділення

Основною екологічною проблемою відділу є великий обсяг регенераційних вод після натрій-катіонування, тому всі заходи щодо екологізації роботи відділу ведуться саме в цьому напрямку.

На виробництвах води очищеної методом зворотного осмосу є можливість виключення стадії йонного обміну, що слугує для зменшення кількості солей твердості у воді, що надходить на мембрани. Замість цього для попередження відкладень солей кальцію та магнію на мембранах зворотного осмосу, використовують ряд сполук, які мають назву антискаланти.

Антискалант RPI-3000A спеціально розроблений для інгібування і запобігання утворення осадів у системах зворотного осмосу, в яких використовуються поліамідні, ацетат целюлозні мембрани з негативно зарядженою поверхнею. RPI-3000A - синергетична, повністю сумісна суміш органічних фосфатів і низькомолекулярних полімерів з високим диспергуючим ефектом. При дозуванні антискаланту вимоги до води, яка подається на стадію зворотного осмосу значно знижуються.

Таблиця 10.1 – Порівняння вимог до води, що подається на стадію зворотного осмосу при дозуванні антискаланту та без нього [25]

Параметр	Одиниці вимірювання	Без антискаланту	З антискалантом
Жорсткість	мг-екв/дм ³	3	30
Залізо	мг/дм ³	0,1	0,5
Марганець	мг/дм ³	0,05	0,1
Силікати	мг/дм ³	20	250

Для виробництва води очищеної не припустиме дозування антискаланту з концентрацією більше 2 мг/дм³, оскільки він може діяти як повторний

забрудник води фосфатами. При концентраціях менших за вказану, ефективність дії антискаланту низька, тому застосування антискаланту не може повністю замінити катіонування води.

10.3 Розрахунок екологічних платежів

Суми податку, який справляється за скиди забруднюючих речовин у водні об'єкти (Пс), обчислюються платниками самостійно щоквартально, виходячи з фактичних обсягів скидів, ставок податку та коригуючих коефіцієнтів за формулою [26]:

$$П_c = \sum_{i=1}^n (М_{л_i} \cdot Н_{п_i} \cdot К_{ос}), \quad (10.1)$$

де $М_{л_i}$ – обсяг скиду i -тої забруднюючої речовини в тоннах;

$Н_{п_i}$ – ставки податку в поточному році за тонну i -того виду забруднюючої речовини у гривнях з копійками;

$К_{ос}$ – коефіцієнт, що дорівнює 1,5 і застосовується у разі скидання забруднюючих речовин у ставки і озера (в іншому випадку коефіцієнт дорівнює 1).

Згідно з п.10.1, на 1 м^3 води очищеної витрачається 0,347 кг хлориду натрію на регенерацію катіоніту. Отже, за рік витрачається 36,48 т хлориду натрію. Річний обсяг скиду хлоридів становить 13,48 т. Згідно статі 245 Податкового кодексу України податок на скид хлоридів становить 29,27 грн/т.

На 1 м^3 води очищеної витрачається $0,001 \text{ м}^3$ 10%-вої сульфатної кислоти на нейтралізацію стоків. Отже, за рік витрачається 93,38 т цього розчину. Річний обсяг скиду сульфатів становить 9,15 т. Згідно статі 245 Податкового кодексу України податок на скид сульфатів становить 29,27 грн/т. Розрахуємо суму податку за формулою 10.1:

$$П_c = \sum_{i=1}^n (13,48 \cdot 29,27 \cdot 1 + 9,15 \cdot 29,27 \cdot 1) = 662,65 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Витрати на розведення стоків водою складають:

$$П = \beta_{\text{вод.питн.6}} \cdot V^{\text{рік}} \cdot C_{\text{вод}} = 0,64 \cdot 105\,120 \cdot 5,148 = 346\,340,97 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Таким чином, в даному розділі дипломного проекту визначено і охарактеризовано основні види відходів та розроблено систему їх знешкодження. Також запропоновано метод екологізації відділу. Описано основні методи аналізу стоків в межах екологічного моніторингу діяльності відділу. Розраховано суму екологічного податку – 662,65 грн/рік, якщо проводити заходи щодо екологізації роботи відділення (розведення стоків водою), сума затрат складатиме 346 340,97 грн/рік, при використанні антискалantu – 1738грн/рік та додаткове обладнання. Тому обраним рішення є своєчасна сплата штрафів.

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ВИСНОВОК

В дипломному проекті було проведено аналіз існуючих методів підготовки води очищеної для фармацевтичних підприємств. Проаналізувавши переваги та недоліки методів, було обрано та обґрунтовано необхідність використання комбінації таких методів методів як іонний обмін, сорбція та зворотній осмос для виробництва води виду «вода очищена».

Наведено характеристики продукції та вхідної сировини, зазначено необхідну якість сировини і продукції згідно дійсних нормативних документів. Також визначено характеристики всіх допоміжних матеріалів, таких як активоване вугілля, солі для регенерації катіонітового фільтру та розчинів для хімічного промивання мембран.

Наведені теоретичні основи методів іонного обміну, сорбції та зворотного осмосу. Також, викладені основні норми та залежності процесу підготовки води методом зворотного осмосу.

На підставі приведених теоретичних основ і відповідно до завдання дипломного проекту було розроблено цех виробництва води очищеної продуктивністю 12 м³/год. Для цього був обрахований матеріальний баланс установки зворотного осмосу за загальним солевмістом. Розраховано основні витратні коефіцієнти за сировиною, матеріалами та енергетичними носіями задля підготовки «води очищеної». Витратний коефіцієнт електроенергії складає 5,307 кВт на 1 м³ «води очищеної», витратний коефіцієнт солі для регенерації катіонітового фільтру складає 0,052 кг/м³.

