

ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	13
1 Обґрунтування та вибір способу виробництва	15
1.1 Термічні методи обробки води	16
1.2 Іонний обмін	17
1.3 Електроосмос.....	18
1.4 Зворотний осмос	19
1.5 Електродіаліз	21
2 Характеристика продукції, сировини, допоміжних матеріалів, енергетичних носіїв.....	23
2.1 Характеристика продукції.....	23
2.2 Характеристика сировини	24
2.3 Характеристика реагентів та напівпродуктів.....	24
3 Характеристика прийнятого методу виробництва, хімізм, теоретичні основи і обґрунтування норм технологічних режимів.....	28
3.1 Суть методу і сфери його застосування	28
3.2 Основні фізико-хімічні поняття	30
3.3 Головні характеристики зворотноосмотичних мембран	32
3.4 Матеріали, допоміжне обладнання та схеми зворотноосмотичного методу очистки	35
3.5 Забруднення мембран зворотного осмосу.....	36

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>						
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Відділення зворотного осмосу станції водопідготовки теплоелектроцентралі</i>			Літ..	Аркуш	Аркушів	
Розроб.		<i>Васютович В.М.</i>									
Перевірів		<i>Іваненко І.М.</i>								<i>2</i>	<i>100</i>
Реценз											
Н. Контр.		<i>Супрунчук В.І.</i>									
Утверд.		<i>Толстопалова Н.М.</i>									

4	Опис технологічної схеми	39
5	Витратні коефіцієнти з сировини, напівпродуктів, допоміжних матеріалів та енергетичних носіїв	42
5.1	Розрахунок матеріального балансу установки зворотного осмосу	42
5.2	Розрахунок енергетичного (теплого) або ексергетичного балансу виробництва	44
5.3	Розрахунок витратних коефіцієнтів	45
5.3.1	Витратний коефіцієнт води питної	45
5.3.2	Витратний коефіцієнт промивного розчину	46
5.3.3	Витратний коефіцієнт електроенергії.....	46
6	Характеристика технологічного обладнання	47
6.1	Розрахунок та вибір основного апарату	48
6.1.1	Розрахунок та вибір апарату першого ступеня зворотного осмосу.....	48
6.1.2	Розрахунок та вибір апарату другого ступеня зворотного осмосу	51
6.2	Розрахунок та вибір допоміжного технологічного обладнання	53
6.2.1	Розрахунок баку для накопичення води	53
6.2.2	Розрахунок баку для знесоленої води.....	54
6.2.3	Розрахунок баку для сульфатної кислоти	54
6.2.4	Розрахунок баку для міцного лугу	55
6.2.5	Розрахунок баку для антискаланту	55
6.2.6	Розрахунок баку насосу.....	56

7	Автоматичне регулювання та контроль виробництва.....	59
7.1	Аналіз технологічного процесу як об'єкту автоматизації.....	59
7.2	Опис розробленої схеми автоматизації	61
8	Економіко-організаційні розрахунки	63
8.1	Організаційна структура підприємства	63
8.2	Технологічна підготовка виробництва	65
8.2.1	Класифікація виробничих процесів	65
8.2.2	Види руху предметів праці	66
8.2.3	Середньорічна тривалість виробничого циклу для послідовно-го ВРПП.....	70
8.3	Розрахунок необхідної кількості працівників.....	71
8.4	Порядок технічного контролю виробничого процесу: об'єкти, суб'єкти, види і методи контролю, виконавці	74
8.5	Організація технічного обслуговування і ремонту обладнання	75
8.6	Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва	77
8.6.1	Розрахунок основних та оборотних фондів на підприємстві ..	77
8.6.2	Паспорт якості на вид продукції	80
8.6.3	Калькуляція на продукцію	81
8.6.4	Розрахунок техніко-економічних показників	82
9	Охорона праці.....	83
9.1	Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факто-рів на проектному об'єкті. Заходи з охорони праці	83
9.1.1	Повітря робочої зони	83
9.1.2	Виробниче освітлення	85
9.1.3	Захист від виробничого шуму та вібрації.....	87

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9.1.4 Електробезпека.....	88
9.1.5 Безпека виробничих процесів та обслуговування обладнання.....	89
9.2 Пожежна безпека	90
10 Екологічна безпека виробництва.....	94
10.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються	94
10.2 Можливі варіанти екологізації виробництва	95
10.3 Розрахунок екологічних платежів.....	96
Висновки	98
Перелік посилань.....	100
Додаток А Специфікація до схеми автоматизації	101
Додаток Б Специфікація до креслення основного апарату	107
Додаток В Специфікація до технологічної схеми	108

ВСТУП

Теплові електростанції здавна набули широкого застосування у теплоенергетиці. Вони не тільки виробляють електроенергію, але й виконують роль джерела теплової енергії в централізованих системах тепlopостачання у вигляді пари та гарячої води, у тому числі і для забезпечення гарячого водопостачання та опотлення жилих будинків та промислових об'єктів.

Для роботи теплових електроцентралей, необхідно забезпечувати надійну роботу парових турбін. Вихідна вода для отримання пари містить різноманітні домішки різного ступеня дисперсності, які зумовлюють колірність, мутність, надають воді присмаки та запах. Для видалення цих домішок, як грубодисперсних, так і колоїдного ступеню дисперсності, вода підлягає попередньому очищенню, яке проводиться із застосуванням різних методів та реагентів.

Мембранні методи на сьогоднішній день є найбільш передовими і перспективними у технології водопідготовки, характерною особливістю яких є майже повна відсутність використання реагентів (солей і кислот), стабільно висока якість очищеної води, компактність, екологічність, зручність експлуатації. Завдяки цьому ці мембранні технології отримують все більшу популярність у побутовому та промисловому застосуванні.

Значного поширення набули установки зворотного осмосу, які значно перевершують інші мембранні методи за ефективністю.

Зворотний осмос – технологія очищення води із застосуванням напівпроникних мембран. Розчинена речовина утримується під тиском з однієї сторони мембрани, в результаті чистий розчинник (в даному випадку вода) проходить на іншу сторону мембрани. Селективність мембран забезпечується здатністю затримувати великі молекули чи іони забрудників, проте вільно пропускати крізь пори менші за розміром молекули розчинника (води). Зворотний осмос використовується не тільки для видалення домішок, але й для концентрування систем. Застосування мембран з певним розміром пор до-

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зволяє розділити дисперсну фазу на фракції за розмірами частинок і визначити ці розміри.

Метою бакалаврського дипломного проекту є розробка технологічного процесу знесолення води відділення зворотного осмосу станції водопідготовки для потреб ТЕЦ, розгляд фізико-хімічних основ обраного методу, розробка технологічної схеми, розрахунок та вибір обладнання, допоміжних матеріалів, а, також, оцінка відділення виробництва частково-знесоленої води з економічної і екологічної точки зору, охорони праці.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА

Необхідність очищення води від забруднень виникає у тому випадку, якщо якість води природних джерел не задовольняє вимоги, що пред'являються. Невідповідність якості води джерела вимогам споживачів визначає вибір методу очищення.

В технології очищення природних вод використовуються різноманітні технологічні прийоми та методи покращення якості води. Вибір раціональної схеми обробки води представляє значні труднощі. Це пояснюється не тільки недостатньо продуманою технологічною схемою, але й зміною складу поверхневої води за час, в результаті скиду стічних вод нових промислових підприємств чи порушення умов експлуатації водойми у зв'язку з розвитком водного транспорту, роботами по осушенню боліт (розташованих вище по течії), розвитком торф'яних розробок тощо. Такі порушення ускладнюють умови експлуатації не тільки нових, а й давно працюючих очисних будівель.

Механічні способи очищення застосовуються для очищення води від твердих та масляних забруднень. Механічне очищення здійснюється одним з таких методів:

- подрібнення великих за розміром забруднень у менші за допомогою механічних пристроїв;
- відстоювання забруднень зі стоків за допомогою нафтовловлювачів, пісковловлювачів та інших відстійників;
- розділення води та забруднювачів за допомогою центрифуг та гідроциклонів;
- усереднення стоків чистою водою з метою зниження концентрації шкідливих речовин та домішок до рівня, при котрому стоки можна скидати у водойми або в каналізацію;
- вилучення механічних домішок за допомогою елеваторів, решіток, скребків та інших пристроїв;

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– фільтрування стоків через сітки, сита, спеціальні фільтри, а найчастіше - шляхом пропускання їх через пісок;

– освітлення води шляхом пропускання її через пісок або спеціальні пристрої, наповнені композиціями або мінералами, здатними поглинати завислі частки.

Вибір схеми очистки води від завислих часток та нафтопродуктів залежить від виду та кількості забруднень, необхідного ступеня очищення.

Широкого вжитку набули методи знесолення води, які очищують воду від розчинених сполук. Знесолення води означає зменшення вмісту в ній розчинених солей. Цей процес називають також деіонізацією, або демінералізацією. Для морських і засолених (солонуватих) вод такий процес називають опрісненням. Для багатьох процесів у теплоенергетиці, хімії, електроніці потрібна вода, що містить мінімальні кількості солей, аж до надчистої (дистиляту), яка практично їх не містить.

Знесолення води здійснюється такими методами: термічні; іонообмінні; мембранні; зворотний осмос; електродіаліз; комбіновані [1].

1.1 Термічні методи обробки води

Найстаршим методом отримання знесоленої води (дистиляту) є термічний метод – перегонка, дистиляція, випарювання.

Основою процесу є перехід води в парову фазу з наступною її конденсацією. Для випаровування води потрібно підвести, а при конденсації пари – відвести тепло фазового переходу. Найважливішою перевагою даного методу є мінімальні кількості використовуваних реагентів і обсяг відходів, які можуть бути отримані у вигляді твердих солей. Теплова і економічна ефективність методу визначається режимом випаровування і ступенем рекуперації тепла фазового переходу при конденсації пари. За характером використання дистиляційні установки підрозділяються на одноступінчасті, багатоступінчасті і термокомпресійні. Найбільший інтерес представляє використання ви-

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

парних установок в поєднанні з іонообмінними і реагентними схемами. У цих умовах, можливо, оптимізувати витрати реагентів, тепла і вирішити як економічні, так і екологічні проблеми. Термічний метод дозволяє знесолити воду з будь-яким солевмістом [1].

1.2 Іонний обмін

Іонообмінні установки призначені для знесолення та очистки вод від йонів металів, а також інших забруднень до заданої концентрації. Здебільшого йонобмінні процеси використовують для опріснення і знесолення природних або стічних вод із загальним солевмістом до 3 г/дм³.

Очищення проводять з використанням іонітів – синтетичних іонообмінних смол, що випускаються у вигляді гранул розміром 0,2-2 мм. Іоніти представляють собою практично нерозчинні у воді полімерні речовини, що мають рухливий іон (катіон або аніон), який здатний в певних умовах вступати в реакцію обміну з йонами того ж заряду, які знаходяться у розчині.

При контакті з водою іоніти набухають і збільшуються в об'ємі (зазвичай в 1,5-2 рази).

Розрізняють сильно- та слабкокислотні катіоніти (в H^+ та Na^+) та сильно- і слабоосновні аніоніти (в OH^- або солевій формі), а також іоніти змішаного типу.

Іонообмінне очищення проводять послідовним фільтруванням через катіоніти (у водній формі) та аніоніти (в гідроксильній формі). При контакті води з Н-катіонітом проходить обмін на H^+ -йони катіоніту. У результаті Н-катіонування підвищується кислотність води. При фільтруванні її через OH^- -аніоніт проходить процес обміну аніонів кислот на OH^- -йони аніоніту.

При наявності у воді аніонів сильних та слабких кислот аніонування проводять у дві ступені. Спочатку видаляють аніони сильних кислот на слабоосновних аніонітах, а після аніоніти слабких кислот на сильноосновних аніонітах.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обмінна ємність сильнокислотних катіонітів і сильноосновних аніонітів по відношенню до різних йонів залишається постійною у широкому діапазоні значень рН. Іоніти змішаного типу проявляють властивості суміші сильної та слабкої кислот або сильної та слабкої основи.

