

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	11
Вступ.....	12
1 Обґрунтування та вибір способу виробництва	14
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ	21
2.1 Характеристика продукції	21
2.2 Характеристика сировини.....	22
2.3 Характеристика реагентів та напівпродуктів	23
3 Характеристика прийнятого методу виробництва. Хімізм та теоретичні основи і обґрунтування норм технологічних режимів	25
4 Описання технологічної схеми деіонізації води на установці електродеіонізації.....	33
5 Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання	35
6 Розрахунок та вибір допоміжного технологічного обладнання.....	39
6.1 Розрахунок баку для накопичення води.....	39
6.2 Розрахунок баку для знесолення води.....	39
6.3 Розрахунок баку для надощтової кислоти	40
6.4 Розрахунок насосу	40
7 Автоматичний контрол та керування виробництвом.....	44
7.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації.....	44
7.2 Опис розробленої схеми автоматизації відділу виробництва води глибоко знесоленої	45
8 Економіко-організаційні розрахунки.....	48
8.1 Організаційна структура цеху	48
8.2 Технологічна підготовка цеху	49
8.2.1 Класифікація виробничих процесів.....	49
8.2.2 Види руху предметів праці.....	50
8.2.3 Середньорічні показники роботи цеху.....	54
8.3 Кількість працюючих та обладнання.....	55

					ХН 3114 1440 000 ПЗ			
Изм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-	Відділення глибокої деіонізації води для парогенераторних котлів	Літ..	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Панкратенко К.С.						
Перевірів		Нижник Т.Ю.					9	89
Реценз						КПІ ім.І.Сікорського, ХТФ, гр. ХН-31		
Н. Контр.		Супрунчук В.І.						
Утверд.		Толстопадова Н.М.						

8.4	Порядок технічного контролю виробничого контролю: об'єкти, суб'єкти, види і методи контролю, виконавці	58
8.5	Матеріальна, документальна та організаційна підготовка виробництва	60
8.5.1	Баланс споживання оборотних фондів підприємства	60
8.5.2	Паспорт якості.....	62
8.5.3	Основні фонди	63
8.5.4	Калькуляція на продукцію	65
8.5.5	Розрахунок техніко-економічних показників.....	65
8.6	Порівняння установок знесолення.....	67
9	Охорона праці	72
9.1	Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектному об'єкті. Заходи з охорони праці	72
9.1.1	Повітря робочої зони	72
9.1.2	Виробниче освітлення	74
9.1.3	Захист від виробничого шуму та вібрацій	76
9.1.4	Електробезпека	77
9.1.5	Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання	79
9.2	Пожежна безпека	80
10	Екологічна безпека виробництва.....	81
10.1	Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються.....	81
10.2	Можливі варіанти екологізації виробництва	82
10.3	Розрахунок екологічних платежів.....	83
	Висновки	86
	Перелік посилань.....	81

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
І ТЕРМІНІВ

УЕДІ – установка електродеіонізації;

УЗО – установка зворотнього осмосу;

БЧЗВ – бак частково знесоленої води;

НОК – надоцтова кислота;

БХП – бак хімічного промивання;

БЗК – бак збору конденсата;

ЗВ – знесолена вода;

ГДК – гранично-допустимі концентрації;

ГОСТ – державний стандарт;

ТУ – технічні умови;

СЕВ – хімічно посилена промивка.

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

ВСТУП

Перші експерименти по здійсненню процесу безперервної електродеіонізації (EDI) були втілені в життя наприкінці 1950 років. Проте до впровадження EDI-процесу в промислових масштабах знадобилось майже тридцять років (до кінця 1980 років), після того як відновився інтерес до пошуків методів отримання ультрачистої води, альтернативних технології змішаних шарів іонообмінних смол. Електродеіонізація – процес, що поєднує в собі переваги електродіалізу та йонного обміну. На відміну від іонообмінної технології, ЕДІ не потребує зупинки технологічного процесу для заміни шарів іонообмінних смол або регенерації іонообмінної смоли хімічними реагентами, що дозволяє мінімізувати експлуатаційні та капітальні затрати на виробництво води відповідної якості.

Процес безперервної електродеіонізації використовується головним чином для виробництва ультрачистої води, яка має електричний опір в діапазоні від 8 до 17 МОм безпосередньо з води із загальним солевмістом 1 - 20 мг/дм³. Тому найбільш поширеною сировиною для процесу електродеіонізації є вода, очищена за допомогою установок зворотнього осмосу, тобто зворотньоосмотичний пермеат [1].

Технологія електродеіонізації має ряд переваг:

1. Неенергоємний процес;
2. Відбувається безперервна регенерація;
3. Не потрібна заміна смоли, як наслідок не зупиняється виробництво через заміну;
4. Низькі затрати на обслуговування;
5. Не потрібні хімічні реагенти для регенерації.

Ця технологія має недоліки характерні іонному обміну. Необхідною умовою використання установки електродеіонізації є температура води, що має бути в межах 10-35 °С та рівень вільного хлору, що не перевищує 0,1 мг/дм³, вода повинна бути достатньо демінералізована (електропровідність

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

60-5 мкСм/см) та декарбонізована (вміст CO_2 не більше 1-5 мг/дм³). Для подальшого зниження мікробіологічного забруднення може бути використано УФ-випромінювання, використання субмікронної фільтрації.

Метою данного дипломного проекту є розробка відділення глибокої деіонізації води для парегенераторних котлів.

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

1 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА

Необхідність обробки води виникає тоді, коли якість води природних джерел не задовольняє необхідним вимогам. Така невідповідність може бути тимчасовою чи постійною. Характер і ступінь невідповідності якості води джерела вимогам користувача зумовлює вибір методів обробки. Якщо при цьому можуть бути використані різні методи очищення, то вибір їх проводиться на основі техніко-економічних розрахунків.

Очищення води від розчинених сполук проводиться шляхом знесолення, яке може бути повним або частковим. В результаті повного знесолення вода стає близька до дистильованої. При частковому знесолюванні прожарений розчинений залишок у воді не перевищує допустимого.

Методи знесолення води [3]:

- термічний;
- іонообмінний;
- мембранні методи;
- комбіновані.

Для опріснення засолених вод використовується термічний метод, зворотній осмос та електродіаліз. Використання при іонному обміні реагентів і обсяг відходів пропорційні солевмісту води, яка очищується і тому його застосування вважається економічно виправданим при вмісті солей до 2 г/дм^3 .

У всьому світі для опріснення річкової води найбільшого поширення набули установки зворотнього осмосу. Вони забезпечують отримання води заданої якості. Лідуюче положення цього методу зміцнюється в міру прогресу в техніці виготовлення мембран і додаткового обладнання.

Для отримання глибокознесоленої (деіонізованої) води використовується як чиста іонообмінна технологія, так і її комбінація з різними методами очищення, що включає зворотній осмос та електродеіонізацію. Термічний метод, який раніше був обов'язковий для отримання апірогенної води для ме-

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

дичних цілей поступився місцем зворотньому осмосу з ультрафіолетовим опроміненням.

Метод отримання знесоленої води шляхом випаровування і конденсації пари є найстарішим і до цього часу використовується для часткового або повного знесолення води з підвищеним солемістом.

Вода безперервно подається в дистилятор. Гаряча гостра пара з мережі подається в змішувач нагрівального елемента і конденсується, утворюючи практично знесолену воду. За рахунок теплоти, яке віддається конденсованою первинною парою, відбувається утворення вторинної пари із знесолюючої води. Ця вторинна пара, надходячи в конденсатор дистилятора, конденсується за рахунок охолодження не знесоленої води і зливається в збірник знесоленої води, звідки знесолена вода насосом подається за призначенням. В залежності від вимог, що пред'являються до знесоленої води (часткове або повне знесолення), отриманий дистилят може розбавлятися вихідною знесолюючою водою до досягнення заданого значення залишкового солемісту.

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

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

При глибокому знесоленні з розчину видаляються всі макро- і мікроеlementи, тобто солі і домішки. Ступінь очищення розчину за кожним макроелементом (катіонів та аніонів) залежить від їх спорідненості до даного іоніту, тобто від розташування в рядах селективності. Підбираючи іоніти, сту-

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

пінь їх регенерації і кількість ступенів очищення, можна домогтися необхідної глибини очищення води практично будь-якого початкового складу.

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

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

Сьогодні застосовують два типи схем: рівнобіжну – для однофункціональних іонітових фільтрів і блокову для різнофункціональних іонітових фільтрів. У першому випадку прояснену воду подають до кожного іонітового фільтра із загального колектора, а фільтрат збирають після цих фільтрів у самостійний колектор. В другому випадку до складу кожного блоку включають по одному фільтру відповідної ступені, з'єднаних послідовно.

До недоліків рівнобіжної системи відносяться збільшення кількості апаратів, збільшення кількості іонітів, менший коефіцієнт використання іонітів. Застосування блокової схеми дозволяє знизити капітальні витрати при спорудженні установки по очищенню додаткової води і поліпшити експлуатаційні показники. Відповідно до цього блокова схема очищення додаткової води включається в усі проекти сучасних потужних ТЕЦ.

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

Іонообмінне знесолення води здійснюють у апаратах періодичної чи безперервної дії. Розглянемо принцип дії іонітового фільтра періодичної дії. Апарат іонообмінної підготовки води – це закритий циліндричний резервуар з розміщеним біля днища щілинним дренажним пристроєм, який забезпечує рівномірний розподіл води по всьому перетину фільтра. Може працювати за прямотечійною схемою та за протитечійною схемою (коли вода, що очищується, подається знизу, а регенераційний розчин – зверху).

Згідно з необхідною глибиною знесолення води проектують одно-, дво- і триступеневі установки. В одноступеневих установках воду послідовно пропускають крізь блок фільтрів з Н-катіонітом, а потім крізь блок фільтрів зі слабоосновним ОН-аніонітом.

Електродіаліз – як спосіб опріснення води отримав широке розповсюдження завдяки використанню селективних іонообмінних мембран. Особливість таких мембран полягає в тому, що вони здатні пропускати під дією електричного струму тільки іони одного знака. Катіонообмінні мембрани пропускають тільки позитивно заряджені іони (катіони), а аніонообмінні мембрани – тільки негативно заряджені іони (аніони). Ця властивість називається селективністю іонообмінних мембран, на ній заснований спосіб опріснення води електродіалізом. Електродіалізатор являє собою ємність, розділену катіонообмінною і аніонообмінною мембранами на три ізольовані одна від одної частини камери. В крайні камери поміщені катод і анод.

Процеси розділення рідинних систем, до яких належить також очищення природних вод, відіграють важливу роль практично в усіх сферах людської діяльності. Для здійснення цих процесів давно використовують такі способи, як перегонку і ректифікацію, абсорбцію та адсорбцію, екстракцію та ряд інших фізико-хімічних, хімічних, фізичних і механічних методів. Водночас уже давно було відомо, що завдяки еволюції живих організмів виробився найбільш універсальний і досконалий метод розділення рідинних систем крізь напівпроникні біологічні мембрани, які забезпечують спрямоване перенесення речовин у клітини і з клітин живих організмів. Ця унікальна власти-

вість напівпроникних мембран пропускати одні речовини і затримувати інші (причому цей процес відбувається з низькими енергетичними затратами) давно приваблювала дослідників з метою її використання для вирішення технологічних проблем, у тім числі й для очищення води від різних видів розчинних і нерозчинних домішок. Однак ідея застосування мембран для технологічних потреб стала реальністю лише тоді, коли було досягнуто необхідного рівня знань про природу та структуру натуральних і синтетичних матеріалів, насамперед полімерів.

До основних мембранних процесів, що нині успішно використовуються для розділення рідинних систем, у тому числі й очищення вод, належать: зворотній осмос, нанофільтрування, ультрафільтрування, мікрофільтрування, діаліз, елетродеіонізація, первапорація, мембранна дистиляція, електродіаліз та ін.

У будь-якому з перелічених мембранних процесів розчин, що підлягає розділенню, обов'язково контактує з напівпроникною мембраною з одного її боку. Внаслідок напівпроникності мембрани розчин, що проходить крізь неї, збагачується на один із компонентів (як правило, розчинником — водою). Часом процес відбувається настільки ефективно, що отриманий фільтрат практично не містить домішок. Водночас, використовуючи той чи інший мембранний процес, можна отримати в розчині над мембраною концентрат без домішок речовин, здатних проникати крізь мембрану.

Рушійною силою мембранних процесів є різниця з обох боків мембрани: робочого тиску в так званих баромембранних процесах (зворотній осмос, ультрафільтрування, нанофільтрування, мікрофільтрування, елетродеіонізація); парціального тиску пари розчинника (води) в мембранній дистиляції і первапорації; концентрації розчиненої речовини в діалізі; електричного потенціалу в електродіалізі.