Розраховано основне технологічне обладнання – установка зворотного осмосу. Також було розраховано та обґрунтовано вибір допоміжного обладнання, таке як бак для накопичення води питної, води очищеної, насос для їх перекачування, Na-катіонітовий фільтр та вугільні фільтри для дехлорування води.

Технологічна схема процесу була автоматизована на рівні локальної автоматики та мікропроцесорної техніки.

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Визначено основні техніко-економічні показники цеху, такі як річний випуск продукції, чисельність персоналу, обсяг капіталовкладень, загальна собівартість продукції та розроблено порівняльну характеристику альтернативного методу підготовки води очищеної методом функціонально-вартісного аналізу. Розрахована собівартість 1 м³ води очищеної складає 60,192грн.

В розділі охорони праці дипломного проекту було проаналізовано вплив усіх можливих шкідливих виробничих факторів, які присутні на виробництві. Розраховано штучне виробниче освітлення, описано заходи пожежної безпеки та профілактики нещасних випадків.

В дипломному проекті охарактеризовано основні види відходів цеху та розроблено систему їх знешкодження. Запропоновано екологізацію виробництва. Розраховано суму екологічного податку – 662,65 грн/рік. У випадку проведення заходів екологізації роботи відділення (розведення стоків водою), сума затрат складатиме 346 340,97 грн/рік, при використанні антискалantu – 1738 грн/рік та необхідне додаткове обладнання. Організація процесу з частковим рециклом концентрату сприяє підвищенню рівня екологізації виробництва.

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лікарські засоби. Якість води для застосування у фармації. Настанова. СТ-Н МОЗУ 42-3.7.– К.: Міністерство охорони здоров'я України, 2013. – 38 с.
2. ДСанПІН «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання».
3. Пятигорская, Н.В. Вода для фармацевтического использования [Текст] / Н.В. Пятигорская, Э.А. Назаров, Е.Л. Кузьмичева, В.В. Береговых, Э.А. Сапожникова, В.В. Пичугин. – Т.: Extremum press, 2011. – 236 с.
4. Кокотов, Ю. А. Иониты и ионный обмен [Текст]/ Ю. А. Кокотов – Л.: Химия, 1980. – 145 с.
5. Фізико-хімічні методи очищення води. Керування водними ресурса-ми / І. Астрелін, Є. Герасимов, А. Гіроль та ін.; За ред. І.М. Астреліна та Х. Ратнавіри. – Water Harmony Project, 2015. – 578 с.
6. Пантелеев, А.А. Технологии мембранного разделения в промышленной водоподготовке [Текст] / А.А. Пантелеев, Б.Е. Рябчиков, О.В. Хоружий, С.Л. Громов, А.Р. Сидоров. – М.: ДеЛи Плюс, 2012. – 429 с. ISBN 978-5-905170-14-0.
7. Екософт [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ua.ecosoft.com/catalog/tabletirovannaya-sol/tabletirovannaya-sol-ecosil/>
8. Екософт [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ua.ecosoft.com/catalog/aktivirovannye-ugli/filtruyushchiy-material-chemviron-carbon-aquacarb-607c-14x40/>
9. Екософт [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ua.ecosoft.com/catalog/ionoobmennye-smoly/filtruyushchiy-material-dowex-marathon-c/>
10. Запольский, А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник [Текст] / А.К. Запольський. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с. ISBN 966-642-234-4.

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- 11.Фильтры сорбционные угольные [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<http://techenergochim.com.ua>
- 12.Чистая практика [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<http://www.cleanpractice.ru/ugolnye-filtry.html>
- 13.Беликов, С.Е. Водоподготовка. Справочник для профессионалов [Текст] / С.Е. Беликов. – М.:Акватерм, 2007. – 271 с. ISBN 5-902561-09-4.
- 14.ENCE GmbH [Електронний ресурс] – Режим доступу:
http://www.oil-filters.ru/reverse_osmosis_and_membranes.php
- 15.Лукінюк, М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с.
- 16.Лукінюк, М. В. Технологічні вимірювання та прилади [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 436 с.
- 17.Підлісна, О. А. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів для студ. хіміко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання / Уклад.: О.А. Підлісна, В.В. Янковий, М.П. Дорошенко. – К.: ІВЦ „Видавництво „Політехніка”, 2002 – 28 с.
- 18.Макаров, Г.В. Охрана труда в химической промышленности. / Г. В. Макаров, А. Я. Васин, Л. К. Маринина и др. – М.: Химия, 1989. – 496 с.: ил. – ISBN 5-7245-0246-1.
- 19.ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
- 20.ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
- 21.ГОСТ 6825-74. Лампы люминесцентные ртутные низкого давления. Технические условия – Чинний від 01.01.77. – М., 1977. – 49 с.
- 22.ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

					ХН 3208 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		93

- 23.Екософт [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<http://ua.ecosoft.com/catalog/filtr-umyagcheniya-vody-ecosoft-fu/filtr-umyagchitel-vody-ecosoft-fu-1665/>
- 24.Екософт [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<http://ua.ecosoft.com/catalog/filtr-udaleniya-khlora-ecosoft-fpa/filtr-dlya-udaleniya-khlora-ecosoft-fpa-3072ce15/>
- 25.Екософт [Електронний ресурс] – Режим доступу:
http://ua.ecosoft.com/catalog/sistemy-obratnogo-osmosa_prom/promyshlennaya-sistema-obratnogo-osmosa-ecosoft-mo-12/
- 26.Податковий кодекс України. Розділ VIII. Екологічний податок
<http://zakon..rada.gov.ua>.