Після довгого використання іонітів вони потребують очистки, але потім ще придатні до роботи. В процесі очищення вони ущільнюються. Іоніти розпушують, після чого регенерують. Регенерацію катіонітів проводять 2-8 %-вими розчинами кислот, аніонітів – 2-6 % -вими розчинами лугів. Після регенерації проводять обмивку іонітів.

В залежності від складу вихідної води та необхідного ступеня очищення використовують різні схеми іонообмінних установок. Якщо немає необхідності витягувати з води аніони слабких кислот, то використовують одноступінчатє Н-катіонування та одноступінчатого ОН-аніонування з використанням сильнокислотного катіону та слабоосновного або сильноосновного аніоніту.

Наявність у воді великої кількості вуглекислоти та її солей призводить до швидкого виснаження ємності сильноосновного аніоніту. В такому випадку вода після Н-катіонування дегазується у спеціальних дегазаторах.

Опріснення і знесолєння води іонним методом рекомендується при вмісті у вихідній воді солей концентрацією 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/дм³ кисню [1].

1.3 Електроосмос

Опріснення принципом електроосмосу здійснюється в спеціальних апаратах, що представляють собою електролітичну ванну, розділену двома мембранами на три відділення. Вихідна вода подається в середню камеру.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Іони солей, що знаходяться у воді спрямовуються крізь мембрани до електрода, що має протилежний заряд. Чиста вода залишається в середній камері.

Даний метод вимагає витрат електроенергії, хоча і є досить ефективним. Ефективність складає більше 90%, досягаючи в деяких випадках 96%. Мембрани мають обмежений термін служби, який максимально становить 5 років, а при несприятливих умовах експлуатації – значно менше. Крім того, цей метод, як і більшість інших методів передбачає використання напівпроникних мембран та вимагає попередньої підготовки води, що очищається.

Є й ще одна особливість, яка значно обмежує застосування даного методу. Це те, що всі речовини, які не перетворилися при розчиненні у іони, не реагують на електричне поле. Тобто більшість органічних речовин, бактерій, вірусів і т.п. залишаються у розчині.

1.4 Зворотний осмос

Зворотний осмос – технологія очищення води, яка використовує напівпроникні мембрани. Технологія напівпроникних мембран - це не зовсім метод фільтрації. В даному випадку прикладений тиск використовується для подолання осмотичного тиску, колігативних властивостей, що зумовлено хімічним потенціалом (термодинамічний параметр). Зворотний осмос здатен видалити багато типів молекул і іонів з розчинів, тож використовується як в промислових процесах, так і для виробництва питної води. Розчинена речовина утримується під тиском з однієї сторони мембрани, в результаті чистий розчинник (в нашому випадку вода) проходить на іншу сторону. Задля забезпечення селективності, ця мембрана не повинна пропускати великі молекули або іони через пори (отвори), проте має вільно пропускати лише менші компоненти розчину (наприклад, розчинник) [3].

Система зворотного осмосу – це система водопідготовки, що являє собою комплекс, який складається з низки попередніх фільтрів, що захищають

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мембрану від пошкоджень сильними окисниками (наприклад хлором та механічними домішками) та напівпроникної мембрани.

Напівпроникна перегородка обирається з таким розрахунком, щоб через її пори могли проходити молекули води, але не могли проходити іони солей, розчинених у солоній воді. Оскільки іони солей в розмірі приблизно в 1,5 рази більше, ніж молекули води, то здійснити це стає цілком можливо. Так як молекули води здатні протікати через пори, занадто вузькі для проходження іонів солей, то це явище називається ще й гіперфільтрацією.

Попередні фільтри очищення мають пористість у межах 1-5 мкм, що дозволяє видалити небажані великі колоїди й суспензії з розчину. Найчастіше, в побутових системах зворотного осмосу використовується проміжний вугільний фільтр, який адсорбує розчинені гази й залишковий хлор, органічні сполуки. Такий фільтр необхідно дублювати механічним фільтром для затримки виниклих вугільних суспензій у воді. Найчастіше такий фільтр виготовляють з пресованого вугілля, яке не лише затримує суспензії, але й сорбує шкідливі речовини.

В процесі зворотного осмосу вода і розчинені в ній речовини розділяються на молекулярному рівні, при цьому з одного боку мембрани накопичується практично ідеально чиста вода (пермеат), а всі забруднення залишаються на іншому боці (концентрат). Таким чином, зворотний осмос забезпечує більш високий ступінь очищення, ніж більшість традиційних методів фільтрації [3].

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5 Електродіаліз

Електродіаліз – це метод очищення рідких дисперсних систем (колоїдних розчинів, суспензій та ін, а також розчинів високомолекулярних речовин, наприклад білків) від домішок низькомолекулярних речовин, розчинених у дисперсійному середовищі. Електродіаліз заснований на прискоренні дифузії іонів через мембрану під дією електричного поля [2].

Електродіалізатор зазвичай складається з трьох послідовно розташованих камер, розділених мембранами; у середній знаходиться розчин, в бічних - дистильована вода. У бічних відділеннях закріплені електроди, які з'єднані з полюсами джерел постійного струму. В якості анода використовують матеріали, що не розчиняються в умовах електролізу, наприклад платину, графіт або вугілля. У процесі електродіалізу розчин, що знаходиться в середньому відділенні, розмішують скляною мішалкою. Іноді в електродіалізаторах застосовують концентричне розташування камер.

Електродіаліз розчинів речовин, що окиснюються на повітрі, проводять в атмосфері інертних газів. За ходом електродіалізу стежать, вимірюючи електропровідність одержуваного в результаті електродіалізу розчину (електродіалізата) або концентрацію в ньому електролітів.

Велике значення при електродіалізі має вибір матеріалу мембран. В залежності від заряду поверхні та інших умов їх можна приготувати таким чином, щоб вони легко пропускали іони, що несуть заряд одного знаку, і були практично непроникні для іонів, що мають заряд іншого знаку. Мембрани, які легко проникні для катіонів, встановлюють поблизу катода; мембрани, вибірково проникні для аніонів, - поблизу анода. Іноді використовують прилади, в яких електродіаліз поєднують з ультрафільтрацією.

Отже, попереднє очищення природної води є обов'язковою стадією при технологічній водопідготовці і забезпечує ефективність інших методів очищення. Врахувавши переваги та недоліки кожного із них, в основу диплом-

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ного проекту був покладений метод зворотного осмосу, як найбільш прогресивний та результативний.

Виробничим об'єктом для дослідження обрано хімічний цех Київської ТЕЦ-5.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						22
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

2.1 Характеристика продукції

Результатом виробництва методом зворотного осмосу, на виході з відділення водопідготовки, є частково знесолена вода, яка пройшла хімічну обробку, й надалі використовується для подальшого глибокого знесолення та подачі на парові котли. Хімічно очищений концентрат мембранної установки відповідає вимогам до якості підживлювальної та мережевої води для водогрійних котлів.

Показники якості вхідної води, очищеної (пермеат) і стоків (концентрат) представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Показники якості вихідної води, очищеної (пермеат) і стоків (концентрат)

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Характеристики сировини

Вихідною водою для хімводоочищення на ТЕЦ є вода з Дніпра. Вона подається в турбінний цех, де попередньо підігрівається до температури 40°C (± 1) в конденсаторі турбіни. Далі вихідна вода проходить обробку за схемою: освітлення - вапнування - коагуляція – ультрафільтрація – Na-катіонування, а потім розділяється на два потоки :

1. Вода для підживлення тепломережі.

2. Другий потік йде на установку зворотного осмосу, потім на електро-деіонізатор і після цього йде на підживлення котлів ТЕЦ.

Отже, вода, що безпосередньо надходить на очищення методом зворотного осмосу, поступає з баку пом'якшеної води з відділу Na-катіонування. Вимоги до вхідної води для мембран зворотного осмосу, згідно паспортних даних виробника, наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Вимоги до вихідної води для мембран зворотного осмосу

2.3 Характеристика реагентів та напівпродуктів

Реагентами, які використовуються при знесоленні води на УЗО, виступають: водний розчин сульфатної кислоти для корегування рН у межах 7,5÷8,0 і водний розчину антискаланту для запобігання відкладання слабозчинних неорганічних солей на мембранах.

Витрата реагентів для дозування при максимальній продуктивності становить: водний розчин сульфатної кислоти 73 г на 1 м³ фільтрату; антискалант «PuroTech RO100» 3-4 г на 1 м³ фільтрату.

При експлуатації УЗО необхідний постійний розхід реагентів для дозування та хімічних промивок. Витратні реагенти та енерговитрати наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Витратні реагенти та енерговитрати

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Протягом певного періоду роботи, зворотноосмотичні мембрани піддаються впливу нерозчинних або помірно розчинних речовин, які містяться в живильній воді. Найчастішими прикладами забруднюючих речовин є:

- Карбонат кальцію (крейда);
- Сульфати кальцію (гіпс), барію або стронцію;
- Оксиди металів (заліза, марганцю, міді, нікелю, алюмінію та інших);
- Полімеризований кремній;
- Неорганічні колоїдні відкладення;
- Змішані неорганічні/органічні колоїдні відкладення;
- Органічні матеріали природних органічних речовин;
- Штучні органічні матеріали (наприклад, антискаланти/дисперсанти, катіонні поліелектроліти);
- Біологічні (біоїл, водорості, цвіль, гриби).

Для вирішення проблеми забруднення мембран, на стадії домембранної підготовки води використовують антискаланти. Це реагенти, які попереджують утворення відкладень малорозчинних солей – карбонату та сульфату кальцію, сульфатів барію та стронцію, а також сполук заліза та кремнію на поверхні мембрани.

Блок дозування антискалantu призначений для зберігання і дозування реагентів, для чого обладнаний трубопроводами підводу реагентів до насосів дозаторів. Технічні характеристики блоку наведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики блоку дозування антискалantu

В залежності від забруднень, які потрібно видалити, використовуються спеціальні хімічні розчини для очищення зворотноосмотичних мембранних елементів. При приготуванні розчину завжди необхідно зберігати зазначену пропорцію. Якість води для розчину повинна відповідати якості пермеату або деіонізованій воді, не повинна містити хлору і не бути жорсткою. Перед по-

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дачею очищуючого розчину до мембран, дуже важливо добре перемішати його, відрегулювати рівень рН до допустимих показників рН, забезпечити стабілізацію температури у встановлених межах.

У таблиці 2.5 вказані кількості реагенту, які необхідно додати в 100 галонів (379 дм³) води для створення розчину.

Таблиця 2.5 – Хімічний склад розчину для очищення мембран

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Зворотний осмос – це один з найбільш популярних методів мембранного розділення. Він широко застосовується для знесолення (демінералізації) всіх типів води в установках різної потужності – від малих побутових до великих промислових. Мембрани зворотного осмосу демонструють високу селективність відносно всіх іонів. Таким чином, цей метод можна розглядати як технологію знесолення води для абсолютно різних задач.

3.1 Суть методу і сфери його застосування

Зворотний осмос є оберненим до природнього процесу осмосу, що полягає у русі води з менш насиченого розчину у більш насичений через напівпроникну мембрану. Система зворотного осмосу створює тиск в насиченій зоні (вода та домішки), в результаті чого молекули води просочуються через напівпроникну мембрану в зону ненасиченого розчину (чиста вода). Ця мембрана пропускає молекули та іони відповідного розміру, але виконує функцію бар'єра для речовин із молекулами більшого розміру. Таким чином, молекули води здатні проникати через мембрану, а молекули розчинених у воді солей – ні.

Якщо по різні боки напівпроникної мембрани знаходяться солевмісні розчини з різною концентрацією, молекули води будуть переміщуватися через мембрану із слабо концентрованого розчину в більш концентрований, викликаючи в останньому зростання рівня рідини [3].