Ультрафільтрація – це процес розділення високомолекулярних і низькомолекулярних з'єднань у рідкій фазі з використанням селективних напівп-

роникних мембран, що пропускають переважно молекули низькомолекулярних з'єднань.

Рушійною силою є різниця тисків по обидва боки мембрани, яка при ультрафільтрації порівняно невелика і складає 0,3...1 МПа, тому для деяких водних розчинів високомолекулярних речовин при розрахунку рушійної сили процесу розділення можна не враховувати осмотичний тиск через його малість.

Ультрафільтрацію використовують для розділення рідких однофазних систем, у яких молекулярна маса розчинених компонентів у багато разів (більше 20) перевищує молекулярну масу розчинника.

Основними характеристиками ультрафільтраційного розділення розчинів є питома продуктивність і коефіцієнт затримання.

Електродеіонізація – процес, що поєднує в собі переваги електродіалізу та йонного обміну. На відміну від іонообмінної технології, ЕДІ не потребує зупинки технологічного процесу для заміни шарів іонообмінних смол або регенерації іонообмінної смоли хімічними реагентами, що дозволяє мінімізувати експлуатаційні та капітальні затрати на виробництво води відповідної якості.

Процес безперервної електродеіонізації використовується головним чином для виробництва ультрачистої води, яка має електричний опір в діапазоні від 8 до 17 МОм безпосередньо з води із загальним солевмістом 1 - 20 мг/дм³. Тому найбільш поширеною сировиною для процесу електродеіонізації є вода, очищена за допомогою установок зворотнього осмосу, тобто зворотньоосмотичний пермеат.

Технологія електродеіонізації має ряд переваг [1]:

1. Неенергоємний процес;
2. Відбувається безперервна регенерація;
3. Не потрібна заміна смоли, як наслідок не зупиняється виробництво через заміну;
4. Низькі затрати на обслуговування;

5. Не потрібні хімічні реагенти для регенерації.

Ця технологія має недоліки характерні іонному обміну. Необхідною умовою використання установки електродеіонізації є температура води, що має бути в межах 10-35 °С та рівень вільного хлору, що не перевищує 0,1 мг/дм³, вода повинна бути достатньо де мінералізована (електропровідність 60-5 мкСм/см) та декарбонізована (вміст СО₂ не більше 1-5 мг/дм³). Для подальшого зниження мікробіологічного забруднення може бути використано УФ-випромінювання, використання субмікронної фільтрації.

Санітарна обробка блоку електродеіонізації повинна проводитися з використанням надоцтової кислоти, гідроксиду натрію і т.д.

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ

Надійна і економічна робота котла і парової турбіни можлива при забезпеченні відсутності внутрішніх відкладень на поверхнях нагрівання, зниженні до можливого мінімуму корозії конструкційних матеріалів і отриманні в котлі пари високої чистоти. Ці завдання вирішуються організацією раціонального водного режиму, що включає в себе належну обробку живильної води в поєднанні з певними конструктивними заходами і відповідне очищення живильної і додаткової води від наявних в них газоподібних і твердих домішок. Останні, можуть перебувати як в розчиненому, так і зваженому стані.

2.1 Характеристика продукції

Результатом виробництва методом електродеіонізації, на виході з відділення водопідготовки, є ультрачиста вода, яка має електричний опір в діапазоні від 8 до 17 МОм безпосередньо з води із загальним солевмістом 1 - 20 мг/дм³. Така вода без подальшої обробки подається на парові котли. Концентрат, що скидається має провідність 300-400 мкСм/см при нейтральному рН та не потребує додаткової обробки.

Показники якості знесоленої (пермеат) води для підживлення парових котлів ТГМ 96А та ТГМП-314А відповідно до ГКД 34.20.507-2003 «Техническая эксплуатация электрических станций и сетей. Правила» представлені у таблиці 2.1 [2].

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

Таблиця 2.1 - Показники якості знесоленої (пермеат) води

Показник якості	Одиниця вимірювання	Вимоги до знесоленої води
1	2	3
рН		>7,5
Питома електропровідність	мкСм/см	<0,2
Кремнекислота	мкг/дм ³	<15
Жорсткість	мкг-екв/ дм ³	<0,2
Залізо	мкг/ дм ³	<10
Натрій	мкг/ дм ³	<5

2.2 Характеристика сировини

Вода, що надходить на установку електродеіонізації, поступає зі зворотно-осмотичної установки. Вихідна вода має наступні показники якості, наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристика вихідної води

Показник якості	Одиниця вимірювання	Вимоги до вхідної води
1	2	3
рН		4...10
Температура вхідної води в УЕДІ	°С	15...35
Питома електропровідність	мкСм/см	<20
Загальна жорсткість у вхідній воді (по CaCO ₃)	мг/дм ³	<1

Продовження таблиці 2.2

1	2	3
Кремнекислота	мг/дм ³	<1
Допустимий вміст хлоридів	мкг/дм ³	≤5
Загальна лужність	мг/дм ³	≤1

2.3 Характеристика реагентів та напівпродуктів

Навіть відносно невелика жорсткість вхідної води може привести до утворення достатньої кількості відкладень в концентраційній та катодній камерах установки ЕДІ. Для видалення подібних осадів в концентраційній та катодній камерах застосовується періодична циркуляція миючого розчину з низьким показником рН (кислотним).

Так як, в якості вхідної води використовується пермеат з установки зворотнього осмосу, то хімічні промивки блоку електродеіонізації проводяться з профілактичною метою. Такі промивки проводяться приблизно раз на місяць. Для проведення періодичної промивки використовується станція СІР («мийка на місці»). Головними факторами для проведення промивки є: падіння потоку по лінії концентрату, погіршення якості пермеату, ріст перепаду тисків.

Для хімічної промивки зазвичай використовують їдкий натр (очищений) або надоцтову кислоту (пероцтова кислота, НОК).

Їдкий натр у вигляді 0,2 % водного розчину використовується для видалення з поверхні мембранних елементів значної кількості біологічних відкладень (рН -12,5). Після проведення циклу промивки, необхідно відмити мембранні елементи чистою водою.

Основні характеристики їдкого натру наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Основні характеристики їдкого натру

Показник, %	Значення
Масова частка NaOH, не менше	46
Масова частка Na ₂ CO ₃ , не більше	0,15
Масова частка NaCl, не більше	0,007
Масова частка SO ₄ , не більше	0,002
Масова частка SiO ₂ , не більше	0,002
Масова частка Fe ₂ O ₃ , не більше	0,0007
Масова частка Hg, не більше	0,00007
Масова частка Al ₂ O ₃ , не більше	0,002
Масова частка Ca, не більше	0,0014
Масова частка Ba, не більше	0,0001
Масова частка Mg, не більше	0,0001
Масова частка Mn, не більше	0,00001
Масова частка Cu, не більше	0,00001
Масова частка Ni, не більше	0,00001
Масова частка Pb, не більше	0,00002
Масова частка NaClO ₃ , не більше	0,0001
Коефіцієнт світлопроникання, не менше	93

Надоцтова кислота (CH₃CO₃H) застосовується у вигляді 0,2 % розчину для видалення біологічних відкладень з поверхні мембранних елементів. Являється сильним дезінфікуючим засобом, так як має високий окиснювальний потенціал. В результаті відновлення, утворює безпечні продукти (оцтову кислоту та кисень). Є ефективним засобом для боротьби з контамінаціями мікроорганізмами робочого шару мембрани, ефективно діє на віруси.

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

Електродеіонізація (ЕДІ) – електромембранний процес очищення води і містить в собі властивості іонообмінних смол та іоноселективних (іонообмінних) мембран. ЕДІ дозволяє отримувати великі об'єми води високого ступеня чистоти без значної витрати реагентів, що потребуються для регенерації іонообмінного матеріалу [4].

Як і електродіаліз (ЕД) електродеіонізація для опріснення води в якості енергетичного джерела використовує енергію постійного струму. Для того щоб зрозуміти, як працює EDI-установка, звернемося до основ хімії електролітів, і зокрема до звичайної електролітичної комірки (рисунок 3.1) і комірки процесу електродіалізу (рисунок 3.2).

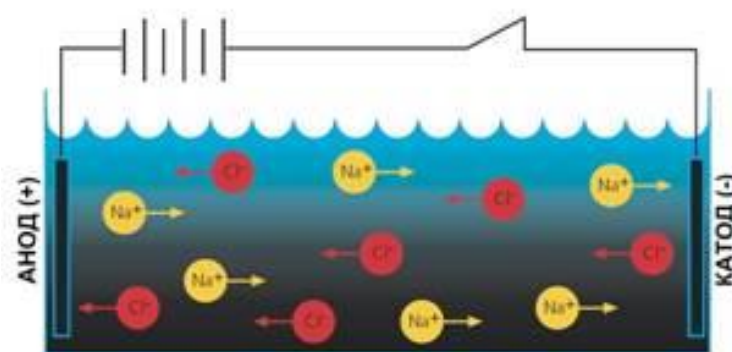


Рисунок 3.1 – Принципова схема електролітичної комірки

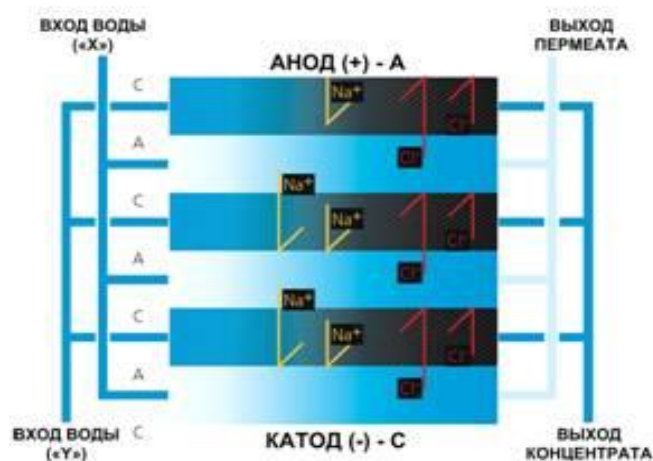


Рисунок 3.2 – Принципова схема ЕД-комірки

При накладенні електричного поля іони в розчині рухаються до електродів з протилежним електричним зарядом як це показано на рисунку 3.1. Але якщо простір між електродами розділити катіоно- та аніонообмінними мембранами на своєрідні камери, то солі можуть бути видалені з однієї половини камер і сконцентровані в інших половинах камер, як це показано на рисунку 3.2. При безперервній подачі вихідної води в камери і відведення очищеної води і може бути реалізований безперервний процес знесолення води, відомий як процес електродіалізу.

Основним обмеженням продуктивності електродіалізних апаратів є концентраційна поляризація біля поверхонь іонообмінних мембран. Концентраційна поляризація виникає внаслідок відмінності чисел переносу іонів в розчинах і в іонообмінних мембранах. При розгляді причин виникнення концентраційної поляризації біля аніонообмінної мембрани слід взяти до уваги, що число переносу аніонів в розчині менше числа переносу в аніонообмінній мембрані. Внаслідок більш низького значення числа переносу в розчині кількість негативних іонів, які переносяться електричним струмом через розчин до поверхні аніонообмінної мембрани, недостатньо для заповнення числа негативних іонів, віддалених від цієї поверхні і перенесених через мембрану. Ця нестача іонів призводить до зниження їх концентрації в розчині біля поверхні мембрани. Зрештою, в розчині встановлюється такий градієнт концен-

трації, при якому баланс іонів, необхідний для підтримки стаціонарних умов, забезпечується дифузійним перенесенням, обумовленим градієнтом концентрації.

Біля іншої поверхні аніонообмінної мембрани відбувається накопичення іонів, так як через мембрану проходить більша кількість іонів, ніж може бути перенесено електричним струмом (число переносу іонів в розчині нижче, ніж в мембрані). Таким чином, концентрація іонів біля поверхні мембрани підвищується і в розчині встановлюється градієнт концентрації, який призводить до видалення надлишку іонів шляхом дифузії. На рисунку 3.3 зображені градієнти концентрації цього типу.



Рисунок 3.3 – Причини виникнення концентраційної поляризації

У камері електродіалізатору розчини течуть уздовж мембран, і тому в напрямку від поверхні мембран до центру русла потоку простягається безперервний градієнт швидкості. Для забезпечення механічних вимог внутрішні проміжки ED-камер, які є руслами потоків, забезпечені розпірками, які ускладнюють лінії обтікання та турбулізують потік. Швидка течія розчинів уздовж мембран і через розпірки забезпечує відносно хороше перемішування розчину тільки в центральній частині русла потоку, перемішування біля поверхонь мембран слабкіше. Поблизу поверхонь існують граничні шари май-

же нерухомого розчину. На рисунку 3.3 зображена ідеалізована модель граничних шарів.