У випадку, коли на розчин з більшою концентрацією впливає зовнішній тиск, молекули води почнуть переміщуватися через напівпроникну мембрану в зворотному напрямку, тобто з більш концентрованого розчину у

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

менш концентрований. За цим принципом і працюють всі мембрани зворотного осмосу.

У чому ж переваги технології напівпроникних мембран на основі зворотного осмосу? Насамперед, у значній економії площ. Традиційна технологія водоочищення з відкритих джерел включає в себе освітлювачі, вузол дозування хімреагентів і ділянку іонування. Для того, щоб забезпечити високий ступінь чистоти води, необхідно як мінімум двоступеневе іонування, тобто щонайменше два іонообмінних фільтра з вузлами дозування реагентів. Але й цього буває недостатньо, щоб виключити проскакування іонів, тому за фільтрами, заповненими катіонітом та аніонітом, іноді встановлюють ще один фільтр зі змішаним завантаженням. Все це призводить до зростання потрібної площі приміщень, капіталовкладень і значної витрати реагентів.

Звичайно, якщо в якості вихідної використовується водопровідна вода, то освітлювачі не потрібні. Але фільтри з іонообмінної смолою і реагентне господарство все одно необхідно. Крім того, значна протяжність трубопроводів і велика кількість з'єднань і одиниць різного устаткування змушує мати оперативний і ремонтний персонал для обслуговування водоочищення. Усіх цих недоліків позбавлені системи на основі зворотного осмосу. На користь цієї технології говорить компактність, простота технологічної схеми, відсутність необхідності у використанні реагентів і регенераційних вод. Концентрат, що є «відходом» виробництва знесоленої води, містить у собі ті ж компоненти, що містилися у вихідній воді, і не має яких-небудь обмежень по скиданню в господарсько-побутову каналізацію.

Якщо для основних галузей промисловості зворотний осмос є сучасною альтернативою іонуванню або дистиляції, то для харчової і фармацевтичної промисловості він, без перебільшення, незамінний. Фільтри на основі зворотного осмосу видаляють з води іони Na, Ca, Cl, Fe, важких металів, інсектициди, добрива, миш'як і багато інших домішок. «Молекулярне сито», яке являють собою зворотноосмотичні мембрани, затримує практично всі домішкові елементи, що містяться у воді, незалежно від їх природи, що обе-

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рігає від неприємних сюрпризів, пов'язаних з неточним або неповним аналізом вихідної води, особливо з індивідуальних свердловин. Ефективність процесу зворотного осмосу відносно різних домішок і розчинених речовин залежить від ряду факторів: тиск, температура, рівень рН, матеріал, з якого виготовлена мембрана, і хімічний склад вхідної води, впливають на ефективність роботи системи зворотного осмосу. Ступінь очищення води в таких фільтрах становить по більшості неорганічних елементів 85-99%. Органічні речовини з молекулярною вагою більше 100-200 видаляються повністю; а з меншим - можуть проникати через мембрану в незначних кількостях.

3.2 Основні фізико-хімічні поняття

Явище осмосу можна спостерігати, якщо чисту воду і розчин помістити в замкнену ємність по різні боки напівпроникної мембрани, що пропускає тільки молекули води. При таких умовах молекули води будуть проникати у розчин, зменшуючи його концентрацію (рис. 3.1). За рахунок замкненості ємності тиск у зоні розчину буде зростати, а в зоні чистої води – зменшуватись. Так буде відбуватися до того часу, доки різниця тисків, що утворилася, не компенсує енергетичні вигоди від розбавлення розчину. Система прийде в стан рівноваги. Різниця тисків (висот стовпів рідини) в двох зонах називається осмотичним тиском розчину [3].

Осмотичний тиск розчину залежить від концентрації розчинених домішок згідно рівнянню Вант-Гоффа:

$$\pi = \varphi \cdot C \cdot R \cdot T, \quad (3.1)$$

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 та зворотного осмосу.

					ХНЗ103 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Якщо надлишковий тиск зі сторони розчину перебільшить величину осмотичного, то молекули води почнуть переходити із зони розчину в зону чистої води, тобто потік води буде протилежним потоку при процесі осмосу (рис. 3.1). Таке явище отримало назву зворотний осмос.

Рушійною силою процесу зворотного осмосу є різниця прикладеного (робочого) тиску води та різниці осмотичного тиску вихідної води та пермеату:

$$\Delta P = P - (\pi - \pi_{\text{перм}}), \quad (3.2)$$

де P – робочий тиск води, що очищується; π – осмотичний тиск води, що очищується; $\pi_{\text{перм}}$ – осмотичний тиск пермеату.

Швидкість переносу речовин крізь мембрану залежить від швидкості зміни поперек мембрани вільної енергії на одну молекулу речовини – хімічного потенціалу – в поперечному розрізі мембрани. Для води, як розчинника, хімічний потенціал розраховується наступним чином:

$$\mu_w = \mu_0(P, T) - cT \approx \mu_0(T) + vP - cT, \quad (3.3)$$

де $\mu_0(P, T)$ – хімічний потенціал чистого розчинника, що залежить від тиску та абсолютної температури; $c = n_s/n_w$ – відносна концентрація домішок; v – питомий об'єм молекули розчинника.

Питомий потік очищеної води крізь мембрану:

$$\begin{aligned} J_w &= K_w n_w \nabla \mu_w \approx \frac{K_w n_w (\mu_{w_1} - \mu_{w_2})}{\delta_m} = \\ &= k_w \left(P_1 - P_2 - \frac{c_1 T}{v} + \frac{c_2 T}{v} \right) = k_w (\Delta P - \Delta \pi), \end{aligned} \quad (3.4)$$

де J_w – питомий потік розчинника; n_w – концентрація розчинника; K_w – коефіцієнт пропорційності; δ_m – товщина мембрани; k_w – коефіцієнт проникності мембрани; ΔP – перепад тиску на мембрані; $\Delta \pi$ – різниця осмотичних тисків.

Крім того, існує потік розчинених домішок крізь мембрану:

$$F_s^i = K_s^i \cdot (\Delta C^i) = K_s^i \cdot (C_B^i - C_{\text{перм}}^i), \quad (3.5)$$

					ХНЗ103 1440 000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де F_s^i – питомий потік розчиненої речовини крізь мембрану; K_s^i – коефіцієнт масо переносу даної речовини; ΔC^i – рушійна сила процесу – різниця концентрацій в об’ємі води, що очищується C_B^i та в пермеаті $C_{\text{перм}}^i$.

3.3 Головні характеристики зворотноосмотичних мембран

Головними характеристиками мембран є продуктивність та селективність. Продуктивність виражається у вигляді питомого об’єму пермеату з одиниці поверхні мембрани:

$$J_w = \frac{\Delta q}{S \Delta \tau} = K_w \cdot \Delta P, \quad (3.6)$$

де J_w – потік води крізь мембрану; Δq – об’єм пермеату, який пройшов крізь мембрану площею S за інтервал часу $\Delta \tau$; K_w – константа проникності; ΔP – різниця тисків (згідно рівняння 3.2).

Селективність показує ступінь затримання мембраною розчинених домішок:

$$R = 1 - \frac{C_{\text{перм}}}{C_{\text{вих}}}, \quad (3.7)$$

де R – коефіцієнт селективності; $C_{\text{перм}}$, $C_{\text{вих}}$ – концентрації домішок у потоках пермеату та вихідної води, відповідно.

Крім того, важливим показником є вихід по пермеату (конверсія, гідралічний ККД) системи:

$$a_{\text{перм}} = \frac{Q_{\text{перм}}}{Q_{\text{вих}}} = \frac{Q_{\text{перм}}}{Q_{\text{перм}} + Q_{\text{конц}}}, \quad (3.8)$$

де $a_{\text{перм}}$ – вихід по пермеату; $Q_{\text{вих}}$, $Q_{\text{перм}}$ і $Q_{\text{конц}}$ – об’ємні потоки вихідної води, пермеату та концентрату, відповідно.

Продуктивність та селективність процесу зворотного осмосу залежать не тільки від самої мембрани, але і від параметрів процесу розділення. До таких параметрів відносяться: тиск, температура, конверсія (гідралічний ККД)

					ХНЗ103 1440 000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та солевміст вихідної води. Вплив цих параметрів схематично зображений на рисунку 3.2.

При збільшенні робочого тиску питома продуктивність мембран зростає лінійно, а селективність зростає завдяки тому, що дифузійний перенос іонів від тиску не залежить, в той час як крізь мембрану проходить більше розчинника.

Зі зростанням температури підвищується рухливість іонів та молекул, що забезпечує зростання питомої продуктивності мембрани при одночасному зниженні її селективності.

При збільшенні солевмісту вихідної води зростає осмотичний тиск вихідного розчину та в значно меншій мірі (за рахунок селективності мембрани) – осмотичний тиск пермеату. Зменшується різниця тисків, що призводить до зниження питомої продуктивності мембрани. Також зменшується селективність мембрани за рахунок зростання дифузійного потоку, що є пропорційним вихідній концентрації.

Збільшення конверсії призводить до збільшення середньої концентрації розчинених речовин та підсилює явище концентраційної поляризації, через що підвищується концентрація солей над поверхнею мембрани. Це все призводить до зменшення продуктивності та селективності мембрани.

Збільшення конверсії можливе лише до певної межі, доки значення осмотичного тиску концентрату через зростання його солевмісту не сягне тиску живлячої води. Тоді процес переносу розчинника припиняється. Крім того, можливе досягнення концентрацією малорозчинних солей границі розчинності, що призведе до масового забруднення мембран домішками.

Рисунок 3.2 – Вплив параметрів процесу розділення: тиску (а), температури (б), конверсії (в) та вихідної концентрації (г) на продуктивність та селективність.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Негативний вплив цього явища на ефективність баромембранних процесів пов'язаний з тим, що пропорційно зростанню концентрації розчинених домішок в тонкому передмембранному 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 верхньої мембрани призводить до виникнення перенасиченого розчину, в якому починається утворення нерозчинних сполук.

3.4 Матеріали, допоміжне обладнання та схеми зворотноосмотичного методу очистки

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.

Найкращі характеристики забезпечуються тонкоплівковими 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 °С протягом тривалого часу, здатні забезпечувати селективність 99,8 %, витримують робочий тиск до 12 МПа та забезпечують питомий потік пермеату більше 50 $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Найрозповсюдженіший на сьогоднішній день тип мембранного елемента для зворотного осмосу – рулонний. В такому елементі процес проводиться в тангенціальному режимі. Потік вихідної води рухається вздовж мембранно-

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

го елементу крізь канал, який утворений поверхнею мембрани та сіткою – спейсером вихідної води. Пермеат відводиться через відповідний канал до центральної трубки, крізь яку виводиться з елементу.

Зворотноосмотичні мембранні елементи мають спеціалізацію: мембранний елемент готують спеціально для певного класу задач, що забезпечує оптимальні техніко-економічні показники.

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

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).

Багатостадійні схеми, що працюють по пермеату, використовуються для отримання глибоко знесоленої води. В цьому випадку перша стадія працює по схемі з рециклом, пермеат першої стадії подається на очищення на другу стадію, а потік концентрату другої стадії може зливатися в каналізацію чи подаватися в якості рециклу перед першою стадією зворотного осмосу [3].

Використання технології зворотного осмосу надзвичайно розповсюджене та включає наступні головні області:

- підготовка питної води з вод різного складу;
- підготовка води для харчових виробництв;
- підготовка води для парових котлів різної потужності;
- отримання глибокознесоленої води для різних галузей промисловості – енергетики, мікроелектроніки, фармацевтичних виробництв;
- опріснення морської води для отримання питної води чи води для технічних потреб.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5 Забруднення мембран зворотного осмосу

У більшості випадків зворотний осмос експлуатується в безперервному режимі тангенціальної фільтрації, що слугує для забезпечення видалення сконцентрованих домішок з поверхні мембрани. Крім того, в алгоритм експлуатації більшості систем зворотного осмосу закладена гідравлічна промивка – подача вихідної води з більшою витратою, але під невисоким тиском для інтенсивної промивки каналів мембранного модуля.

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 [3].

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 природнього 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.

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

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 передочищення технології іонообмінного пом'якшення води, що являє собою достатньо витратне рішення, або використання антискалантів.

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

Сигналом для проведення хімічної промивки мембран є поява однієї з наступних проблем:

- нормалізована продуктивність зменшилась на 10 %;
- нормалізована селективність зменшилась на 10 %;
- нормалізований перепад тисків на мембрані збільшився на 15 %.

У випадку якщо промивка проведена не своєчасно та стан мембрани погіршився значно, то відновлення показників роботи може і не спостерігатися.

Таким чином, можна зробити висновок, що до води, яка очищується зворотноосмотичним методом, пред'являють певні вимоги. В більшості випадків перед подачею води на мембранні елементи потрібне передочищення. Для технологій попередньої підготовки існує головна вимога – забезпечити достатню кількість води при мінімальних витратах ресурсів та енергії.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

Потік вихідної води, яка пройшла попередню очистку на освітлювачах, механічних фільтрах і Na-катіонітових фільтрах, подається на статичний змішувач 1, де відбувається її змішування з сульфатною кислотою, що дозується насосом-дозатором підкислення 2. Підкислена вода змішується з антискалантом, який поступає за допомогою насоса-дозатора антискаланта 4 з баку розчину антискаланта 3.

Далі, вода проходить фільтрацію через картриджний фільтр 5. Цей фільтр призначений для захисту зворотноосмотичних мембранних елементів в аварійних ситуаціях від проскоку механічних часточок, а також для забезпечення необхідного перемішування дозованих реагентів: водного розчину сульфатної кислоти для корегування рН у межах $7,5 \div 8,0$ і водного розчину антискаланта для запобігання відкладання слаборозчинних неорганічних солей на мембранах.

Надалі, водний потік прямує на модулі установки зворотного осмосу 7. Робочий тиск установки зворотного осмосу становить $8-15 \text{ кгс/см}^2$ і створюється за допомогою насосів високого тиску НВТ-1,2,3 (позиція 6).

Установка зворотного осмосу представлена двома ступенями концентрування і забезпечує номінальну продуктивність $45-50 \text{ м}^3/\text{год}$. Перша ступінь складається з 6 корпусів високого тиску, Друга ступінь – з 4 корпусів високого тиску. В кожний корпус завантажено по 5 мембран. Пермеат з витратою $45-50 \text{ м}^3/\text{год}$ з кожної УЗО відводиться у баки частково-знесоленої води (БЧЗВ). Концентрат з витратою $15-17 \text{ м}^3/\text{год}$ з кожної УЗО відводиться на вузол підкислення № 1.

При необхідності збільшення продуктивності апаратник вмикає у роботу кілька установок зворотного осмосу. Номінальна продуктивність системи зворотного осмосу при увімкненні у роботу 2-х установок (модулей) зворотного осмосу – $90-100 \text{ м}^3/\text{год}$, при необхідності збільшення загальної продуктивності до $150 \text{ м}^3/\text{год}$, вводиться в роботу резервний модуль, і всі установки

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виводяться на максимальну продуктивність. Потік концентрату при цьому становить 50 м³/год.

Після проходження модулів зворотного осмосу вода розділяється на 2 потоки: пермеат (практично ідеально чиста вода) та концентрат (вода з забрудненнями). Пермеат надходить до колектору, а концентрат має два шляхи – або прямує на вузол підкислення, або повторно поступає на модулі зворотного осмосу для більш кращої очистки.

Основний цикл роботи по технічному обслуговуванню установки складається із заходів по забезпеченню ефективної роботи зворотноосмотичних модулів. Навіть при нормальних умовах експлуатації з часом виникає забруднення фільтроелементів та поверхонь зворотноосмотичних мембран. Якщо не виконувати профілактичну промивку та регенерацію мембран, заміну фільтроелементів, то стає неможливим відновлення продуктивності зворотноосмотичних мембран.

Хімічна промивка здійснюється раз на 1-3 місяці за допомогою баку хімічної промивки 8, в якому міститься лимонна кислота або ТПФН (триполіфосфат натрію) Na-ЕДТА в залежності від характеру забруднень. Вода поступає в бак попередньо нагріта в електропідігрівачі 11. Очищуючий розчин прямує до касетного фільтру 10 за допомогою насоса хімічного промивання 9.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ВИТРАТНІ КОЕФІЦІЄНТИ З СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ

5.1 Розрахунок матеріального балансу установки зворотного осмосу

Вихідні дані:

Продуктивність по очищеній воді: $L_K = 100 \text{ м}^3/\text{год.}$

Загальний солеміст вихідної води $x_0 = 150 \text{ мг/дм}^3$.

Вихід пермеату: $\alpha = 75 \%$.

Селективність мембран: зворотноосмотичних $\varphi = 99,5 \%$.

Вимоги до якості вихідної води після знесолення:

електропровідність $4,3 \text{ мкСм} \cdot \text{см}^{-1}$ ($x_K = 1,96 \text{ мг/дм}^3$).

Схематичне зображення двоступеневої схеми зворотного осмосу наведено на рисунку 5.1.

1 – перша ступінь зворотного осмосу; 2 – друга ступінь зворотного осмосу

Рисунок 5.1 – Схематичне зображення двоступеневої схеми зворотного осмосу з поверненням концентрату.

Використовуючи позначення потоків і концентрацій, прийняті на рисунку 5.1, рівняння матеріального балансу, отримаємо рівності:

$$x_p = \frac{G_p}{G_v}; \quad (5.1)$$

$$G_v = G_p + G_k; \quad (5.2)$$

$$x_0 = 1 - \frac{S_p}{S_v}; \quad (5.3)$$

$$S_v \cdot G_v = S_p \cdot G_p + S_k \cdot G_k; \quad (5.4)$$

$$x_r = \frac{G_r}{G_k}; \quad (5.5)$$

$$G_k = G_r + G_s; \quad (5.6)$$

					ХНЗ103 1440 000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_v = G_i + G_r; \quad (5.7)$$

$$S_v \cdot G_v = S_r \cdot G_r + S_i \cdot G_i. \quad (5.8)$$

Проводимо розрахунки за формулами (5.1÷5.8) в середовищі MSExcel та отримуємо результати, що наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати розрахунків

За даними розрахунків складаємо матеріальний баланс процесу очищення води на двоступеневій установці зворотного осмосу. Дані заносимо в таблицю 5.2 матеріального балансу.

Таблиця 5.2 – Матеріальний баланс по солевмісту

5.2 Розрахунок енергетичного (теплового) або ексергетичного балансу виробництва

Енергетичний баланс складається на основі закону збереження енергії, відповідно до якого у замкненій системі сума всіх видів енергії є сталою. Звичайно для ХТП складають тепловий баланс, при цьому закон збереження енергії формують таким чином: прихід теплоти $Q_{\text{ПР}}$ у даному апараті (процесі) повинен дорівнювати витраті теплоти $Q_{\text{ВИТ}}$ у тому самому апараті (процесі).

У даному процесі прихід теплоти $Q_{\text{ПР}}$, це кількість теплоти що приходить з живильною (питною) водою $Q_{\text{Ж.В.}}$. Витратою теплоти $Q_{\text{ВИТ}}$ є сума теплот пермеату $Q_{\text{ПЕРМ.}}$ та концентрату $Q_{\text{КОНЦ.}}$

$$Q_{\text{Ж.В.}} = Q_{\text{ПЕРМ.}} + Q_{\text{КОНЦ.}}$$

					ХНЗ103 1440 000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3 Розрахунок витратних коефіцієнтів

5.3.1 Витратний коефіцієнт води питної

На 1 м³ води очищеної витрачається води питної:

Витратний коефіцієнт води питної на промивку механічних фільтрів:

де n - кількість промивок на добу;

L_{pr} – витрата води на промивку одного фільтру, м³/год;

τ – час промивки фільтру, год;

N – кількість механічних фільтрів:

Витратний коефіцієнт води питної для розведення концентрату після першої ступені ЗО до норм, за яких дозволяється його скидання в каналізацію:

(5.11)

де $X_{\text{норм.}}$ – солевміст води, яку дозволяється скидати в каналізацію, мг/м³:

Витратний коефіцієнт води питної для розведення стоків після хімічної чистки мембранних модулів:

(5.12)

де $V_{\text{розв.}}$ – об'єм води питної, яка подається в бак для розведення, м³;

$T_{\text{пром}}$ – час роботи мембранних блоків між промивками, діб:

5.3.2 Витратний коефіцієнт промивного розчину

Для промивки мембран використовується 2 %-вий розчин цитратної кислоти та 0,1 %-вий розчин гідроксиду натрію.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витратний коефіцієнт промивного розчину кислоти:

(5.13)

де $L_{\text{пром.к-ти}}$ – витрата розчину кислоти на промивку однієї мембрани, $\text{м}^3/\text{год}$;

τ – час промивки мембрани, год;

N – кількість мембран:

Витратний коефіцієнт промивного розчину гідроксиду натрію:

(5.14)

де $L_{\text{пром.лугу}}$ – витрата розчину гідроксиду натрію на промивку однієї мембрани, $\text{м}^3/\text{год}$;

Сумарно води питної в схемі витрачається:

5.3.3 Витратний коефіцієнт електроенергії

Таким чином, сумарна потужність всього обладнання $P = 90,24 \text{ кВт}$.

Витратний коефіцієнт електроенергії на 1 м^3 води очищеної:

де τ – час роботи за добу, год:

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Головним апаратом схеми є установка зворотного осмосу. Розрахунок мембранної установки проводиться, коли обрані, встановлені або прийняті наступні вихідні дані:

- тип мембран;
- потужність виробництва;
- вплив зовнішніх чинників на технологічні параметри мембран, на-самперед – тиску, температури, концентрації і швидкості розчину на питому продуктивність за цільовим компонентом;

- тип мембранного апарату;
- технологічна схема установки.

Мета розрахунку:

- визначити необхідну площу мембран і, відповідно, потрібну кількість мембранних модулів і апаратів для забезпечення заданої продуктивності;
- провести секціонування установки (при необхідності);
- визначити гідравлічні втрати напору і, відповідно, витрати енергії на проведення процесу розділення.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.1 Розрахунок та вибір основного апарату

6.1.1 Розрахунок та вибір апарату першого ступеня зворотного осмосу

Продуктивність за пермеатом після першого ступеню зворотного осмосу:

де G_v – витрата живильної води, м³/год;

G_{k_1} – витрата концентрату після першого ступеню ЗО, м³/год.

Знаходимо необхідну робочу площу мембран:

$$F_p = \frac{G_p}{G}, \quad (6.1)$$

де G – питома продуктивність мембрани:

$$G = \frac{G_n}{S}, \quad (6.2)$$

де G_n – продуктивність мембрани,

S – площа однієї мембрани, м²:

Кількість мембран:

$$n_{\text{мод}} = \frac{F_p}{S}, \quad (6.3)$$

За заданою продуктивністю обрано систему зворотного осмосу Ecosoft MO-28 S-MAXI. Ця система використовується на фармацевтичних, харчових, електронних виробництвах, а також в енергетиці.

Тип мембранного елементу – Filmtec XLE 440, Dow Chemical, USA.

Базова комплектація установки зворотного осмосу наведена в таблиці 6.1 [5].

Таблиця 6.1 – Базова комплектація установки зворотного осмосу Ecosoft MO-28 S-MAXI

Вимоги до якості води, яка подається на першу ступінь зворотного осмосу, наведена в таблиці 6.2 [5].

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робочі та технічні характеристики системи зворотного осмосу наведені в таблиці 6.3 [5].