Градiєнти концентрації встановлюються в нерухомих граничних шарах таким чином, що концентрація іонів біля поверхні розділу розчин - мембрана з боку мембрани, в яку входять іони, нижче, ніж в зоні повного перемішування розчину. Концентрація іонів біля поверхні розділу з іншого боку мембрани вище, ніж в зоні повного перемішування. При збільшенні густини струму, концентрації, що знаходяться між двома границями, стають ще нижче з боку входу іонів і ще вище з іншого боку.

Як відомо, вода дисоціює на іони водню і іони гідроксиду в результаті хімічної реакції:



Якщо іони водню і гідроксиду розділити до того, як вони зможуть провзаємодіяти між собою і повторно об'єднатися в воду (зрушити рівновагу реакції вправо), то теоретично можливо зробити кислоту і луг, тобто розкласти воду на H^+ - і OH^- іони.

Тому при подальшому підвищенні густини струму в ED-комірці концентрація іонів біля поверхні розділу розчин - мембрана з боку мембрани, в яку входять іони, наближається до нуля. При цій густині струму, що називається граничною густиною струму, H^+ і OH^- іони, що утворюються під час іонної дисоціації води, починають переноситися через розчин і мембрану. OH^- іони, що переносяться через мембрану, викликають зміну величини рН в мембрані і в прилеглих до неї шарах розчину. Крім того, поява шару майже деіонізованої води в граничному шарі з боку входу іонів призводить до збільшення опору. Далі, при густині струму, що перевищує граничну густину струму, відбувається лише невеликий додатковий перенос іонів, які необхідно видалити, так як з боку входу, у поверхні поділу їх немає.

Збільшення струму вище граничного значення призводить, загалом, до перенесення H^+ та OH^- іонів, що утворюються в результаті дисоціації води, і лише до незначного, додаткового переносу іонів, що підлягають видаленню.

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, концентраційна поляризація обмежує продуктивність (тобто перенос іонів, що підлягають видаленню) електродіалізного апарату.

Як було вище зазначено, в процесі електродіалізу розклад води відбувається на поверхні аніоно- та катіонообмінних мембран. На рисунку 3.4 показано наслідки розкладу води в процесі електродіалізу.

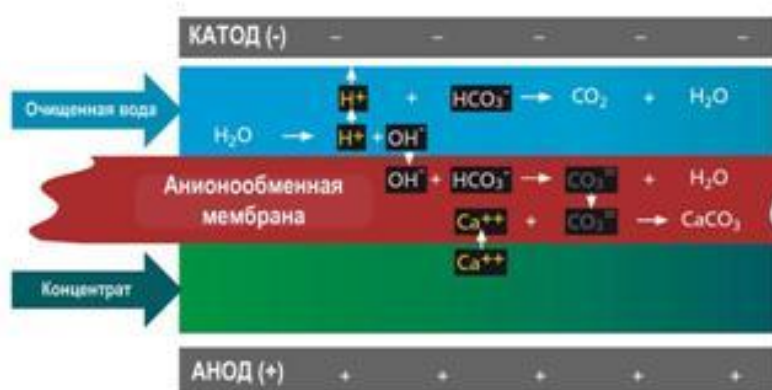


Рисунок 3.4 – Механізм процесу утворення осаду на поверхні мембран

Під дією електричного струму іони водню переміщуються в ту частину потоку, де вони вступають в реакцію з аніонами гідрокарбонатів, в результаті чого утворюється двоокис вуглецю. Це знижує рН пермеата. Іони гідроксиду за рахунок дифузії проникають в аніонообмінну мембрану, і також вступають в реакцію з аніонами гідрокарбонатів, в результаті чого утворюються карбонат-іони. Оскільки селективність аніонообмінних мембран за непроникаючою здатністю катіонів ніколи не досягає 100%, то при наявності у вихідній воді катіонів кальцію, певна їх частина проникне в мембрану. Результатом є осад вуглекислого кальцію, які часто спостерігаються на внутрішній поверхні аніонообмінних мембран. При відсутності у вихідній воді катіонів кальцію і аніонів гідрокарбонату іони водню пройдуть через потік і катіонообмінну мембрану в камеру концентрату. Так само іони гідроксиду потраплять в концентрат через аніонообмінні мембрани. У потоці концентрату відбудеться їх рекомбінація в воду.

Отже, щоб уникнути процесів утворення карбонатних відкладень на поверхні мембран і мінімізувати споживану потужність, тобто ED-апарати слід експлуатувати, уникаючи накладання на ED-комірку надлишкового електричного струму, не допускаючи виникнення процесу розкладу води.

Основною відмінністю в конструкції комірок для ED і EDI є те, що камери, в яких відбувається процес знесолення води, заповнені монодисперсною іонообмінною смолою змішаної дії (суміш катіоніту і аніоніту) як це показано на рисунку 3.5.

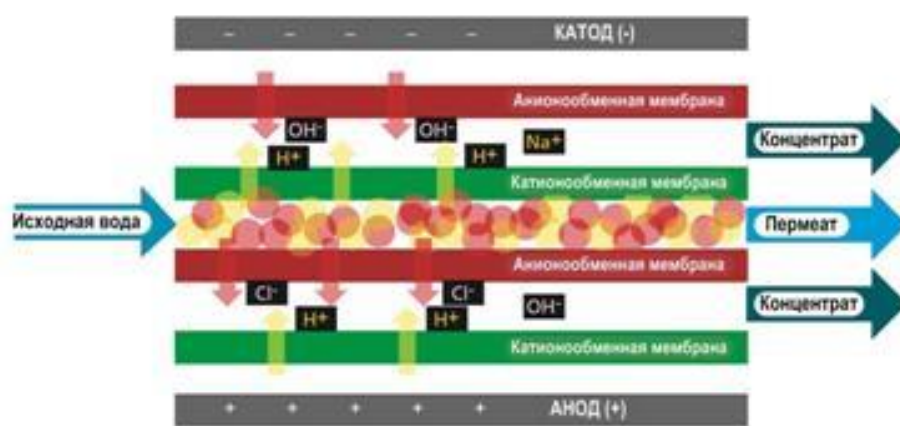


Рисунок 3.5 – Принципова схема EDI-комірки

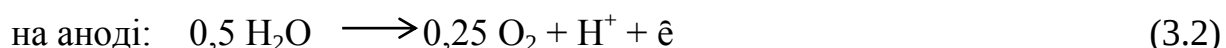
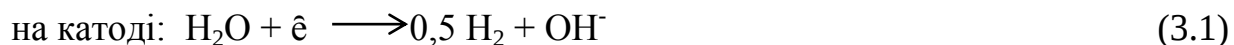
При цьому механізм переносу іонів стає двоступінчастим процесом. Спочатку іони транспортуються до іонообмінної смоли за рахунок дифузії, а потім через шар іонообмінної смоли до мембрани під дією електричного струму, за рахунок найбільш низького електричного опору цієї частини. Камери, в яких накопичується концентрат, іонообмінною смолою не заповнюються.

В EDI-комірках, прикладений електричний струм проходить через всю комірку, в тому числі і через шар іонообмінної смоли змішаної дії. І при накладенні на комірку надлишкового електричного струму, процес розкладу води протікає в місцях, де гранули іонообмінної смоли стикаються як одна з одною, так і з мембранами, тобто в місцях з найбільш високим концентра-

ційним перенапруженням. Таким чином, в результаті розкладу води і утворення H^+ і OH^- іонів іонообмінні смоли безперервно відновлюються в OH -форму (аніоніт) і H -форму (катионіт). Іони водню і гідроксилу, що не вступили в реакцію обміну зі смолою, транспортуються до потоку концентрату поряд з розчиненими солями, де відбувається їх рекомбінація в воду.

В пристрої ЕДІ електричний струм безперервно викликає видалення іонів, при цьому регенерується частина іонообмінної смоли. Оптимальна конструкція іонообмінних смол і мембран сприяє швидкому переміщенню іонів по каналу в камеру концентрату. Для цього не потребується висока селективність мембрани.

У електродів ЕДІ утворюються гази у відповідності до рівнянь (3.1-3.3).



Дисоціація води відбувається при нестачі іонів в розчині (при низькій концентрації іонів солей в дилуаті). Через нестачу іонів солей, що переносять заряд, струм переноситься іонами H^+ і OH^- , що викликає додаткову дисоціацію молекул води.

EDI-комірки можуть експлуатуватися і без накладення надлишкового електричного струму, тобто без виникнення процесу розкладу води, і як наслідку виключення можливості регенерації іонообмінних смол. Цей режим роботи не має будь-яких переваг і будь-яких недоліків в порівнянні з ED.

Оскільки шар іонообмінних смол в EDI-комірках є своєрідною фільтруючою перегородкою (з досить високим рейтингом фільтрації) і на даний час не придумано ніякого методу її промивання, вихідна вода, що подається на EDI-комірки повинна мати дуже низький рівень вмісту завислих часток.

Ремонт EDI-комірок дуже складний, тому що комірки заповнюються смолою в процесі складання. На сьогоднішній день не знайдено жодного ефективного способу для вивантаження і завантаження смоли навіть після її

демонтажу. EDI-комірка повинна бути спочатку розібрана, потім видалений шар смоли, а потім повторно зібрана. Цей процес неминуче призводить до пошкодження мембран.

Все вище зазначене означає тільки одне: для гарантованої ефективної і тривалої роботи EDI-комірок слід використовувати попередню мембранну очистку вихідної води (ультрафільтрацію, нанофільтрацію або зворотній осмос). Склад обладнання попереднього очищення перед мембранними системами визначається виходячи зі складу вихідної води.

Електродеіонізація являє собою екологічно чистим процесом, оскільки кількість утворених стоків є мінімальним, а концентрат по загальному солевмісту чистіший за вихідну воду і також може бути використаний.

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		32

4 ОПИСАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ДЕІОНІЗАЦІЇ ВОДИ НА УСТАНОВЦІ ЕЛЕКТРОДЕІОНІЗАЦІЇ

Пермеат системи зворотного осмосу (УЗО) насосом 1 подається в резервуари частково знесоленої води (БЧЗВ) 2. Із резервуарів БЧЗВ із витратою 150-167 м³/год при тиску не більше 6.5 бар, проходячи картриджний фільтр 3, насосним обладнанням 4, пермеат подається на установку електродеіонізації 6.

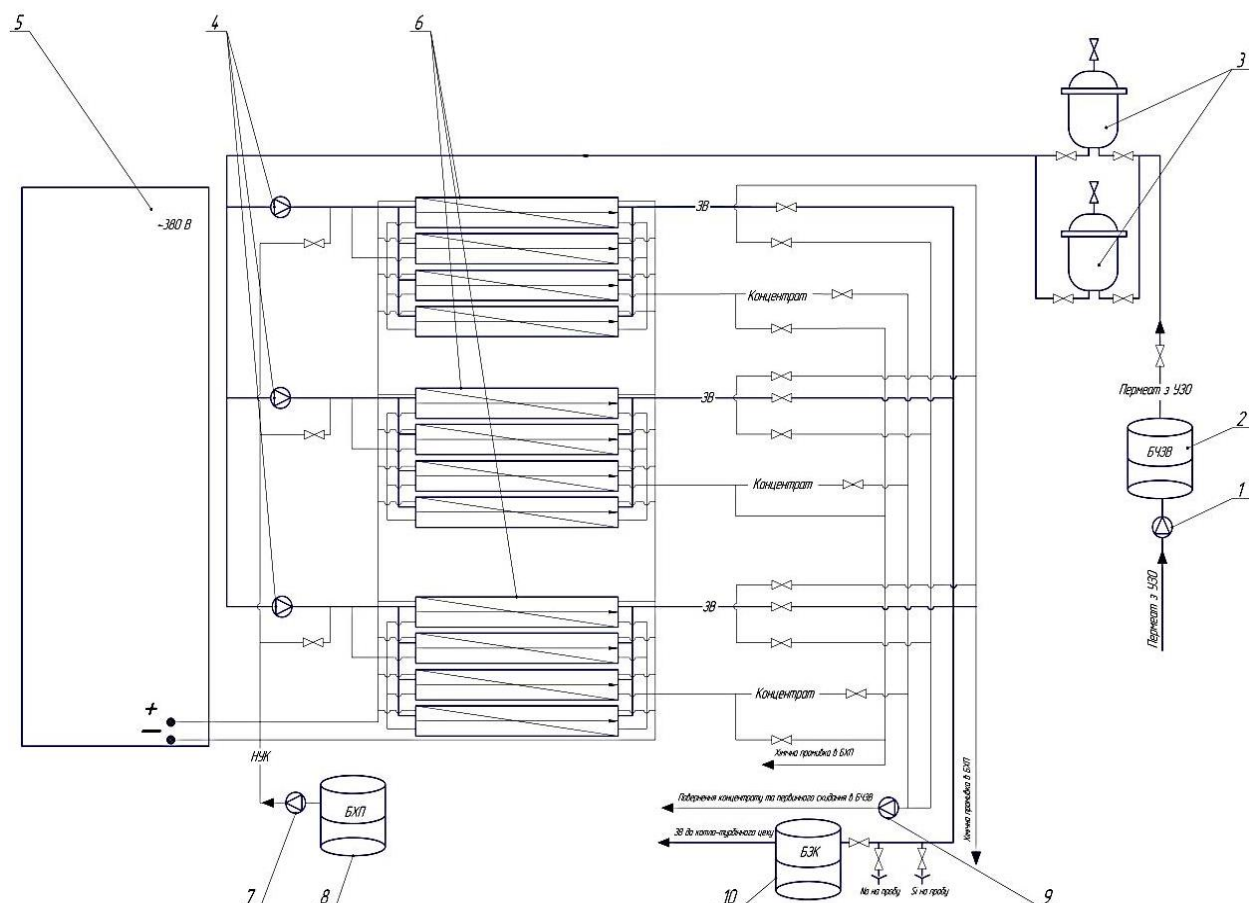
Установка електродеіонізації представлена 3-мя паралельними підблоками. Кожний підблок складається з 4-х комірок і оснащений ротаметрами для контролю потоків знесоленої води і концентрату; датчиками тиску для контролю перепаду тиску на підблоці; кондуктометром для контролю якості (електропровідності) знесоленої води. Знесолення відбувається за рахунок подачі на одну комірку постійного електричного струму потужністю до 4 кВт з силової шафи 5. Концентрат з витратою 7-17 м³/год насосом 9 відводиться в ємності фільтрату, звідки частина направляється на установку зворотнього осмосу. Знесолена вода з витратою 140-150 м³/год при тиску 2-5 бар відводиться в БЗК. В залежності від необхідності в знесоленій воді, продуктивність установки можна регулювати від 35 м³/год до 150 м³/год.

З потоку пермеату беруть воду на аналіз Na та Si.

Періодично проводять хімічну електродеіонізаційних під блоків, для чого насосом для хімічної промивки 7 подають надоцтову кислоту з резервуару 8.

Технологічна схема установки електродеіонізації показана на рисунку 4.1 [6].

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33



1 – насос подачі пермеату з УЗО; 2 – бак частково знесоленої води; 3 – фільтр картриджний; 4 – насос ЧЗВ; 5 – силова шафа; 6 – електродеіонізаційний під-блок; 7 – насос хімічної промивки; 8 – бак хімічної промивки; 9 – насос кон-центрату; 10 – бак збору концентрату

Рисунок 4.1 – Технологічна схема глибокої деіонізації води для парогенера-торних котлів

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ХН 3114 1440 000 ПЗ

Ар-

34

5 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Основним апаратом відділу очищення є установка електродеіонізації.

Розрахунок установки проводиться, коли обрані, встановлені або прийняті наступні вихідні дані:

- тип мембран;
- потужність виробництва;
- вплив зовнішніх чинників на технологічні параметри мембран, насамперед – тиску, температури, концентрації і швидкості розчину на питому продуктивність за цільовим компонентом;
- тип мембранного апарату;
- технологічна схема установки.

Мета розрахунку:

- визначити потрібну площу мембран і необхідну 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.

Вихідні дані:

Продуктивність по очищеній воді: $LK = 150 \text{ м}^3/\text{год}$.

Загальний солевміст вхідної води $x_0 = 10 \text{ мг/дм}^3$.

Вихід пермеату: $\alpha = 90 \%$.

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

Вимоги до якості вихідної води після знесолення:

електропровідність $0,2 \text{ мкСм} \cdot \text{см}^{-1}$.

Схематичне зображення схеми електродеіонізації наведено на рисунку 5.1.

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

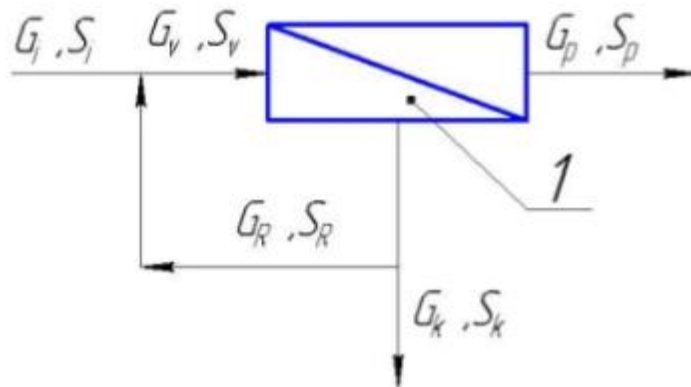


Рисунок 5.1 – Схематичне зображення схеми електродеіонізації

Продуктивність за пермеатом після електродеіонізації:

$$G_p = G_v - G_k, \quad (5.1)$$

$$G_p = 167 - 17 = 150 \text{ м}^3/\text{год},$$

де G_v – витрата живильної води, $\text{м}^3/\text{год}$;

G_k – витрата концентрату, $\text{м}^3/\text{год}$.

Знайшовши питому продуктивність мембрани, знаходимо необхідну робочу площу мембран:

$$F_p = \frac{G_p}{G}, \quad (5.2)$$

де G – питома продуктивність мембрани:

$$G = \frac{G_p}{S}, \quad (5.3)$$

де G_p – продуктивність мембрани, $G_p = 12,5 \text{ м}^3/\text{год}$;

S – площа однієї мембрани, м^2 :

$$G = \frac{12,5}{2,977} = 4,2073 \frac{\text{м}^3}{(\text{м}^2 \cdot \text{год})},$$

$$F_p = \frac{150}{4,2073} = 35,65 \text{ м}^2.$$

Кількість мембран:

$$n_{\text{мод}} = \frac{F_p}{S}, \quad (5.4)$$

$$n_{\text{мод}} = \frac{35,65}{4,2073} = 9 + 3 \text{ резервних.}$$

За заданою продуктивністю обираємо систему електродеіонізації компанії ООО «ГидроТех Инжиниринг». Ця система використовується на фармацевтичних, харчових, електронних виробництвах, а також в енергетиці.

Тип мембранного елементу – IONPURE® VNX55-EP.

Базова комплектація установки електродеіонізації наведена в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Базова комплектація установки електродеіонізації

№ з/п	Найменування	Тип і характеристика	Кількість, шт.
1	2	3	4
I	Установка електродеіонізації	Продуктивність 150 м ³ /год	
1.	Електродеіонізаційний підблок	Електродеіонізаційна комірка Q = 5.7–17 м ³ /год, 13.2 А, 600 В DC, 4 шт.	3
2.	КВП	Манометри, датчики тиску, витратоміри, рН-метр, кондуктометри	комплект
3.	Трубопровідна обв'язка, арматура	PN-10, ПВХ	комплект
4.	Кріпінні рами	Конструкційна сталь з антикорозійним покриттям	1

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4
II.	Обладнання АСУ		
1.	Робоча станція	ПК, принтер, ліцензійне програмне ПЗ	комплект
2.	Шафа управління	Включає контролер	комплект
3.	Силова шафа	Включає приводну техніку	комплект
4.	Кабелі, лотки		комплект

Критерії і межі безпечного стану і режимів роботи установки
таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Критерії і межі безпечного стану і режимів роботи
установки

№ з/п	КРИТЕРІЇ	Межі нормальних параметрів
1	Загальна витрата вхідної води, м ³ /год	150÷167
2	Загальна витрата знесоленої води, м ³ /год	140÷150
3	Витрата концентрата, м ³ /год	7÷17
4	pH вхідної води	4,0÷10,0
5	Тиск на вході в УЕДІ, кгс/см ²	<6,5
6	Тиск на виході з УЕДІ, кгс/см ²	2÷5
7	Температура вхідної води на вході в УЕДІ, °C	+15÷35
8	Питома електропровідність вхідної води	<20 мкСм/см
9	Загальна жорсткість у вхідній воді (по CaCO ₃)	<1 мг/дм ³
10	Кремнекислота у вхідній воді	<1 мг/ дм ³

6 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ДОПОМІЖНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

6.1 Розрахунок баку для накопичення води

У відділенні підготовки води очищеної після установки зворотнього осмосу є бак для акумулювання частково знесоленої води.

Розрахунок цієї ємності проводиться згідно рівняння:

$$V_p = W \cdot \tau, \quad (6.1)$$

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

τ – час перебування рідини в ємності, год.

Обрано час перебування рідини в ємності 10 хвилин.

Розраховано об'єм баку для акумулювання частково знесоленої води:

$$V_p = 167 \cdot 0,17 = 28,39 \text{ м}^3.$$

Геометричний об'єм ємності повинен бути більше робочого на 10-15 %:
 $28,39 \cdot 1,15 = 32,65 \text{ м}^3$.

Обрано ємність, прямокутну в плані з параметрами: висота 3 м, ширина 3 м, довжина 3,6 м.

6.2 Розрахунок баку для знесолення води

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

$$V_{\text{знес}} = 1,3 \cdot 2 \cdot Q, \quad (6.2)$$

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		39

тоді об'єм становить:

$$V_{\text{знес}} = 1,3 \cdot 2 \cdot 150 = 390 \text{ м}^3.$$

Приймають до установки три баки знесоленої води об'ємом по 130 м³.

6.3 Розрахунок баку для надоцтової кислоти

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

$$V_{\text{НОК}} = 1,3 \cdot 30 \cdot Q, \quad (6.3)$$

тоді об'єм становить:

$$V_{\text{знес}} = 1,3 \cdot 30 \cdot 10 = 390 \text{ м}^3.$$

Приймають до установки бак надоцтової кислоти об'ємом 400 м³.

6.4 Розрахунок насосу

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

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

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d = \sqrt{4Q/(\pi w)} = \sqrt{4 \cdot 0,009/(3,14 \cdot 2)} = 0,076 \text{ м.}$$

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

$$w = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,009}{3,14 \cdot 0,076^2} = 1,98 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Визначення втрат на тертя і місцеві опори.

Знаходимо значення критерію Рейнольдса:

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}, \quad (6.4)$$

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

$$Re = \frac{1,98 \cdot 0,076 \cdot 998}{1,005 \cdot 10^{-3}} = 149\,432.$$

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

$$e = \Delta/d = 2 \cdot 10^{-4}/0,076 = 0,0026.$$

Розрахунок λ слід проводити по формулі:

$$\lambda = 0,11 \cdot (e + 68/Re)^{0,25} = 0,11 \cdot (0,0026 + 68/149\,432)^{0,25} = 0,026.$$

Визначено 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 вентиля: 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:

$$\Sigma \xi = \xi_1 + \xi_2 = 0,5 + 0,55 = 1,05.$$

Втрачений напір у всмоктувальній лінії знаходимо по формулі:

$$h_{\pi} = \left(\lambda \frac{l}{d_e} + \Sigma \xi_{m.c} \right) \frac{w^2}{2g}, \quad (6.5)$$

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

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$h_{п.вс} = \left(0,026 \frac{2}{0,076} + 1,05 \right) \frac{1,98^2}{2 \cdot 9,81} = 0,35 \text{ м.}$$

Для нагнітальної лінії:

- 1) Відведення під кутом 90 °: коефіцієнт А = 1, коефіцієнт В = 0,09; $\xi_1 = 0,09$.
- 2) Вентилі: для d = 0,06 м $\xi = 3,9$, для d = 0,08 м $\xi = 4$. Приймаємо для d = 0,076 м $\xi_2 = 3,93$.
- 3) Вихід з труби: $\xi_3 = 1$.

Сума коефіцієнтів місцевих опорів в нагнітальній лінії:

$$\Sigma \xi = 3 \cdot \xi_1 + 2 \cdot \xi_2 + \xi_3 = 3 \cdot 0,09 + 2 \cdot 3,93 + 1 = 9,13.$$

Втрачений напір в нагнітальній лінії:

$$h_{п.наг} = \left(0,026 \frac{3}{0,076} + 9,13 \right) \frac{1,98^2}{2 \cdot 9,81} = 2,03 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору:

$$h_{втр} = h_{п.вс} + h_{п.наг} = 0,35 + 2,03 = 2,38 \text{ м.}$$

Вибір насоса.

Знаходимо напір насоса за формулою:

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + H_{\Gamma} + h_{втр},$$

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.

$$H = \frac{0,1 \cdot 10^6}{998 \cdot 9,81} + 2,5 + 2,38 = 15,1 \text{ мм. вод. ст.}$$

Напір при заданій продуктивності забезпечується відцентровими насосами.

Визначимо корисну потужність насоса:

$$N_{II} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = 998 \cdot 9,81 \cdot 0,009 \cdot 15,1 = 1330,5 \text{ Вт} = 1,33 \text{ кВт.}$$

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:

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$N = N_{\Pi}/(\eta_H \cdot \eta_{\text{ПЕР}}) = 1,33/(0,6 \cdot 1) = 2,2 \text{ кВт.}$$

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

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

7 АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ

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

У природній воді присутня достатня кількість механічних домішок, солей, газів. Тверді та розчинені речовини, потрапляючи в тепломережу, сприяють утворенню накипу і шламу, а розчинені корозійно-активні гази (кисень і вуглекислий газ) викликають корозію стінок обладнання.