Таблиця 6.2 – Вимоги до води, що обробляється [5]

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.3 – Робочі характеристики і технічні дані [5]

Параметр	Розмірність	Значення
Продуктивність при 15°C	м ³ /год	28,0 – 30,0
Електроживлення	В, Гц	380/50
Потужність насосу	кВт	30,0
Тиск на вході	атм	2,0 – 4,0
Робочий тиск в модулі	атм	12,0 – 14,0
Споживання води в робочому режимі	м ³ /год	22,0 – 26,0
Споживання води в режимі гідравлічної промивки	м ³ /год	50,0 – 60,0
Діаметр підключень: –вхід установки –вихід пермеату –скид концентрату –вхід, вихід хімічного промивання	фланець фланець фланець фланець	Ду80 Ду80 Ду80 Ду80
Габарити установки (Ш-Д-В)	мм	5700×1500×2400

6.1.2 Розрахунок та вибір апарату другого ступеня зворотного осмосу

Продуктивність за пермеатом після другого ступеню зворотного осмосу:

Знайшовши питому продуктивність мембрани за формулою (6.2), знаходимо необхідну робочу площу мембран за формулою (6.1):

Кількість мембран знаходимо за формулою (6.3):

За заданою продуктивністю обрано систему зворотного осмосу для другої ступені Ecosoft MO-20 S-MAXI [5]. Ця система використовується на фармацевтичних, харчових, електронних виробництвах, а також в енергетиці.

Тип мембранного елементу Filmtec XLE 440 (Dow Chemical, USA) [6].

Базова комплектація установки зворотного осмосу:

- префільтр картриджний тонкої очистки FCH 740,5 мкм;
- насос-дозатор антискаланту;
- відцентровий насос високого тиску з нержавіючої сталі Lowara;
- мембранний елемент Filmtec XLE 440;
- мембранотримач;
- щит управління та управляючий електронний контролер;
- контрольно-вимірювальні прилади та автоматика, в т.ч:
- ротаметри, манометри, датчик сухого ходу;
- автоматичні клапани;
- поплавковий вимикач;
- датчик та індикатор електропровідності;
- порти підключення блоку хімічного промивання;
- рама установки;
- запірна арматура та регулююча арматура;
- трубна обв'язка.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вимоги до води, яка подається на другу ступінь зворотного осмосу, наведена в таблиці 6.4 [5].

Робочі та технічні характеристики системи зворотного осмосу наведені в таблиці 6.5[5].

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						48
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 6.4 – Вимоги до води, що обробляється [5]

Таблиця 6.5 – Робочі характеристики і технічні дані [5]

6.2 Розрахунок та вибір допоміжного технологічного обладнання

6.2.1 Розрахунок баку для накопичення води

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

Розрахунок цієї ємності проводиться згідно рівняння:

$$V_p = W \cdot \tau, \quad (6.4)$$

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

τ – час перебування рідини в ємності, год.

Обираємо час перебування рідини в ємності 20 хвилин.

Розрахуємо об'єм баку для акумулювання води питної:

Геометричний об'єм ємності повинен бути більше робочого на 10-15 %:

Обираємо ємність, прямокутну в плані з параметрами: висота 3 м, ширина 3 м, довжина 3,4 м.

6.2.2 Розрахунок баку для знесоленої води

Приймають до установки бак, що забезпечує двогодинний запас знесоленої води об'ємом:

Приймають до установки три баки знесоленої води об'ємом по 160 м^3 .

6.2.3 Розрахунок баку для сульфатної кислоти

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідна ємність для збереження 98% -вої сульфатної кислоти становить:

$$V_{\text{к}}^{\text{доб}} = \sum (V_{\text{Ки}}^{98} \cdot m_i) / \rho, \quad (6.6)$$

де $V_{\text{Ки}}^{98}$ - витрата кислоти для кожного ступеня на регенерацію, м^3 ;

m_i – добове число регенерацій для кожної ступені;

ρ – густина 98% -вого розчину кислоти, $\text{м}^3 / \text{кг}$.

Ємність мірника для добового запасу кислоти з урахуванням коефіцієнта запасу:

Прийнято до установки мірник міцної сульфатної кислоти об'ємом 10 м^3 .

Місячний запас кислоти:

Прийнято до установки бак для зберігання кислоти об'ємом 320 м^3 .

6.2.4 Розрахунок баку для міцного лугу

Необхідна ємність для збереження 42% - вого гідроксиду натрію складає:

де $V_{\text{лн}}^{32}$ - витрата лугу для кожного ступеня на регенерацію, м^3 ;

m_i – добове число регенерацій для кожної ступені;

ρ – густина 42% - вого розчину лугу, $\text{м}^3 / \text{кг}$.

Ємність мірника для добового запасу лугу з урахуванням коефіцієнта запасу:

Прийнято до установки мірник міцного лугу об'ємом 5 м^3 .

Місячний запас лугу:

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прийнято до установки бак для зберігання луку об'ємом 160 м^3 .

6.2.5 Розрахунок баку для антискаланту

Антискалант закуповується в тарі об'ємом 25 дм^3 , тому вибір баку проводимо враховуючи цей фактор, а також фактор ергономічності (скляна вставка зі шкалою в баці, простота розміщення). Витрата антискаланту складає $0,3 \text{ дм}^3/\text{м}^3$ води. Виберемо бак з габаритами: $720 \times 1120 \times 640 \text{ мм}$ (В*Д*Ш), 300 дм^3 – об'єм. Зважаючи на склад антискаланту, рекомендовано використовувати футерований тефлоном бак.

6.2.6 Розрахунок насосу

Необхідно підібрати насос для перекачування води при температурі 20°C з баку в апарат, що працює під надмірним тиском $0,1 \text{ МПа}$. Витрата води $Q = 0,009 \text{ м}^3/\text{с}$. Геометрична висота підйому води $2,5 \text{ м}$. Довжина трубопроводу на лінії всмоктування 2 м , на лінії нагнітання 3 м . На лінії нагнітання є 3 відведення під кутом 90° з радіусом повороту, рівним 6 діаметрам труби, і 2 нормальних вентиля. На всмоктувальній ділянці трубопроводу встановлено 1 прямоточний вентиль.

Вибір трубопроводу [3].

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

Обираємо сталевий трубопровід зовнішнім діаметром 80 мм і завтовшки стінки 2 мм . Тоді внутрішній діаметр $d = 0,076 \text{ м}$. Фактична швидкість води в трубі:

Визначення втрат на тертя і місцеві опори.

Значення критерію Рейнольдса:

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

Розрахунок λ слід проводити по формулі:

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

Для всмоктувальної лінії:

1) Вхід в трубу (приймаємо з гострими краями): $\xi_1 = 0,5$.

2) Прямоточні вентилі: для $d = 0,076$ м, $\xi_\alpha = 0,6$.

Домножуючи на поправочний коефіцієнт 0,925, одержуємо $\xi_2 = 0,55$.

Сума коефіцієнтів місцевих опорів у всмоктувальній лінії:

Втрачений напір у всмоктувальній лінії знаходимо по формулі:

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

Для нагнітальної лінії:

1) Відведення під кутом 90° : коефіцієнт $A = 1$, коефіцієнт $B = 0,09$; $\xi_1 = 0,09$.

2) Вентилі: для $d = 0,06$ м $\xi = 3,9$, для $d = 0,08$ м $\xi_\alpha = 4$. Приймаємо для $d = 0,076$ м $\xi_2 = 3,93$.

3) Вихід з труби: $\xi_3 = 1$.

Сума коефіцієнтів місцевих опорів в нагнітальній лінії:

Втрачений напір в нагнітальній лінії:

Загальні втрати напору:

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір насоса.

Знаходимо напір насоса за формулою:

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + H_{\Gamma} + h_{\text{втр}}, \quad (6.13)$$

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

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

H_{Γ} – геометрична висота підйому рідини.

Напір при заданій продуктивності забезпечується відцентровими насосами.

Визначимо корисну потужність насоса:

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

Заданим подачі і напору більше всього відповідає відцентровий насос марки 2Х-9(К,Е,И)-5(1), $Q = 6,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, $H = \text{до } 18 \text{ м}$.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА

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

Для надійної експлуатації обладнання, підтримки оптимальних технологічних параметрів, використання обладнання на повну потужність, застосовують системи автоматичного регулювання та контролю, що дозволяють підвищити безпеку роботи устаткування і поліпшують умови роботи персоналу.

7.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації

На підставі аналізу особливостей технологічного процесу очищення води методом зворотного осмосу на ТЕЦ (опис схеми представлений у розділі 4), його апаратного оформлення та норм технологічного режиму необхідно забезпечити такий рівень автоматизації виробництва:

- контроль та регулювання витрати вхідної, частково знесоленої води, концентрату;
- контроль та регулювання перепаду тиску на картриджному фільтрі, насосах високого тиску та установках зворотного осмосу;
- контроль рН вхідної води;
- контроль та регулювання різниці температур на теплообміннику;
- контроль рівню у баку розчину антискалantu.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметри контролю та регулювання виробництва наведено у таблиці 7.1.

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 води та реагентів у трубопроводі розроблено контури 1, 2, 3, 4, 5, що складаються з первинних перетворювачів витрати (1-1, 2-1, 3-1, 4-1, 5-1), проміжних перетворювачів (1-2, 2-2, 3-2, 4-2, 5-2), приладів вторинного показувального, реєструвального (1-3, 2-3, 3-3, 4-3, 5-3), регулювальних блоків (1-4, 2-4, 3-4, 4-4, 5-4), електропневматичних перетворювачів (1-5, 2-5, 3-5, 4-5, 5-5), пневматичних виконавчих механізмів (1-6, 2-6, 3-6, 4-6, 5-6).

Для контролю, реєстрування та регулювання температури в теплообміннику розроблено контур 14, який складається з первинного термоперетворювача температури (14-1), автоматичного показувального і реєструвального вторинного приладу (14-2), мікропроцесорного регулятора (14-3), пускача магнітного безконтактного (МП5), виконавчого механізму (14-4).

Для контролю та реєстрування рівня в баку розчину антискаланта 3 розроблено контур 13, який складається з рівнеміра буйкового з пневматичним передавальним перетворювачем (13-1), пневматичного показувального і реєструвального приладу (13-2).

Для контролю, реєстрування та сигналізації перепаду тиску в картриджних фільтрах 5, розроблено контури 6, 7, 8. Вищенаведені контури складаються з вимірювального перетворювача різниці тисків (6-1, 7-1, 8-1), вто-

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ринного показувального та реєструвального приладу з вбудованим пристроєм сигналізації (6-2, 7-2, 8-2).

Для контролю, сигналізації та регулювання перепаду тиску в установках зворотного осмосу 7, розроблено контури 9, 10, 11. Вищенаведені контури складаються з вимірювального перетворювача різниці тисків (9-1, 10-1, 11-1), вторинного реєструвального, регулювального приладу з вбудованим пристроєм сигналізації (9-2, 10-2, 11-2), виконавчого механізму (9-3, 10-3, 11-3).

Для контролю, реєстрування рН в трубопроводі, розроблено контур 12. Вищенаведений контур складається з чутливого елемента рН-метра (12-1), перетворювача високоомного (12-2), автоматичного показувального і реєструвального вторинного приладу (12-3).

Регулювання і сигналізація витрати в нагнітачах здійснюється контурами М1, М2, М3, М4, який включає магнітний пускач безконтактний (МП1, МП2, МП3, МП4), кнопку запобіжного вимикання (SA1, SA2, SA3, SA4), пости управління кнопкові (SB1, SB2, SB3, SB4, SB5, SB6, SB7, SB8), лампи сигнальні світлодіодні із червоним індикатором (HL7, HL9, HL11, HL13), лампи сигнальні світлодіодні із зеленим індикатором (HL8, HL10, HL12, HL14).

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

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.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

Економіко-організаційні розрахунки є важливою частиною роботи, яка дає змогу обґрунтувати доцільність техніко-технологічних рішень. В умовах ринкової економіки від інженерно-технічного, технологічного персоналу підприємства власники цих підприємств очікують вміння застосовувати сучасні форми організації діяльності виробництва, формування нових моделей, організаційно-економічного забезпечення ефективної праці.

Завданням розділу є розрахунок собівартості та прибутку від отримання знесолоної води, отриманої за схемою очищення води на установці зворотного осмосу.