До води, що подається в тепломережу, висуваються певні вимоги.

А уникнути утворенню накипу можна, видаливши розчинені солі. Адже відкладення на трубопроводах призводять до нещільності арматури, зниження економічності і потужності всієї підживлювальної мережі.

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

7.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації

Автоматизація виробництва – один із найважливіших напрямків науково-технічного прогресу, розвиток якого має об'єктивний характер. Це пов'язано насамперед з тим, що завдяки автоматизації вирішуються задачі підвищення продуктивності виробництва і покращення умов праці.

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		44

На підставі аналізу технологічного процесу підготовки знесоленої (опис наведено у розділі 4) води постають наступні задачі автоматизації:

- контроль і регулювання рівня води (5м) в баці частково знесоленої води;
- контроль і сигналізація температури (15...35 °С) в баці частково знесоленої води;
- контроль витрати води (150...167 м³/год), що виходить з БЧЗВ;
- контроль витрати біоциду на основі НУК (20...30 м³/год), що подається на промивання модуля;
- контроль витрати концентрату та пермеату;
- контроль електрорівності пермеату (0...20 мкСм/см);
- контроль і сигналізація перепаду тиску (не більше 6.5 бар) води у фільтрі;
- контроль і сигналізація перепаду тиску (2...5 бар) води, в електродеіонізаційному підблоці.

7.2 Опис розробленої схеми автоматизації відділу виробництва води глибоко знесоленої

Для забезпечення нормальної роботи усього технологічного устаткування, збільшення продуктивності виробництва, підвищення якості продукту, стабілізації, контролю та реєстрації технологічних параметрів, а також мінімізації можливих помилок технологічного персоналу розроблено схему автоматизації. Вона включає низку контурів автоматичного контролю та регулювання режимних параметрів технологічного процесу [8].

Контроль і сигналізацію рівня в баку частково знесоленої води здійснює контур 1, до складу якого входить первинний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра [9] (поз.1-1), проміжний вимірювальний перетворювач (поз. 1-2), вторинний показувальний і реєструвальний прилад

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	АД-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		45

з вбудованим сигналізуючим пристроєм (поз. 1-3), лампа жовта (технологічна сигналізація) (HL1).

Контроль і сигналізацію температури в БЧЗВ здійснює контур 2, до складу якого входить термоперетворювач опору платиновий ТСП-1287 (поз. 2-1), вторинний показувальний і реєструвальний прилад РМТ 49D/1 (поз. 2-2), лампа зелена з сигналом «ПУСК» (HL2), червона світодіодна з сигналом «СТОП» (HL3).

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

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

Для контролю показника електропровідності, створений контур 7, до якого входять первинний перетворювач кондуктометричного аналізатора рідини (поз. 7-1), перетворювач (поз. 7-2), електропневматичний перетворювач (поз. 7-3), вторинний показувальний і реєструвальний прилад (поз. 7-4).

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

Для контролю і регулювання витрати концентрату в трубопроводі 29, що виходить з підблоків розроблено контур 10, який складається з діафрагми (поз. 10-1), дифманометра (поз. 10-2), показувального і реєструвального вто-

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		46

ринного прилада зі станцією керування (поз. 10-3), регулятора пневматичного (поз. 10-4), виконавчого механізму (поз. 10-5).

Для контролю і сигналізації перепаду тиску у фільтрі розроблено контур 12, який складається з тензодатчика різниці тисків (поз. 12-1), вторинного показувального і сигналізувального прилада з вбудованим регулятором (поз. 12-2), лампи жовтої світлодіодної з технологічним сигналом (HL4).

Для контролю і сигналізації перепаду тиску на підблоці розроблено контур 13, який складається з тензодатчика різниці тисків (поз. 13-1), вторинного показувального і сигналізувального прилада з вбудованим регулятором (поз. 13-2), лампи жовтої світлодіодної з технологічним сигналом (HL5).

Контур 14 створений для дистанційного керування роботою електроприводу та включає: кнопки керування (SB1, SB2), лампа зелена світлодіодна з сигналом «ПУСК» (HL6), лампа червона світлодіодна з сигналом «СТОП» (HL7), пускачі магнітні нереверсивні з тепловим реле (МП1). Для насосів 4, 8, 10 аналогічно контуру 14.

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

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 [11].

8.1 Організаційна структура цеху

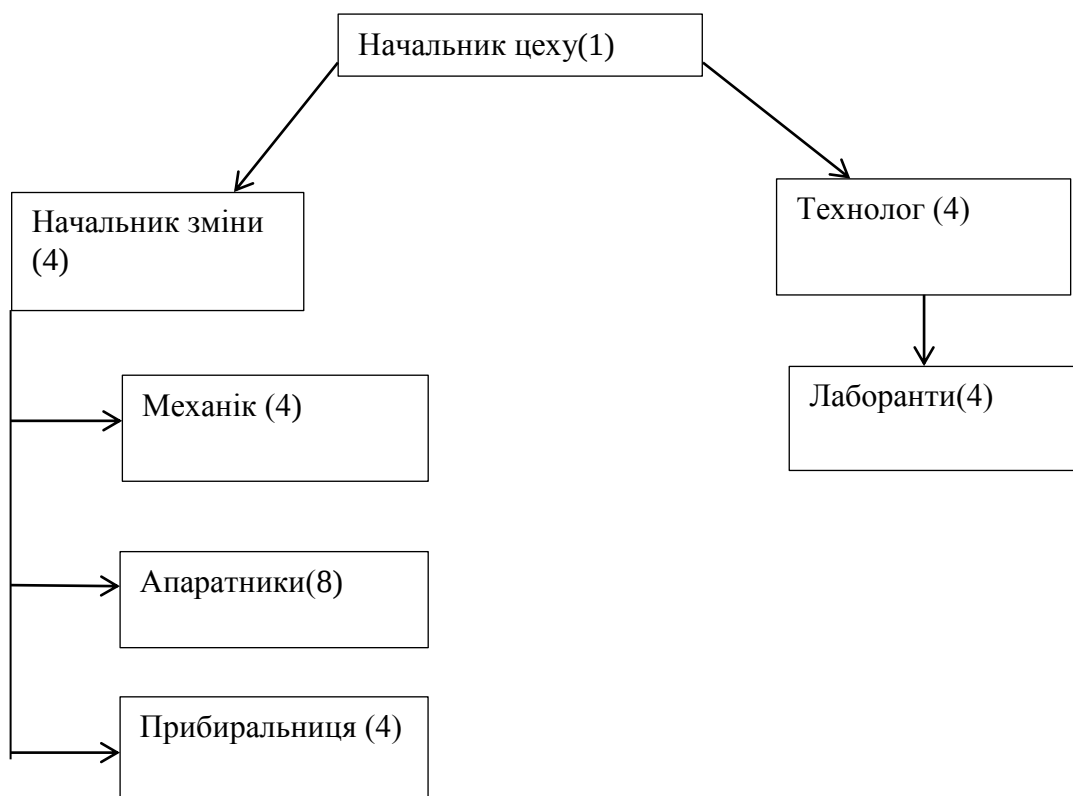


Рисунок 8.1 – Схема організаційної структури цеху

Система охорони – сигналізація , дозволяє зменшити штат працівників, відсутня посада сторожів (вартість сигналізації додана до ОФ підрозділу).

8.2 Технологічна підготовка цеху

8.2.1 Класифікація виробничих процесів

Класифікація виробничих процесів цеху:

1. Транспортування частково знесоленої води з установки зворотнього осмосу до баків зберігання води;
2. Перекачування відцентровими насосами води з БЧЗВ до очистки на картриджних фільтрах;
3. Очистка на картриджних фільтрах;
4. Перекачування відцентровими насосами води з картриджних фільтрів до комірок електродеіонізатора ;
5. Електродеіонізація;
6. Транспортування знесоленої води з електродеіонізатора до баків акумулювання води;
7. Підігрів води;
8. Відбір проб на присутність Na, Si ;
9. Транспортування знесоленої води на підживлення котлів;
10. Відведення концентрату;
11. Транспортування відходів;
12. Прибирання в цеху та приміщенні.

Основні процеси:

1. Транспортування частково знесоленої води з установки зворотнього осмосу до баків зберігання води;
2. Перекачування відцентровими насосами води з БЧЗВ до очистки на картриджних фільтрах;
3. Очистка на картриджних фільтрах;
4. Перекачування відцентровими насосами води з картриджних фільтрів до комірок електродеіонізатора ;
5. Електродеіонізація;

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		49

6. Транспортування знесоленої води з електродеіонізатора до баків акумулювання води;
7. Підігрів води;
8. Відбір проб на присутність Na, Si ;
9. Транспортування знесоленої води на підживлення котлів.

Допоміжні процеси: доставка сировини, складування продукції, огляд та ремонт обладнання.

Побічні процеси: транспортування відходів у відвал.

Підсобні процеси: прибирання в цеху та приміщенні.

8.2.2 Види руху предметів праці

Технологічний процес складається з дев'яти стадій. Тривалість операцій:

1. Транспортування частково знесоленої води з установки зворотнього осмосу до баків зберігання води – 30 хв;
2. Перекачування відцентровими насосами води з БЧЗВ до очистки на картриджних фільтрах – (30хв);
3. Очистка на картриджних фільтрах – (20хв);
4. Перекачування відцентровими насосами води з картриджних фільтрів до комірок електродеіонізатора – (20хв);
5. Електродеіонізація – (30 хв);
6. Транспортування знесоленої води з електродеіонізатора до баків акумулювання води – (10хв);
7. Підігрів води – (30хв);
8. Відбір проб на присутність Na, Si – (30хв);
9. Транспортування знесоленої води на підживлення котлів (40хв).

Щогодинна необхідна кількість очищеної води 150 м³/год. Отже, добове завдання – 3600 м³/добу. Умовно приймаємо, що за одне завантаження в схемі виробляється 1 партія, в якій 6 умовних одиниць, по 600 м³ кожна.

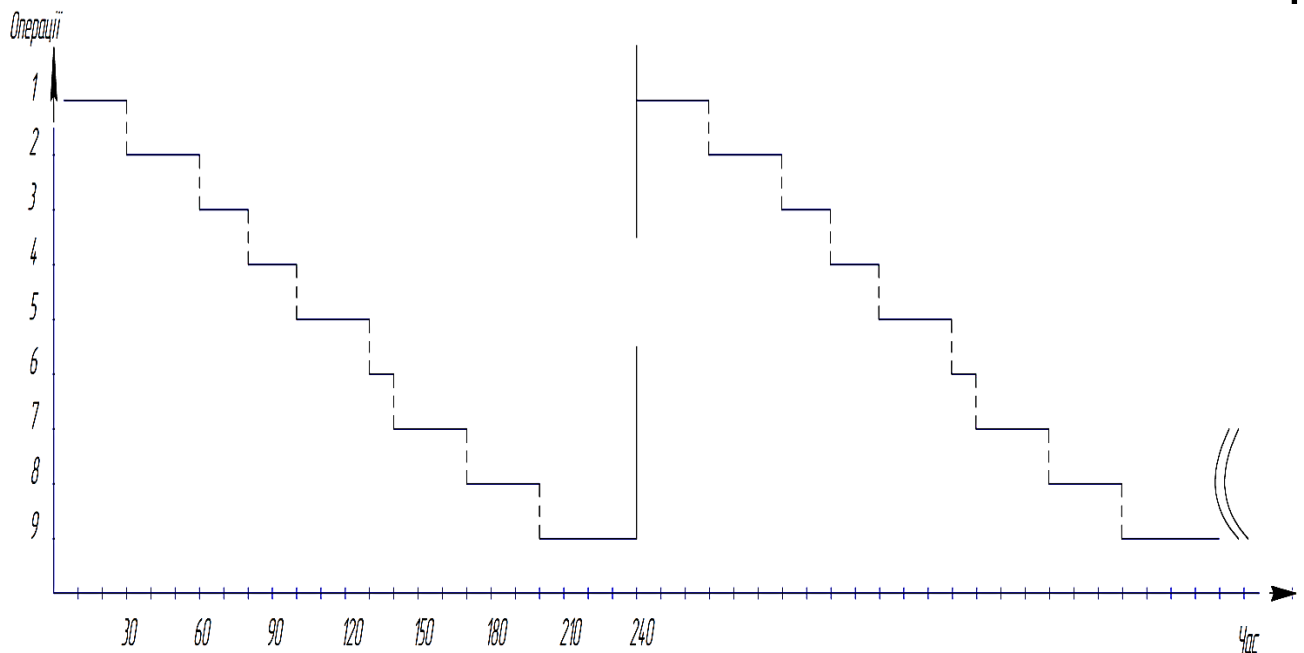
					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		50

Проведемо аналіз всіх можливих видів руху предметів праці.

1. Послідовний рух предметів праці - це такий рух, під час якого обробка продукції проводиться послідовно на кожній стадії з наступною передачею на чергову стадію цієї партії предметів, що обслуговується.

Тривалість виробничого циклу:

$$T_{ВЦ} = B \cdot \sum_{i=1}^n t_i = 6 \cdot (30 + 30 + 20 + 20 + 30 + 10 + 30 + 30 + 40) = 1440 \text{ хв} = 24 \text{ год}$$



При такому режимі роботи достатньо однієї людини обслуговуючого персоналу та 9 одиниць обладнання. Протягом доби при послідовному ВРПП підприємство може виготовити умовних одиниць води глибоко знесоленої:

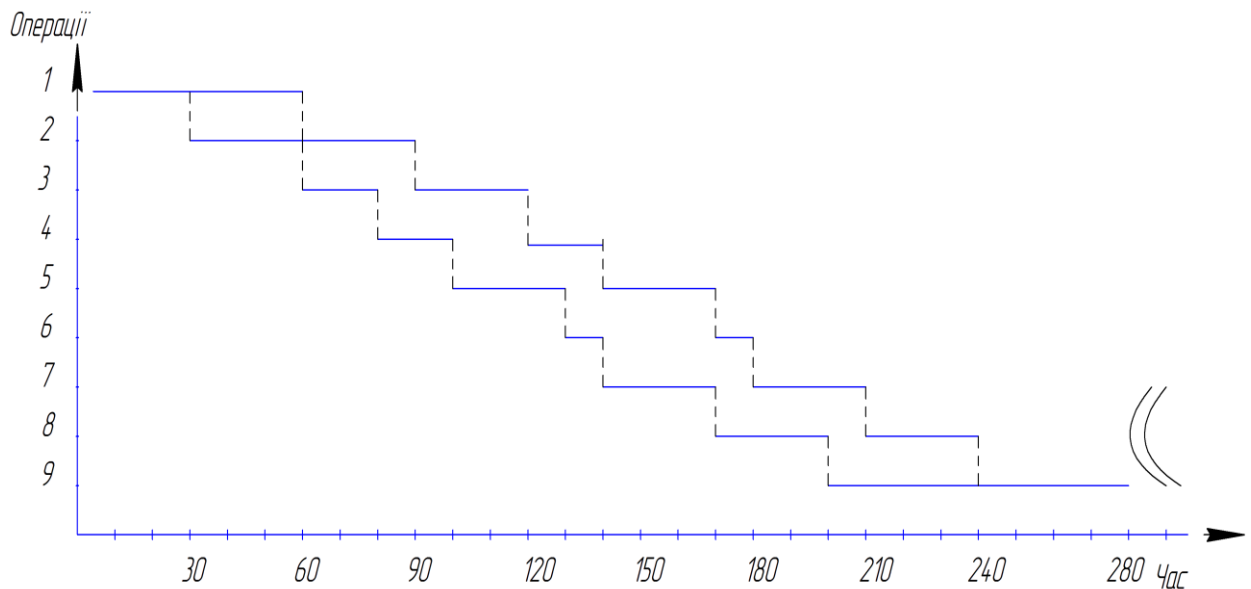
$$B = \frac{T_{ВЦ(доб)}^{посл.}}{\sum t_i} = \frac{24 \cdot 60}{240} = 6 \text{ ум. од./добу}$$

2. Паралельний рух предметів праці використовується безпосередньо в безперервних процесах при масовому виробництві продукції. Про-

дукція передається з попередньої на наступну операцію, не очікуючи закінчення обробки всієї партії.

Тривалість виробничого циклу:

$$T_{\text{вц}} = \sum_{i=1}^n t_i + (B-1) \cdot t_{\text{max}} = 240 + (6-1) \cdot 40 = 440 \text{ хв}$$



При такому режимі роботи достатньо 9 людей обслуговуючого персоналу та 9 одиниць обладнання. Протягом доби при паралельному ВРПП підприємство може виготовити умовних одиниць води очищеної:

$$B = \frac{t_{\text{доб}} - \sum t_i}{t_{\text{max}}} + 1 = \frac{24 \cdot 60 - 240}{40} + 1 = 31 \text{ ум. од./добу}$$

3. Синхронізований рух. В цьому випадку вироби передаються з однієї стадії на іншу за певним законом. Час найкоротшої операції дорівнює 10 хв., отже задаємося ритмом 10 хв.

Тривалість виробничого циклу:

$$T_{\text{вц}} = \sum_{i=1}^n t_i + (B-1) \cdot R = 240 + (6-1) \cdot 10 = 290 \text{ хв}$$

Кількість одиниць обладнання розраховуємо на кожен вид обладнання:

$$N_{\text{обл1}} = \frac{\sum t_i}{R} = \frac{30}{10} = 3$$

$$N_{\text{обл}2} = \frac{\sum t_i}{R} = \frac{30}{10} = 3$$

$$N_{\text{обл}3} = \frac{\sum t_i}{R} = \frac{20}{10} = 2$$

$$N_{\text{обл}4} = \frac{\sum t_i}{R} = \frac{20}{10} = 2$$

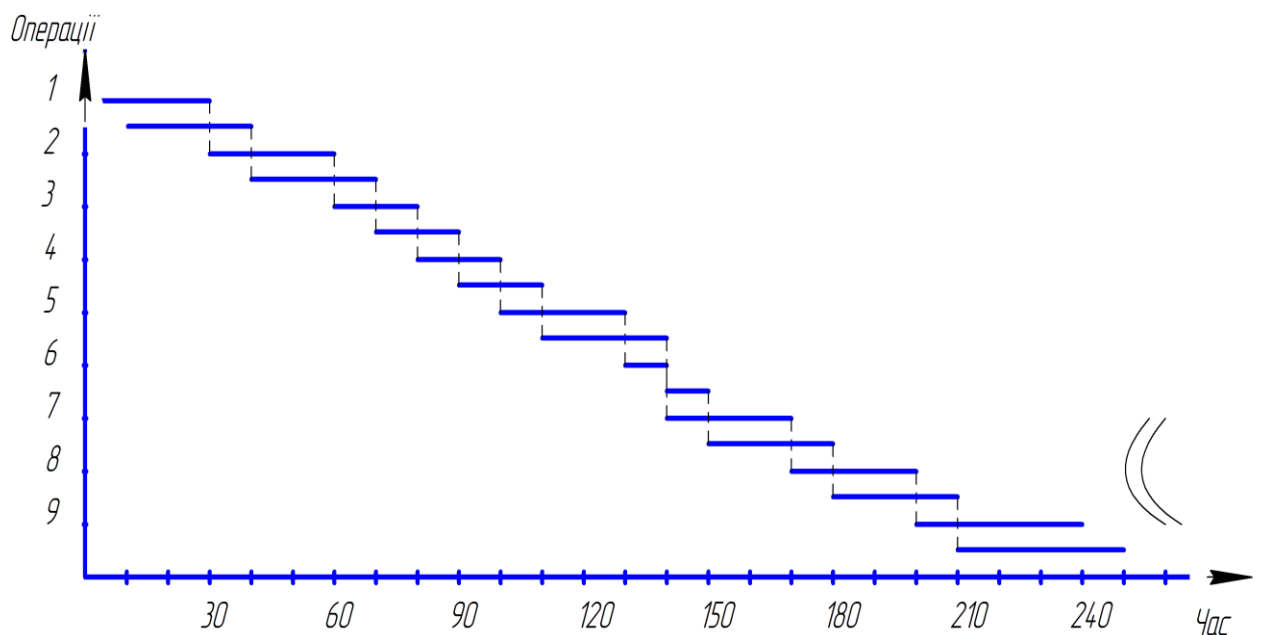
$$N_{\text{обл}5} = \frac{\sum t_i}{R} = \frac{30}{10} = 3$$

$$N_{\text{обл}6} = \frac{\sum t_i}{R} = \frac{10}{10} = 1$$

$$N_{\text{обл}7} = \frac{\sum t_i}{R} = \frac{30}{10} = 3$$

$$N_{\text{обл}8} = \frac{\sum t_i}{R} = \frac{30}{10} = 3$$

$$N_{\text{обл}9} = \frac{\sum t_i}{R} = \frac{40}{10} = 4$$



При такому режимі роботи достатньо 24 людини обслуговуючого персоналу та 24 одиниць обладнання. Протягом доби при синхронізованому ВРПП підприємство може виготовити умовних одиниць води очищеної:

$$B = \frac{t_{\text{доб}} - \sum t_i}{R} + 1 = \frac{24 \cdot 60 - 240}{10} + 1 = 121 \text{ ум. од./добу}$$

Послідовний ВРПП в даному виробництві є цілком доцільним, так як випуск продукції задовольняє попит на нього, при цьому у виробництво залучена доцільно необхідна кількість одиниць обладнання та основного персоналу. Враховуючи застосування АСУ (автоматичні системи керування) – скорочена чисельність робочого персоналу (вартість додана до ОФ підрозділу).

8.2.3 Середньорічні показники роботи цеху

Приймаємо, що тривалість одного виробничого циклу становить 24 години. За один виробничий цикл випускається 1 партія, тобто 6 умовних одиниць по 600 м³ кожна. Підприємство працює 7 днів на тиждень у три зміни, тривалість зміни 8 годин, без вихідних. У році 52 тижні. Кількість днів у році 365.

$$T_{ВЦ}^{ср} = \frac{24 \cdot D_k \cdot T_{ВЦ}^{факт}}{T_p \cdot D_p} = \frac{24 \cdot 365 \cdot 24}{24 \cdot 365} = 24 год$$

де, 24 – тривалість доби;

D_k – кількість діб у календарному році;

$T_{ВЦ}$ – тривалість виробничого циклу фактична;

T – тривалість роботи підприємства протягом доби;

D_p – кількість робочих днів у календарному році.

Одна умовна одиниця (600 м³) виготовляється за 4 години. За зміну випускають:

$$B_{зм} = T_{зм} / T_{в.ц.} = 8 / 4 = 2 \text{ ум.од. (по 600 м}^3\text{)}$$

Кількість виробничих циклів протягом року :

$$n_{ВЦ} = \frac{365 \cdot 24}{24} = 365 \text{ партій (по 3600 м}^3\text{)}$$

Річний випуск продукції для обраного ВРПП:

$$B_{річн} = B_{ВЦ} \cdot n_{ВЦ} = 3600 \cdot 365 = 1\,314\,000 \text{ м}^3.$$

8.3 Кількість працюючих та обладнання

Відповідно до обраного ВРПП буде по одиниці кожного обладнання.
Для виробництва передбачені такі апарати:

1. Бак ЧЗВ – 2;
2. Трубопровід – 1;
3. Картриджний фільтр – 2;
4. Трубопровід– 3;
5. Електродеіонізатор – 1;
6. Бак акумулювання води – 3;
7. Теплообмінник– 1;
8. Пробовідбірник– 1;
9. Трубопровід– 1.

Для забезпечення безперервного виробництва та в разі виникнення непередбачуваних ситуацій враховується по одиниці резерву на кожен вид обладнання (додано до вартості ОФ підрозділу).

Кількість працівників на виробництві визначимо за ВРПП та за організаційною структурою підприємства (таблиця 8.1).

Таблиця 8.1 – Кількість працюючих на виробництві

Відділ	Посада	Кількість
Керівництво	Начальник цеху	1
Відділення очищення води	Начальник зміни	4
	Технолог	4
	Апаратники	8
	Механіки	4
	Лаборанти	4
Відділ обслуговування	Прибиральниця	4

Визначимо чисельність персоналу явочну та за списком.

Явочна чисельність – максимально допустима чисельність працівників, необхідна для виконання відповідного об’єму робіт та для повної комплектації робочих місць у кожному структурному підрозділі підприємства, протягом робочої зміни. Режим роботи трьохзмінний, тривалість зміни 8 годин для робочого персоналу та спеціалістів. Для керуючого персоналу робочий тиждень має вигляд: 5 днів на тиждень, режим роботи однозмінний, тривалість робочої зміни 8 годин.

Отже, явочна чисельність робочого персоналу на добу складає $\text{Ч}_{\text{яв.роб}} = 21$ людини, явочна чисельність керуючого персоналу на добу - $\text{Ч}_{\text{яв.кер}} = 1$ людина.