8.1 Організаційна структура цеху

Рисунок 8.1 – Схема організаційної структури цеху.

Начальник цеху - здійснює керівництво виробничо-господарською діяльністю цеху, проводить роботу з удосконалення організації виробництва, його технології, механізації та автоматизації виробничих процесів.

Головний інженер - забезпечує організацію виробництва, дотримання технології, координує дії трудового колективу, відповідає за якість продукції, що випускається, за працездатність устаткування, його своєчасне технічне обслуговування, ремонт сторонніми організаціями.

Бухгалтер – забезпечує ведення бухгалтерського обліку, забезпечує складання на основі даних бухгалтерського обліку фінансової звітності підприємства, бере участь у підготовці та поданні інших видів періодичної звітності.

Інженер – технолог – слідує за процесом виробництва, дотриманням технології.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Лаборант – вхідний, вихідний та проміжний контролі якості води, а також перевірка реагентів на якість; розробляє методи підвищення якості зне-соленої води.

Прибиральник – прибирає приміщення.

Завідувач складом – стежить за наявністю реагентів, що потрібні на виробництві, відповідає за інвентар.

Механік – ремонт і обслуговування обладнання.

Оскільки процес повністю автоматизований, то безпосередньої участі у виробничому процесі працівники не беруть.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.2 Технологічна підготовка виробництва

8.2.1 Класифікація виробничих процесів

Технологічний процес складається з таких операцій:

- подача води після Na-катіонітових фільтрів;
- вхідний контроль якості води;
- підкислення води сульфатною кислотою та її змішування з антис-калантом;
- фільтрація на картриджному фільтрі;
- проміжний контроль пом'якшеної води;
- надходження води на модулі установки зворотного осмосу;
- очищення води на установці зворотного осмосу;
- надходження пермеату до баків з частково-знесоленою водою;
- вихідний контроль якості знесоленої води;
- подача води на підживлення КТЦ.

Виробничі процеси, в залежності від впливу на кінцеву продукцію, поділяються на основні, допоміжні, бічні та підсобні.

До основних процесів при отриманні знесоленої води на зворотноосмотичній установці відносять:

- підкислення води сульфатною кислотою та її змішування з антис-калантом;
- фільтрація на картриджному фільтрі;
- очищення на установці зворотного осмосу;
- зберігання води в накопичувальних баках;
- вхідний, проміжний та вихідний контролю якості продукції та сировини.

До допоміжних процесів належать:

- ремонт обладнання;
- хімічне промивання.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До підсобних процесів належать:

- заготівля сировини та запасних частин обладнання.

8.2.2 Види руху предметів праці

Виробничий цикл (ВЦ) – період часу між запуском у виробництво сировини і отриманням готової продукції; сукупність основних, допоміжних та підсобних процесів необхідних для випуску продукції.

Увесь виробничий цикл складається з наступних операцій:

- 1) подача води після Na-катіонітових фільтрів (5 хв);
- 2) підкислення води сульфатною кислотою та її змішування з антис-калантом (10 хв);
- 3) фільтрація на картриджному фільтрі (15 хв);
- 4) надходження води до установки зворотного осмосу (5 хв);
- 5) очищення води на установці зворотного осмосу (2-х ступінчата) (30 хв);
- 6) надходження води до накопичувального баку (10 хв);
- 7) подача води на підживлення КТЦ (5 хв).

Порядок проходження предметів праці через всі стадії виробничого процесу називається видом руху предметів праці (ВРПП).

Розглянемо послідовний, паралельний та синхронізований ВРПП:

1. Послідовний ВРПП

Послідовний ВРПП – це такий ВРПП, під час якого обробка наступної одиниці продукції у виробничому процесі починається після завершення обробки попередньої.

$T_{ВЦ}$ – тривалість виробничого циклу за послідовного ВРПП розраховується за формулою:

$$T_{ВЦ} = B \cdot \sum_{i=1}^m t_i, \quad (8.1)$$

де B – випуск продукції; m – кількість операцій, t_i – тривалість i -ої операції.

Кількість обладнання $N_{обл.} = 7$ од.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки дана виробнича лінія автоматична, то кількість працівників, які її обслуговують – 3 особи.

Випуск води знесоленої за 1 умовну партію складає 100 м^3 . Загальний випуск за 1 виробничий цикл – 1800 м^3 .

Графічна інтерпретація послідовного ВРПП зображена на рисунку 8.1.

Рисунок 8.1 – Схема послідовного ВРПП.

2. Паралельний ВРПП

Паралельний ВРПП – це такий ВРПП, коли обробка наступної одиниці продукції на першій операції починається одразу після звільнення обладнання. Всі операції виконуються паралельно для різних партій продукції.

$T_{\text{вц}}$ – тривалість виробничого циклу за паралельного ВРПП розраховується за формулою:

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

де B – випуск продукції; m – кількість операцій, t_i – тривалість i -ої операції, t_{max} – тривалість найдовшої операції.

$N_{\text{обл.}} = 7$, $N_{\text{прац.}} = 3$ особи.

Загальний випуск води очищеної за один ВЦ складає 4630 м^3 .

Графічна інтерпретація паралельного ВРПП зображена на рисунку 8.2.

Рисунок 8.2 – Схема паралельного ВРПП.

3. Синхронізований ВРПП

Синхронізований ВРПП – це окремий випадок паралельного ВРПП, характеризується постійним ритмом процесу. Ритм – період часу між завантаженням попередньої і наступної одиниці продукції у виробництво.

$T_{\text{вц}}$ – тривалість виробничого циклу за синхронізованого ВРПП розраховується за формулою:

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{вц}} = \sum_{i=1}^m t_i + (B - 1) \cdot R, \quad (8.3)$$

де B – випуск продукції; m – кількість операцій, t_i – тривалість i -ої операції, R – ритм. Заданий ритм – 5 хв.

$$B = \frac{T_{\text{вц}} - \sum t_i}{R} + 1 = \frac{1440 - 80}{5} + 1 = 273.$$

$$N_{\text{обл}} = \frac{\sum t_i}{R} = \frac{80}{5} = 16 \text{ од.}$$

Загальний випуск води очищеної за один виробничий цикл складає 27 300 м³.

Графічна інтерпретація синхронізованого ВРПП зображена на рисунку 8.3.

Рисунок 8.3 – Схема синхронізованого ВРПП.

Синхронізований ВРПП потребує додаткової кількості одиниць обладнання та збільшення чисельності працівників. Це призводить до значного збільшення випуску продукції, але й водночас зростають витрати на придбання обладнання, що є недоцільним у даному випадку, так як за технологією підприємство працює з обмеженим об'ємом води і зосереджено на її якості. Паралельний ВРПП використовує меншу кількість обладнання і потребує меншої кількості робочого персоналу, ніж синхронізований ВРПП, але присутній фактор простою обладнання, якого можна частково уникнути при послідовному ВРПП.

Отже, оптимальним видом руху предметів праці для даного цеху буде послідовний ВРПП, що забезпечує необхідну продуктивність і задовольняє потреби споживача.

8.2.3 Середньорічна тривалість виробничого циклу для послідовного ВРПП

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цех працює 365 днів на рік. Тривалість зміни 8 годин. Тривалість роботи цеху за рік складає 8760 год.

Тривалість виробничого циклу (фактична):

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{факт}} = T_{\text{ВЦ}} + T_{\text{ДО}} + T_{\text{перерв}}; \quad (8.4)$$

де $T_{\text{ВЦ}}$ – тривалість виробничого циклу;

$T_{\text{ДО}}$ – тривалість допоміжних операцій (не враховуються):

Середньорічна тривалість виробничого циклу:

де 24 – кількість годин у добі;

D_k – кількість календарних днів у році;

T_p – тривалість роботи підприємства за добу, год;

D_p – кількість робочих днів протягом року.

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{ср}} = \frac{24 \cdot 365}{24 \cdot 365} \cdot 24 = 24 \text{ год.}$$

Річний випуск продукції.

За добу цех випускає 18 умовних партій води знесоленої, кожна по 100 м³. За добу виготовляється 1800 м³.

Таким чином, у рік цех планово випускає води знесоленої:

$$V^{\text{рік}} = n_{\text{доб}} \cdot D_p; \quad (8.6)$$

де D_p – кількість робочих днів протягом року;

$n_{\text{доб}}$ – кількість продукції, що випускається на добу, м³:

8.3 Розрахунок необхідної кількості працівників

Явочна чисельність персоналу – максимально допустима чисельність працівників, необхідна для виконання відповідного об'єму робіт та для повної комплектації робочих місць у кожному структурному підрозділі підприємства протягом робочої зміни.

Таблиця 8.1 – Кількість персоналу

					ХНЗ103 1440 000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Режим роботи для начальника цеху, бухгалтера, головного інженера, завідуючого складом, прибиральниці, 5 днів на тиждень, тривалість зміни 8 годин (з 9:00 до 17:00). Для лаборанта, інженера-технолога, механіка, робочий тиждень має вигляд: режим роботи у 3 зміни, тривалість робочої зміни 8 годин. В одну зміну виходить 2 лаборанта, 1 інженер-технолог, 1 механік. Система охорони – автоматична.

Отже, сумарна явочна кількість персоналу складає $\text{Ч}_{\text{яв}} = 17$ осіб.

Чисельність за списком – потреба підприємства в кадрах. Крім явочної чисельності включає додатково необхідну для заміщення тих, хто у відпустці, хворіють або відсутні з інших поважних причин; сюди включають сумісників.

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

Таблиця 8.2 – Графік змінності бригадного персоналу

Отже:

I зміна: 6:00 – 14:00 $\text{Ч}_{\text{яв}} = 4$ особи;

II зміна: 14:00 – 22:00 $\text{Ч}_{\text{яв}} = 4$ особи;

III зміна: 22:00 – 6:00 $\text{Ч}_{\text{яв}} = 4$ особи.

Таблиця 8.3 – Графік змінності керуючого та обслуговуючого персоналу

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

I зміна: 9:00 – 17:00 $\text{Ч}_{\text{яв}} = 5$ осіб.

Розрахунок річної тривалості роботи та чисельності виробничого персоналу:

Розрахунок річної тривалості роботи та чисельності керуючого та обслуговуючого персоналу:

Отже, сумарна кількість персоналу за списком складає $\text{Ч}_{\text{сп}} = 21$ особа.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.4 Порядок технічного контролю виробничого процесу: об'єкти, суб'єкти, види і методи контролю, виконавці

Технічний контроль якості – сукупність методів, засобів і заходів, які забезпечують відповідність якості продукції вимогам стандартів і нормативів.

Об'єктами технічного контролю є:

- Сировина і матеріали;
- Напівфабрикати власного виготовлення;
- Технологічний процес;
- Тара, пакування, транспортування;
- Допоміжні процеси;
- Працівники;
- Технологічна дисципліна.

На даному виробництві об'єктами технологічного контролю є: вода питна, технологічний процес, тара, пакування, працівники цеху.

Суб'єктами технологічного контролю є :

- Працівники;
- Керівники;
- Спеціальні служби.

На даному виробництві суб'єктами технологічного контролю є: інженер-технолог, лаборант та механік.

Види контролю якості:

- За технічним рівнем – ручний;
- За параметрами контролю – якісний;
- За стадіями процесу – вхідний, поточний і заключний;
- За ступенем охоплення об'єктів - поопераційний;
- За обсягом – суцільний.

Всі види контролю якості проводять лаборанти. На всіх етапах контролю оформлюються вихідні журнали: вхідного, поточного і заключного контролю.

На вхідному контролі аналізують проби води, які надходять на виробництво, тобто очищену воду після Na-катіонітових фільтрів.

Поточний контроль – це процес перевірки виконання роботи працівниками і технологічного процесу. Проби води аналізують на загальний солевміст, мікробіологічну чистоту, вміст заліза, мангану, загальну твердість, розчинений хлор 4 рази за зміну. За результатами даного виду контролю ведуть журнал поточного контролю.