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

Чисельність за списком:

$$\text{Ч}_{\text{сп}} = \text{Ч}_{\text{яв.роб}} \cdot \text{К}_{\text{пер}} + \text{Ч}_{\text{яв.кер}} \cdot \text{К}_{\text{пер}},$$

$$\text{К}_{\text{пер}} = \text{T}_{\text{рік}} / \text{T}_{\text{прац}},$$

де $\text{T}_{\text{рік}}$ – річний фонд часу роботи підприємства в годинах;

$\text{T}_{\text{прац}}$ – річний час роботи підприємства з урахуванням вихідних, святкових, відпусток, хвороб.

$$N_{\text{бриг}} = \frac{\text{T}_{\text{підпр}}^{\text{рік}}}{\text{T}_{\text{прац}}^{\text{рік}}} = \frac{8760}{2016} = 4,3 \approx 4$$

Цеху необхідно 4 бригади працівників для забезпечення заданої продуктивності.

Тривалість роботи робочих працівників, з розрахунком на 4,3 бригади:

$$T_{\text{прац}}^{\text{рік}} = \frac{365 - T_{\text{св}}}{7} \cdot 40 - (T_{\text{св}}^* - 1) \cdot 1 = \frac{365 - 11}{7} \cdot 40 - (8 - 1) \cdot 1$$

$$= 2016 \text{ год}$$

Тривалість роботи робочих працівників, з розрахунком на 4 бригади:

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

Тривалість перепрацювань:

$$T_{\text{переп}} = 2190 - 2016 = 173 \text{ год} = 22 \text{ дні («13-та ЗП» не виплачується)}$$

Отже чисельність за списком:

$$Ч_{\text{сп}} = 21 \cdot \frac{8760}{3 \cdot 2190} + 1 \cdot \frac{40 \cdot 52}{40 \cdot 52} = 29.$$

Виробництво працює 7 днів на тиждень в 3 зміни.

Кількість людей, які працюють в одній зміні: начальник цеху, начальник зміни, технолог, механік, апаратники – 2, лаборант – 1, прибиральниця – 1. Отже чисельність працівників за зміну - 8 людей в будні та 7 людей в вихідні дні.

Зміна 1 – (6:00 – 14:00)

Зміна 2 – (14:00 – 22:00)

Зміна 3 – (22:00 – 6:00).

Таблиця 8.2 - Графік змінності начальника цеху

Дні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Б-да														
I	1	1	1	1	1	В	В	1	1	1	1	1	В	В

Таблиця 8.3 – Графік змінності робочого та обслуговуючого персоналу

Дні Б-да	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В
II	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1
III	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2
IV	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3

8.4 Порядок технічного контролю виробничого контролю: 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 контролю якості є:

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

Об'єкти технологічного контролю підрозділу: вода з установки ЗО, вода глибоко знесолена , технологічний процес, працівники, ремонт обладнання.

Суб'єкти технологічного контролю підрозділу: механік, лаборант, технолог, начальник зміни, апаратник.

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.

Вхідний контроль включає в себе контроль проби води, що направляється з річки та перевірку обладнання. Контроль сировини здійснюється лаборантом за допомогою хімічних методів – кожний ВЦ, тобто кожні 4 години. Результати записуються до журналу вхідного контролю. Перевірка обладнання здійснюється механіком перед запуском виробництва. Результати записуються до журналу вхідного контролю.

На поточному контролі лаборант аналізує проби води, після кожного ступеню очищення. Результати записуються до журналу поточного контролю. Механік кожні дві години перевіряє обладнання. Апаратник здійснює поточний контроль технологічного процесу. Результати записують до журналу поточного контролю.

Вихідний контроль проводиться після кожної партії, тобто кожні 24 години. Лаборант аналізує пробу знесоленої води. Механік перевіряє обладнання. Результати записуються журналу заключного контролю.

Воду аналізують на рН, електропровідність.

При необхідності, (в результаті відхилення показників від меж допуску) технолог аналізує отримані дані. У разі виникнення неполадок з обладнанням або змін у технологічному процесі, начальник зміни приймає рішення щодо вирішення проблеми.

Всі дані по заключному контролю оформлюються у вигляді звіту, на підставі якого технолог заповнює паспорт якості на продукцію.

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		59

8.5 Матеріальна, документальна та організаційна підготовка виробництва

8.5.1 Баланс споживання оборотних фондів підприємства

До оборотних засобів даного виробництва належать:

1. Сировина:

- вода;
- над оцтова кислота.

2. Електроенергія.

3. Запасні частини та матеріали.

4. ФОП.

Розрахунок витрати електроенергії:

Середня витрата потужності підприємства за годину = 100 кВт/год.

Вартість 1кВт дорівнює 1,8874 грн. За двозонними коефіцієнтами в денний період (7:00 – 23:00) складає 3,39732 грн, в нічний період (23:00 – 7:00) – 0,66059 грн. Кількість годин роботи підприємства за денним часом:

$$\tau_{7-23} = 5840 \text{ год}$$

Кількість годин роботи підприємства за нічним часом:

$$\tau_{23-7} = 2920 \text{ год}$$

Сумарні витрати на електроенергію:

$$C_{\text{заг}} = (5840 \cdot 3,39732 + 2920 \cdot 0,66059) \cdot 100 = 2\,176\,927,16 \text{ грн/рік}$$

Витрати сировини на очищення однієї умовної одиниці води (600 м^3):

1. над оцтова кислота – 100 м^3 (10 грн/ м^3);

2. реагенти для проведення аналізу на якість отриманого продукту – 100 грн/од;

3. екологічний і природоохоронний збір за воду – 33,66грн за 100 м³. Так як на виготовлення однієї умовної одиниці (600 м³) підприємство витрачає 1000 м³ води з Дніпра, то сплачує за неї 336,6 грн, за партію (6 одиниць по 1000м³) – 2 019,6 грн.

Всього на річний випуск партій продукції затрачається сировини вартістю:

$$(365 \text{ партій/рік} \cdot 2\,019,6 \text{ грн}) + (365 \text{ ум.од./рік}) \cdot (1000 + 100) \text{ грн} = 1\,138\,654 \text{ грн/рік.}$$

Розрахунок заробітної плати здійснюється:

Оплата праці здійснюється на основі посадових окладів за ЄТС, станом на 1 грудня 2017 року. Якщо нарахована заробітна плата нижча 3200,00 грн за місяць, у цьому разі здійснюється доплата до мінімальної зарплати.

Таблиця 8.4 – Заробітна плата персоналу

Посада	Кількість	Розряд	ЗП, грн/міс
1	2	3	4
Начальник цеху	1	25	7216
Начальник зміни	4	18	5136·4=20544
Технолог	4	18	5136·4=20544
Механік	4	13	3632·4=14528
Апаратник	8	12	3392·8=27136
Лаборант	4	4	3298·4=13192
Продовження таблиці 8.4	4		
1	2	3	4

Прибиральниця	4	1	$3200 \cdot 4 = 12800$
Всього	29		115 568

Заробітна плата за рік:

$$ЗП_{\text{рік}} = 115\,568 \cdot 12 = 1\,386\,816 \text{ грн/рік};$$

Фонд оплати праці становить:

$$\text{ФОП} = 1\,386\,816 \cdot 1,22 = 1\,691\,915,52 \text{ грн/рік}.$$

Наведено баланс споживання оборотних фондів на підприємстві в таблиці 8.5.

Таблиця 8.5 – Баланс споживання оборотних фондів на підприємстві на одну умовну одиницю

Завантажено			Отримано		
Назва	К-сть	Ціна, грн	Назва	К-сть	Ціна, грн
Вода	1000 м ³	336,6	Вода	600 м ³	2430,65
Е/е	400 кВт	994,03			
Надоцтова кислота	100 м ³	1000			
Реагенти	5 м ³	100			
Всього		2430,65	Всього		2430,65

8.5.2 Паспорт якості

Розробимо паспорт на вид продукції, що випускається даним підприємством. Враховуючи вимоги щодо якості продукту, паспорт матиме вигляд:

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		62

Паспорт № _____

Найменування продукту: Вода глибокозсолена

Якість відповідає: ТУ 15234.2014

Партія № _____

Дата виготовлення: _____

Дата проведення аналізу: _____

Об'єм однієї партії води – 3600 м³.

Форма транспортування – відносно підприємства, внутрішнє, міжцехове.

Показники якості

№	Назва показника	ТУ 15234.2014	Дійсне
1	рН води	7	
2	Питома електропровідність	не більше 0,07 мкСм/м	
3	Загальний солеміст	не більше 0,015	

Термін зберігання: 48 годин.

Умови зберігання: в чистих контейнерах, при температурі не вище 40°C.

Лаборант _____.
(підпис)

Технолог _____.
(підпис)

8.5.3 Основні фонди

Вартість основних фондів:

- Вартість будівель 600 000 грн;
- Вартість обладнання 1 000 000 грн;
- Нематеріальні активи 10 000 грн.

4. Електронно-обчислювальні машини, інформаційні системи 100 000 грн

5. Інструменти, прилади, інвентар 100 000 грн.

Загальна вартість ОФ = 1 810 000 грн.

Розрахунок амортизації:

1. Амортизація будівель $600000/20=30000$ грн/рік;

2. Амортизація обладнання $1000000/5=20000$ грн/рік;

3. Амортизація нематеріальних активів $10000/12=833$ грн/рік;

4. Електронно-обчислювальні машини, інформаційні системи $100\,000/2=50000$ грн/рік;

5. Інструменти, прилади, інвентар $100\,000/4=25000$ грн/рік.

Загальна амортизація $A=125\,833$ грн/рік.

Підрахунок сукупних витрат по цеху за рік наведено в таблиці 8.6.

Таблиця 8.6 – Сукупні витрати по цеху за рік

Завантажено	
Елементи витрат	Затрати на річний випуск, грн/рік
Сировина	1 138 654
Електроенергія	2 176 927,16
ФОП	1 691 915,52
Амортизація ОФ	125 833
Всього	5 133 329,68

8.5.4 Калькуляція на продукцію

Калькуляція №
на глибокознесолену воду ТУ 15234.2014,
від _____ 2017 р.

Вага партії 3600 м³

№	Елемент	На партію		На одиницю	
		Нв, од. вим.	Грн.	Нв, од. вим.	Грн.
1	Сировина: Вода	6000 м ³	2019,6	1000 м ³	336,6
2	Матеріали: Надоцтова кислота Реагенти	600 кг 300 м ³	60 600	100 м ³ 50 м ³	10 100
3	Амортизаційні відрахування	344,75	344,75		57,46
4	Електроенергія	2400 кВт/год	5964,18	400 кВт/год	994,03
5	Заробітна плата основного персоналу.		3562,26		593,71
6	Нарахування на зарплату, 22%		783,69		130,61
	Всього		13334,48		2222,41
7	Витрати майбутніх періодів		6914,15		1152,39
	Разом		20248,63		3374,8

Гол. бухгалтер _____ / _____ /

Бухгалтер-економіст _____ / _____ /

8.5.5 Розрахунок техніко-економічних показників

Так як знесолена вода використовується в рамках потреб підприємства ТОВ «WaterEnergy» і слугує сировиною для подальшої обробки, то прибуток, рентабельність дорівнюють нулю.

Річна собівартість продукції:

$$C = O_{63} + A = 5\,007\,496,68 + 125\,833 = 5\,133\,329,68 \text{ грн/рік.}$$

Річний прибуток становить:

$$\Pi = \text{Ц} - \text{С} = 0 \text{ грн/рік.}$$

Капіталовкладення:

$$K = \text{ОФ} + \text{ОбЗ} = 1\,810\,000 + 5\,007\,496,68 = 6\,817\,496,68 \text{ грн.}$$

Рентабельність:

$$P = (\Pi / \text{С}) \cdot 100\% = 0\%$$

Решта показників не розраховуються, а саме:

Період повернення капіталовкладень:

$$T_{\text{пов.}} = K / \Pi$$

Фондовіддача:

$$\Phi B = B / \text{ОФ}$$

Фондоємність:

$$\Phi \text{Є} = 1 / \Phi B$$

Таблиця 8.7 – Техніко-економічні показники

Показник	Значення
Прибуток, грн./рік	0
Рентабельність продукту %	0
Капіталовкладення, грн.	6 817 496,68
Собівартість продукції, грн./рік	5 133 329,68
Коефіцієнт економічної ефективності	-
Термін повернення капіталовкладень, років	-
Чисельність персоналу за списком, осіб	29
Чисельність персоналу явочна, осіб	21- робочий персонал 1- керівництво
Фондовіддача виробничих фондів грн./грн.	-
Фондоємність продукції, грн./грн.	-

8.6 Порівняння установок знесолення

Проведемо порівняння установок знесолення, а саме: електродеіонізатор (УЕДІ), фільтр змішаної дії (ФЗД) та двоступінчасту установку зворотнього осмосу (УЗО) за допомогою функціонально-вартісного аналізу.

Функціонально-вартісний аналіз (ФВА) призначений для вибору одного оптимального об'єкту з переліку запропонованих.

Сформовано перелік характеристик об'єкту:

1. Обладнання;
2. Сировина;
3. Кваліфікація кадрів;
4. Ціна, грн.

Проведено попарне порівняння характеристик шляхом опитування експертів. Результати наведені в таблиці 8.8.