Заключний контроль проводять після проходження всіх ступенів знесолення. За результатами вхідного контролю оформлюють паспорт якості [10].

8.5 Організація технічного обслуговування і ремонту обладнання

Тривалість міжремонтних періодів капітальних ремонтів для всього технологічного обладнання складає $T_K = 8760$ год, середніх ремонтів $T_C = 1440$ год, поточних $T_{II} = 360$ год.

Кількість капітальних ремонтів на рік :

Кількість середніх ремонтів на рік:

Кількість поточних ремонтів на рік:

Тривалість простою обладнання у ремонтах:

Тривалість ефективної роботи цеху:

Фактичний випуск продукції:

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Графік ППР наведено в таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 – Графік планово-попереджувальних ремонтів обладнання

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.6 Матеріальна, документальна, та організаційно-технічна підготовка виробництва

8.6.1 Розрахунок основних та оборотних фондів цеху

Таблиця 8.4 – Основні фонди підприємства

До оборотних засобів відносяться:

- сировина (вода) і реагенти для промивання мембран;
- електроенергія;
- запасні частини та матеріали;
- заробітна плата.

Витрати сировини:

1) забір води: $0,5 \cdot 657\,000 = 328\,500$ грн./рік.

2) реагенти для промивання мембран:

– лужний реагент (витрата – 50 кг на одне промивання, частота здійснення промивання – 1 раз на 3 місяці (4 промивання на рік), ціна за 1 кг – 700 грн): $50 \cdot 700 \cdot 4 = 140\,000$ грн./рік.

– кислотний реагент (витрата – 75 кг на одне промивання, частота здійснення промивання – 1 раз на 3 місяці (4 промивання на рік), ціна за 1 кг – 700 грн): $75 \cdot 700 \cdot 4 = 210\,000$ грн./рік.

Загальна витрата сировини становить 678 500 грн./рік.

Таблиця 8.5 – Витрати електроенергії

Розрахунок вартості електроенергії:

$$(250 \cdot 16 \cdot 1,8) + (250 \cdot 8 \cdot 0,35) = 7900 \text{ грн./добу,}$$

$$7900 \cdot 365 = 2\,883\,500 \text{ грн./рік.}$$

					ХНЗ103 1440 000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.6 – Заробітна плата персоналу

Фонд заробітної плати складає 1 118 400 грн./рік.

ФОП = ЗП + нарахування = 1 118 400 · 1,22 = 1 364 448 грн./рік.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.6.2 Паспорт якості на вид продукції

Назва цеху: _____

Адреса потужностей: _____

Паспорт № _____

Найменування продукту: Вода знесолена

Якість відповідає: ДСанПіН 2.2.4-171-10

Об'єм однієї партії води – 100 м³.

Показники якості

Висновок. Згідно за результатами проведеного контролю, показники якості води даної партії відповідають допустимим нормам затвердженим за ДСанПіН 2.2.4-171-10 і є придатною для подальшого використання.

Дата виготовлення _____.

Термін зберігання – 3 доби;

Умови зберігання: в чистих контейнерах, при температурі не вище 90 °С.

Лаборант _____.
(підпис)

Технолог _____.
(підпис)

Показники якості води, яка очищується на виробництві, відповідають наведеним в паспорті якості.

8.6.3 Калькуляція на продукцію

Калькуляція – спосіб розрахунку загальної суми витрат на придбання матеріальних цінностей, виготовлення та реалізацію продукції [10].

Таблиця 8.7 – Калькуляція на продукцію

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№	Елемент	За рік	На одну партію
1	Сировина	678 500	103,27
2	Амортизаційні відрахування	305 000	46,42
3	Електроенергія	2 883 500	438,89
4	ЗП основного персоналу	1 118 400	170,23
5	Нарахування на ЗП	246 048	37,45
	Разом	5 231 448	796,26

Таблиця 8.8 – Сукупні витрати на підприємстві

Завантажено		Отримано	
Статті витрат	Витрати на річний випуск, грн./рік	Найменування	Вартість, грн./рік
Сировина	678 500	Очищена вода	5 231 448
Електроенергія	2 883 500		
ФОП	1 364 448		
Амортизація ОФ	305 000		
Всього	5 231 448	Всього	5 231 448

8.6.4 Розрахунок техніко-економічних показників

Таблиця 8.9 – Розрахунок ТЕП

ТЕП	Розрахунок	Розмірність
Випуск продукції		м ³ /рік
Чисельність персоналу		особа
Капіталовкладення		грн.
Собівартість		грн./рік
Ціна		грн./рік
Прибуток		грн./рік
Рентабельність		%
Економічна ефективність		грн./грн.
Період повернення капіталовкладень		років
Фондовіддача		грн./грн.
Фондоємність		грн./грн.

У даному розділі показано доцільність використання даного способу знесолення води. Про це свідчать такі показники як рентабельність (50,7 %), коефіцієнт економічної ефективності (0,32), термін повернення капіталовкладень (3,1 років). Цех є прибутковим.

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

Відповідно до технологічної частини в рамках дипломного проекту, вихідною сировиною для отримання знесоленої води хімічного цеху підприємства є вода після Na-катіонітових фільтрів. У відділенні зворотного осмосу в повітря не виділяються шкідливі речовини, але використовуються агресивні розчини. Всі процеси у відділенні знесолення води перебігають при кімнатній температурі, у відділенні не застосовується механічний транспорт.

В даному розділі на основі оцінки шкідливих та небезпечних виробничих факторів, з урахуванням особливостей виробничого середовища відділення, розроблено план заходів зі створення здорових та безпечних умов праці та пожежної безпеки [11].

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

9.1.1 Повітря робочої зони

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99, роботи, виконувані в проектованому цеху, за витратами фізичної енергії відносяться до категорії середньої важкості Па. В таблиці 9.1 наведено санітарні норми мікроклімату виробничого приміщення для даної категорії робіт для двох періодів року.

Таблиця 9.1 – Санітарні норми параметрів мікроклімату робочої зони [12]

Температура внутрішніх поверхонь робочої зони, технологічного обладнання, зовнішніх поверхонь технологічного устаткування, огорожуючих конструкцій не повинна виходити більш ніж на 2 °С за межі оптимальних значень температури повітря.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коротка санітарна характеристика цеху, що проектується, наведена в таблиці 9.2.

Таблиця 9.2 – Коротка санітарна характеристика цеху, що проектується

Для нормалізації повітря робочої зони проектом передбачено використання системи штучної вентиляції. Природний обмін повітря здійснюється за допомогою вікон.

Для нормалізації мікроклімату застосовуємо змішану загальнообмінну вентиляцію, для рівномірного повітрообміну. Місцева вентиляція служить для подачі свіжого повітря до робочого місця. Аерація – передбачена для видалення забрудненого повітря з місця його утворення.

9.1.2 Виробниче освітлення

У приміщенні цеху передбачено використання природного, штучного та суміщеного освітлення. До штучного відносяться: робоче, аварійне і ремонтне освітлення.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006, за зоровими умовами роботи в цеху відносяться до розряду VIIIб – Загальне спостереження за ходом виробничого процесу: періодичне при постійному перебуванні людей у приміщенні. У таблиці 9.3 наведено санітарно-гігієнічні норми параметрів освітлення [13].

Система штучного освітлення – комбінована, на виробництві прийняті люмінесцентні лампи типу ЛД-80 з потужністю 80 Вт, та світловим потоком – 4200 Лм.

Для аварійного й евакуаційного освітлення передбачене застосування ламп розжарювання, поміщених у світильник "Альфа", а також переносних світильників "Універсаль" УП-200, напругою 12В.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Нижче у таблиці 9.3 приведений розрахунок системи загального електричного освітлення цеху методом використання коефіцієнту світлового потоку [14].

Таблиця 9.3 – Норми параметрів освітлення

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):

$$F = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot k}{n \cdot u \cdot m}, \quad (9.1)$$

де F – світловий потік однієї лампи, лм;

E – нормована освітлюваність, E = 500 лм;

S – площа приміщення, S = 500 м²;

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

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

n – кількість світильників, n = 80;

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

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

Таким чином, необхідний світловий потік однієї лампи:

$$F = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot k}{n \cdot u \cdot m} = \frac{500 \cdot 500 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{80 \cdot 0,6 \cdot 2} = 3724 \text{ лм.}$$

Вибір стандартної лампи та визначення її потужності проводиться згідно ГОСТ 6825-74 [15].

					ХНЗ103 1440 000 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до розрахованого світлового потоку ($F = 3724$ лм), необхідного для забезпечення заданої освітленості, обираємо тип лампи ЛД потужністю 65 Вт і визначимо електричну потужність всієї освітлювальної системи:

$$W = P \cdot n \cdot t, \quad (9.2)$$

де W – потужність освітлювальної системи, Вт;

P – Потужність однієї лампи, $P = 65$ Вт.

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

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

9.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрації

Основними джерелами створення шуму та вібрацій в цеху є насоси-дозатори та їх електродвигуни. Додатковий шум можуть створювати трубопроводи з великими швидкостями руху рідини та система вентиляції.

Рівень звуку згідно ДСН 3.3.6.037-99 не повинна перевищувати 80 дБА [16].

Для зменшення рівня шуму апарати обладнано надійними звукоізолюючими пристроями, які складаються з еластичних патрубків на всмоктуючому та напірному трубопроводах; встановлені активні глушники аеродинамічного шуму на повітропроводах всмоктування та нагнітання вентиляторів; насоси та вентилятори встановлено на віброізоляторах.

Також в цеху підготовки сировинної суміші існують джерела, що викликають вібрацію. До них відносяться габаритне устаткування і його вузли, які обертаються з великою швидкістю.

Відповідно до ДСН 3.3.6.039.99, допустимий рівень вібрації в приміщенні – не більше 3,1 дБ [16]. Для захисту від вібрації у відділі мінімізовано контакт працівників з віброоб'єктами шляхом використання дистанційного керування, автоматичного контролю та сигналізації, а також застосування

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

захисного огороження. Для зменшення вібрації використовується віброізоляція, шляхом застосування пружинних і гумових прокладок, спеціальних підкладок під устаткування, нанесення на них вібропоглинаючих мастил, гуми, бітуму.

9.1.4 Електробезпека

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

Згідно ГОСТ 12.1.038-82, для змінного струму гранично припустимі значення напруги дотику та струму, що проходить через тіло людини, при аварійному режимі роботи електрообладнання:

$$U_{\text{дот}} = 36 \text{ В}, I_{\text{л}} = 6 \text{ мА}, \text{ при контакті більше } 1 \text{ с};$$

при нормальному режимі роботи:

$$U_{\text{дот}} = 2 \text{ В}, I_{\text{л}} = 0,3 \text{ мА}, \text{ при часі дії до } 10 \text{ хв/добу}.$$

Однофазний дотик зустрічається набагато частіше, ніж двофазний. Такий дотик менш небезпечний, тому що до тіла людини прикладається лінійна напруга.

Струм, що проходить через тіло людини в цьому випадку, складе:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi} \cdot 10^3}{R_{\text{л}} + R_0}, \text{ мА}, \quad (9.3)$$

де $R_{\text{л}} = 2..4 \text{ кОм}$ – опір тіла людини;

$R_0 = 4 \text{ Ом}$ – опір нейтралі заземлення;

$U_{\phi} = 220 \text{ В}$ – фазова напруга.

$$I_{\text{л}} = \frac{200 \cdot 10^3}{2000 + 4} = 99,8 \text{ мА}.$$

Розрахуємо допустиму напругу дотику (U_0):

$$U_{\text{д}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}} \cdot 10^3, \text{ В}. \quad (9.4)$$

$$U_{\text{д}} = 0,0998 \cdot 2000 = 199,6 \text{ В}.$$

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, розраховані значення I_d і U_d значно перевищують наведені вище нормативні значення. Це свідчить про те, що при порушенні вимог правил будови електрообладнання у приміщенні лабораторії можливі електротравми з тяжкими наслідками.

З метою дотримання правил електробезпеки у проекті передбачено наступні технічні засоби колективного та індивідуального захисту:

- занулення;
- ізоляція електропроводки;
- електрозахисні засоби (взуття персоналу на гумовій підшві, діелектричні рукавички, інструмент з ізолюючими ручками);
- блокування;
- попереджувальна сигналізація;
- знаки безпеки;
- попереджувальні плакати.

Електробезпека забезпечується недосяжністю електричних ланцюгів, застосуванням механічних загороджень та подвійної ізоляції.

Схема автоматизації передбачає блокування і можливість автоматичного, аварійного відключення устаткування, а також звукову та світлову сигналізацію.

9.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання

Безпека експлуатації обладнання технологічної досягається системою організаційних і технічних засобів, які забезпечують безпеку в нормальному режимі роботи устаткування та в аварійному їх стані.

Тиск в технологічних трубопроводах та апаратах складає 0,6 МПа. Тиск в мембранному блоці зворотноосмотичної установки складає 6 МПа. При порушеннях нормальних режимів роботи технологічної лінії можуть виникнути негативні наслідки, такі як прорив трубопроводів, розгерметизація апаратів, які не розраховані на великий тиск.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продуктивність технологічної схеми по воді становить 100 м³/год. Це свідчить про те, що при прориві трубопроводів можливе затоплення відділу, що може призвести до короткого замикання та пожежі. Для уникнення цієї небезпеки в підлозі передбачено встановлення решітки з відводом води до каналізації.

Також небезпечним фактором є перелив рідини з баків, що містять розчини для хімічної очистки мембранних модулів. Розчини мають агресивне середовище, що може призвести до хімічних опіків працівників відділу. Для уникнення цього фактору на баках встановлюють автоматичне контролювання рівня рідини та сигналізацію в разі підйому рівня вище допустимого.

9.2 Пожежна безпека

Можливими причинами пожежі в цеху можуть бути [11]:

- механічне пошкодження електромережі та в результаті хімічної дії реагентів на електрообладнання;
- теплова дія;
- перенавантаження електрообладнання та його нагрівання;
- прямий удар блискавки в будівлю.

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;
- установлення адміністративної відповідальності керівників усіх структур за неадекватне виконання необхідних протипожежних заходів;

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- інструктаж працюючих на підприємстві;
- забезпечення споруд (відділень) засобами пожежоохоронної сигналізації та засобами пожежогасіння;
- створення відповідних структур пожежогасіння, добровільних дружин та ланок пожежогасіння;
- затвердження заходів протипожежної профілактики.

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.

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

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

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9.4 – Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів [11]

Для гасіння пожежі на робочих місцях прийняті протипожежні щити з набором засобів пожежогасіння, вогнегасники ВВ-2, ВВ-5, ВВ-8, порошкові вогнегасники, ящики з піском.

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

У даному розділі розроблені заходи щодо створення здорових та безпечних умов праці і пожежної безпеки виробництва. Розглянута коротка санітарна характеристика відділення, що проектується, наведено показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА

Технологічний процес очищення води на ТЕЦ, як і будь-який виробничий процес, супроводжується утворенням відходів. Основну масу відходів, що утворюються в процесі глибокого знесолення води на установці зворотнього осмосу, становлять рідкі відходи, які виникають після промивки установки, а також частина концентрату, яка після двоступеневого знесолення не повертається в цикл.

Метою даного розділу є визначення і розрахунок кількості відходів, а також знайдення рішень щодо їх утилізації або доведення недопустимих значень до рівня ГДК.

10.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються

Технологічна схема знесолення на установці зворотного осмосу починається з підкислення вихідної води та її змішування з антискалантом після проходження Na-катионітових фільтрів. Після цього вода поступає на картриджні фільтри, які призначені для захисту зворотноосмотичних мембранних елементів в аварійних ситуаціях від проскоку механічних часточок, а також для забезпечення необхідного перемішування дозованих реагентів. Потім вода подається безпосередньо на модулі зворотного осмосу, які представлені двома ступенями концентрування. Після цього пермеат надходить до баку частково-знесоленої води, а концентрат відводиться на вузол підкислення для подальшого очищення.

Екологічними проблемами даного виробництва є:

- великий обсяг регенераційних вод після Na-катионування;
- промивні води після очищення установки зворотного осмосу.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10.2 Можливі варіанти екологізації виробництва

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, яка необхідна для зменшення навантаження по солям твердості на мембрани. Замість його 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 негативно зарядженою поверхнею. RPI-3000A - синергетична, повністю сумісна суміш органічних фосфатів і низько-молекулярних полімерів з високим диспергуючим ефектом. Антискаланти ROPUR RPI розроблені для полегшення експлуатації зворотноосмотичних установок для всіх категорій користувачів шляхом: економії енергії, скорочення споживання води; зниження частоти промивок мінімізації часу простою установок. При дозуванні антискаланту вимоги до води, яка подається на стадію зворотного осмосу значно знижуються (таблиця 10.1).

Таблиця 10.1 – Вимоги до води, що обробляється

Параметр	Розмірність	Значення параметру
Температура води	°C	4-30
Залишковий хлор, не більше	мг/дм ³	0,1
Твердість, до	мг-екв/дм ³	30,0
Залізо, до	мг/дм ³	3,0
Манган, до	мг/дм ³	0,1
Силікати, до	мг/дм ³	250,0
Окиснюваність, до	мг O ₂ /дм ³	4,0

Для виробництва води очищеної не припустиме дозування антискаланту з концентрацією більше 2 мг/дм^3 , оскільки він може діяти як повторний забрудник води фосфатами. При концентраціях менших за вказану, ефективність дії антискаланту низька, тому прийом дозування антискаланту не може повністю замінити катіонування води.

Для обраного методу екологізації необхідно додаткове технологічне обладнання, таке як бак для зберігання та дозатор антискаланту.

10.3 Розрахунок екологічних платежів

Якщо на підприємстві не проводяться заходи щодо екологізації, не знешкоджуються стоки, то підприємство зобов'язане сплачувати державі екологічний податок. Оскільки відділення скидає лише рідкі відходи, то необхідно розрахувати відповідний податок [17].

Сума податку, який накладається за скиди забруднюючих речовин у водні об'єкти (Пс), обчислюються платниками самостійно щокварталу виходячи з фактичних обсягів скидів, ставок податку та коригуючих коефіцієнтів за формулою:

де M_{li} – обсяг скиду i -тої забруднюючої речовини в тоннах;

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

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

На 1 м^3 води очищеної витрачається 0,25 кг хлориду натрію на регенерацію катіоніту. Отже, за рік витрачається 41,37 т хлориду натрію. Річний обсяг скиду хлоридів становить 25,1 т. Згідно статі 245 Податкового кодексу України податок на скид хлоридів становить 29,27 грн./т.

					ХНЗ103 1440 000 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На 1 м³ води очищеної витрачається 0,0002 м³ 10 %-вої сульфатної кислоти на нейтралізацію стоків. Отже, за рік витрачається 32,44 т цього розчину. Річний обсяг скиду сульфатів становить 31,78 т. Згідно статі 245 Податкового кодексу України податок на скид сульфатів становить 29,27 грн./т. Розрахуємо суму податку за формулою (10.1):

Витрати на розведення стоків водою складають [17]:

Було визначено і охарактеризовано основні види відходів та розроблено систему їх знешкодження. Також було запропоновано метод екологізації відділу. Описано основні методи аналізу стоків в межах екологічного моніторингу діяльності відділу. Розраховано суму екологічного податку, він складає 1 665 грн/рік. Якщо проводити заходи щодо екологізації роботи відділення, тобто розведення стоків водою, сума затрат складатиме 476 600 грн/рік.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті було розроблено технологію знесолення води на ТЕЦ з продуктивністю 100 м³/год та обґрунтовано вибір методу зворотного осмосу.

За вимогами, які ставляться до води, яка подається на виготовлення пари та підживлення тепломереж, залишковий вміст солей не повинен перевищувати 0,005 мг-екв/дм³. Запропонована схема дозволяє отримувати воду такої якості.

Наведено технологічну схему та її опис. Розраховано основний технологічний апарат – установка зворотного осмосу Ecosoft MO-28 S-MAXI. Робоча площа мембран після першого ступеню зворотного осмосу становить 2296 м², кількість мембран – 56+2 резервних. Робоча площа мембран після другого ступеню зворотного осмосу становить 1041,6 м², кількість мембран – 28+3 резервних. Також розраховане допоміжне технологічне обладнання у відповідності із заданою продуктивністю.

На підставі аналізу технологічної схеми, норм технологічного режиму та апаратурного оформлення технологічного процесу визначено необхідний рівень автоматизації виробництва та представлено схему автоматичного контролю та регулювання наступних параметрів: витрата води, рівень рідини в баках, продуктивність за пермеатом, тиск та перепад тисків у картриджних фільтрах та мембранах модуля, кислотність води та електропровідність.

В економічній частині дипломного проекту наведено техніко-економічні показники даного виробництва, показано доцільність використання даного способу водопідготовки. Про це свідчать такі показники як рентабельність (50,7 %), коефіцієнт економічної ефективності (0,32), термін повернення капіталовкладень (3,1 років). Цех є прибутковим (2 539 824 грн./рік).

В дипломному проекті усі рішення прийняті з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки. На основі аналізу шкідливих та небезпечних

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

факторів розроблено заходи щодо створення здорових та безпечних умов праці та пожежної безпеки на об'єкті.

У розділі екологічної безпеки виробництва наведено аналіз та джерела виникнення відходів, надано можливі варіанти очищення і використання стічних вод. Організація процесу з частковим рециклом концентрату сприяє підвищенню рівня екологізації виробництва. Також розраховано суму щорічних екологічних платежів та величина екологічного податку, що складає 1665 грн./рік. При проведенні заходів щодо розведення стоків водою, сума затрат складатиме 476 600 грн/рік.

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. І. Астрелін, Є. Герасимов, А. Гіроль. Фізико-хімічні методи очищення води. Керування водними ресурсами / За ред. І.М. Астреліна та Х. Ратнавіри. – Water Harmony Project, 2015. – 578 с.
2. Кульский, Л.А. Технология очистки природных вод: изд. 2-е, перераб. и доп. / Л.А. Кульский, П.П. Строкач; – К.: Вища шк. Головное узд-во, 1986. – 352 с.
3. Пантелеев, А. А. Технологии мембранного разделения в промышленной водоподготовке / А. А. Пантелеев, Б. Е. Рябчиков, О. В. Хоружий, С. Л. Громов. – М.: ДеЛи плюс, 2012. – 429 с.
4. Рябчиков, Е. Б. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования / Е. Б. Рябчиков – М.: Де Ли Принт, 2004. – 301 с.
5. Інтернет ресурс Каталог продукції НПО «Екософт» [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://ecosoft.ua/>
6. Інтернет ресурс Продукти та послуги «DowChemical» [Електронний ресурс]. - Режим доступу: www.filmtec.membrane.com.
7. Лукінюк, М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації : 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.
8. Лукінюк, М. В. Технологічні вимірювання та прилади : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 436 с.
9. Підлісна, О. А. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів для студ. хіміко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання / Уклад.: О.А. Під-

					<i>ХНЗ103 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- лісна, В.В. Янковий, М.П. Дорошенко. – К.: ІВЦ „Видавництво „Політехніка”, 2002 – 28 с.
10. Круш, П.В. Економіка підприємства : навч. посіб. / за ред. П.В. Круша, В.І. Подвігіної, Б.М. Сердюка. – К.: Ельга-Н, КНТ, 2007. – 780 с.
 11. 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.
 12. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
 13. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
 14. Жидецький В. Ц. Практикум з охорони праці – Л.: Афіша, 2000. – 392 с.
 15. ГОСТ 6825-74. Лампы люминесцентные ртутные низкого давления. Технические условия – Чинний від 01.01.77. – М., 1977. – 49 с.
 16. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
 17. Платежі за забруднення, їх види та критерії нарахування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://buklib.net/books/25530/>, вільний. – Загол. з екрана. – Мова укр.