Таблиця 8.8 – Результати опитування експертів

Пари характеристик	Експерта/екс.оцінка			Бали	Оцінка з ур-ням вагомості експертів
	1-ий експерт	2-ий експерт	3-ий експерт		
О-С	>	>	<	3,5-2,5	1,17-0,83
О-Кк	=	=	<	3,5-2,5	0,83-1,17
О-Ц	=	>	<	3-3	1-1
С-Кк	>	>	<	3,5-2,5	1,17-0,83
С-Ц	>	>	<	3,5-2,5	1,17-0,83
Кк-Ц	>	>	<	3,5-2,5	1,17-0,83

Експертами було вибрано спеціаліста, фахівця, керівника відповідно.

Для розрахунку оцінки з урахування вагомості експертів, користуються таблицею коефіцієнтів вагомості (табл.8.9).

Таблиця 8.9 – Коефіцієнти вагомості

Експерт	Коефіцієнт вагомості
1-ий	0,34
3-ий	0,33
3-ий	0,33
Σ	1

Розрахунок оцінки з урахуванням коефіцієнтів вагомості проведемо для першої характеристики, подальші розрахунки проводяться аналогічно, результати занесені до таблиці 8.8:

$$O_{10} = \frac{1,5 \cdot 0,34 + 1,5 \cdot 0,33 + 0,5 \cdot 0,33}{1} = 1,17.$$

Сформовано матрицю вагомості характеристик, результати наведені в таблиці 8.10.

Таблиця 8.10 – Матриця вагомості характеристик

	О	С	Кк	Ц
О	$\begin{matrix} 25 \\ 3 \end{matrix}$	1,17	0,83	1
С	0,83	$\begin{matrix} 26,42 \\ 3,17 \end{matrix}$	1,17	1,17
Кк	1,17	0,83	$\begin{matrix} 26,42 \\ 3,17 \end{matrix}$	1,17
Ц	1	0,83	0,83	$\begin{matrix} 22,16 \\ 2,66 \end{matrix}$

Сформовано ідеальне значення характеристик об'єкту, результати наведені в таблиці 8.11.

Таблиця 8.11 – Ідеальне значення характеристик об'єкту

Характеристика	Ступінь відповідності/Значення			
	Найкращий	Наближений до найкращого	Задовільний	Наближений до задовільного
О	1	1-2	2-3	3-4
С	1	1-2	2-3	3-4
Кк	Висококваліфіковані	Кваліфіковані	Малокваліфіковані	Некваліфіковані
Ц	500 тис	500-600 тис	600 тис-1 млн	1-1,5 млн
Оцінка	10-8	8-6	6-4	4-0

Сформовано реальне значення характеристик об'єкту, результати наведені в таблиці 8.12, 8.13, 8.14.

Таблиця 8.12 – Реальне значення характеристик УЕДІ

Характеристика	Ступінь відповідності/Значення			
	Найкращий	Наближений до найкращого	Задовільний	Наближений до задовільного
О	1			
С	1			
Кк		Кваліфіковані		
Ц			1 млн	
Оцінка	10	8	4	0

Таблиця 8.13 – Реальне значення характеристик ФЗД

Характеристика	Ступінь відповідності/Значення			
	Найкращий	Наближений до найкращого	Задовільний	Наближений до задовільного
О				4
С			3	
Кк		Кваліфіковані		
Ц	500 тис			
Оцінка	10	8	4	0

Таблиця 8.14 – Реальне значення характеристик УЗО

Характеристика	Ступінь відповідності/Значення			
	Найкращий	Наближений до найкращого	Задовільний	Наближений до задовільного
О			2	
С			2	
Кк		Кваліфіковані		
Ц			600 тис	
Оцінка	10	8	6	0

Сформовано оцінку конкурентних об'єктів, результати наведені в таблиці 8.15.

Таблиця 8.15 – Оцінка конкурентних об'єктів

Характеристика	УЕДІ	ФЗД	УЗО
О	10	0	6
С	10	4	6
Кк	8	8	8
Ц	4	10	6

Розрахунок інтегрального показника:

$$I_{\text{УЕДІ}} = 10 \cdot 0,25 + 10 \cdot 0,2642 + 8 \cdot 0,2642 + 4 \cdot 0,2216 = 8,1420;$$

$$I_{\text{ФЗД}} = 0 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2642 + 8 \cdot 0,2642 + 10 \cdot 0,2216 = 5,3864;$$

$$I_{\text{УЗО}} = 6 \cdot 0,25 + 6 \cdot 0,2642 + 8 \cdot 0,2642 + 6 \cdot 0,2216 = 6,5284.$$

Висновок: найкраща установка за інтегральним показником – установка електродеіонізації (УЕДІ), яка і розглядається в дипломному проекті.

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

Відповідно до технологічної частини в рамках дипломного проекту, вихідною сировиною для отримання води високоочищеної є вода після установки зворотнього осмосу. У відділенні підготовки води високоочищеної в повітря не виділяються шкідливі речовини, але використовуються агресивні розчини. Всі процеси у відділенні підготовки води високо очищеної перебігають при кімнатній температурі, у відділенні не застосовується механічний транспорт [12].

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

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 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

Період року	Температура, °С		Вологість повітря, %		Швидкість руху повітря, м/с	
	Оптимальні	Допустимі	Оптимальні	Допустимі	Оптимальні	Допустимі
Теплий	21-23	17-29	40-60	65	0,3	0,2-0,4
Холодний	19-21	15-24	40-60	75	0,2	<0,3

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.

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

Таблиця 9.2 – Коротка санітарна характеристика цеху, що проектується

Назва виробничої дільниці	Шкідливі речовини, що використовуються	Група шкідливої речо-вини, характеристика шкідливої лії	ГДК шкідливої речо-вини у повітрі робочої зони, мг/м ³	Клас небезпечності шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ	Засоби долікарняної допомоги	Методи контролю вмісту шкідливих речо-вин у повітрі робочої зони
1	2	3	4	5	6	7	8
Хімічний цех	Надоцтова кислота марка НУК-15	Подразнюючі	0,2	II	Спеціальний одяг, ГОСТ 27574 або ГОСТ 27575; захисні окуляри, тип Г по ГОСТ 12.4.013; рукавиці з неопрену, тип В, ГОСТ 20010; черевики типу В, ГОСТ 12.4.137; Респіратор РУ-60М, РПГ-67 ГОСТ 12.4.103-80; каски, ГОСТ 12.4.087-84	При вдиханні: свіже повітря, інгаляція 2% розчином соди; при опіках: промити мильною водою та слабким розчином соди; 3 очей змити водою	Гравіметричний та санітарно-хімічний, 1 раз на місяць

Для підтримки сприятливих умов в цеху прийнято проектом природну вентиляцію. Природний обмін повітря здійснюється за допомогою вікон. В холодний період року встановлено опалення цеху.

У виробничих умовах мікроклімат вимірюється на початку, в середині і в кінці холодного і теплого періодів року не менше трьох разів за зміну. Температура вимірюється ртутним термометром. Відносна вологість – психрометром аспіраційним, швидкість повітря – анемометром [13].

9.1.2 Виробниче 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) [14].

В приміщенні передбачено наступні системи освітлення – природне і штучне загальне освітлення (охоронне, аварійне). Приміщення освітлюється за допомогою 10 дволампових світильників типу ШОД (закриті знизу металевими ґратами, з боків – стеклами), які розміщені у два ряди і в кожному з яких знаходяться люмінесцентні лампи потужністю 40 Вт, тип ламп ЛД 40. При відключенні робочого освітлення передбачене аварійне освітлення. Для аварійного освітлення застосовано лампи розжарення та люмінесцентні лампи.

У виробничому приміщенні довжиною 10 м, висотою 4 м і шириною 6 м виконуються роботи, при яких мінімальний розмір об'єкта, що розпізнається, становить 0,2 мм. Стеля приміщення свіжопобілена $\rho_{cl} = 70 \%$, стіни мають світлосірий колір $\rho_{cn} = 50 \%$, підлога з дубового паркету $\rho_n = 30 \%$. Висота робочої поверхні h_p становить 0,8 м, характеристика фону – середній, контраст об'єкта розпізнавання з фоном великий.

Для розрахунку освітленості приймаємо коефіцієнт запасу (k_z) рівним 1,5, а коефіцієнт нерівномірності (z) рівним 1,1.

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		74

Згідно ДБН В.2.5.28-2006, нормоване значення освітленості на робочому місці $E_n = 200$ лк.

На підставі характеристики системи освітлення і розмірів приміщення визначаємо фактичну освітленість у приміщенні. Для цього виходячи з типу і потужності ламп визначаємо світловий потік, який випромінює кожна з них:

$$F_{\text{л}} = E_n k_3 S_z / (N \eta \gamma) = 2340 \text{ лм} . \quad (9.1)$$

Підраховуємо індекс приміщення i по формулі:

$$i = ab / h_c (a + b) \quad (9.2)$$

де a і b довжина і ширина приміщення, м;

h_c – висота підвісу світильника над робочою поверхнею, м:

$$i = 10 \cdot 6 / 3,2 (10 + 6) = 1,17 \approx 1,1.$$

Виходячи з індексу приміщення (i) та коефіцієнтів відбиття стелі, стін і підлоги ($\rho_{\text{сл}}, \rho_{\text{ст}}, \rho_{\text{п}}$), визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку η :

$$\eta = 0,43.$$

Фактичне значення освітленості в приміщенні $E_{\text{ф}}$:

$$E_{\text{ф}} = F_{\text{л}} N n \eta / S k_3 z \quad (9.3)$$

де $F_{\text{л}}$ – світловий потік лампи, лм;

N – кількість світильників, од.;

n – кількість ламп в світильнику, од.;

S – площа приміщення, м^2 :

$$E_{\text{ф}} = 200 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 0,43 / (10 \cdot 6) \cdot 1,5 \cdot 1,1 = 203,3 \text{ лк}.$$

Порівнюємо фактичне значення освітленості, що створює у приміщенні задана система загального штучного освітлення з нормативним значенням штучного освітлення робочої зони:

$$\sigma = ((|E_n - E_{\text{ф}}|) / E_n) \cdot 100\% = ((|200 - 203,3|) / 200) \cdot 100\% = 1,7\%.$$

Відхилення фактичного значення від нормативного не більше 10%, отже, система освітлення відповідає нормативним вимогам.

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

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

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

9.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій

Основне технологічне обладнання у відділенні підготовки води практично безшумне. Джерелом шуму у відділенні глибокого знесолення води є рух води по трубопроводах, насоси та їх електродвигуни. За походженням цей шум належить до гідродинамічного.

Шум на території відділення задовольняє вимогам ДСН 3.3.6.037-99 (80 дБА).

Для зменшення рівня шуму та вібрації в цеху проектом передбачені наступні прийоми:

- насосні агрегати обладнано надійними звукоізолюючими пристроями, що представляють собою використання вібродемпфуючих матеріалів та гнучких сполучень;
- використовуються насоси на віброізоляторах;
- змінюється число оборотів джерела вібрації для збільшення розриву між власною частотою коливань і резонансною частотою.

Відповідно до ДСН 3.3.6.039.99, допустимий рівень вібрації в приміщенні – не більше 3,1 дБ. Для захисту від вібрації у відділі передбачено розміщення двигунів на амортизаторах зі сталевих пружин, для зменшення вібрації перегородок та інших деталей передбачено нанесення на них вібропоглинаючих мастил, гуми, бітуму.

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		76

9.1.4 Електробезпека

Електрообладнання у відділенні підготовки води високоочищеної живиться від трьохфазної чотирьохпровідної електричної мережі змінного струму промислової частоти напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю.

Для запобігання утворення статичної електрики передбачене підключення устаткування до заземлювального контуру.

Можливими причинами ураження людей електричним струмом є:

- дотик до відкритих струмоведучих частин;
- дотик до струмопровідних неструмоведучих елементів, які опинилися під напругою в результаті порушення ізоляції;
- ураження кроковою напругою;
- ураження через електродугу.

У відділенні, яке проектується, з метою збереження здоров'я персоналу всі струмоведучі частини устаткування, до яких можливий дотик персоналу, ізольовані. Опір ізоляції електропроводів вище 0,5 МОм.

Напруга переносних ламп не вище 36 В. Для переносних електроінструментів застосовують малі напруги. Передбачено спецодяг: діелектричні рукавички, боти.

Схема автоматизації передбачає блокування і можливість автоматичного аварійного відключення устаткування, а також звукову і світлову сигналізацію. Контроль опору ізоляції здійснюється підвищеною напругою при введенні устаткування в експлуатацію приладами М-1101, МС-06. Періодичність контролю не рідше одного разу в рік.

Відповідно до ГОСТ 12.1.038-82 допустимі рівні напруг дотику і струму, що проходить через тіло людини [15]:

- при нормальному режимі роботи електроустаткування: $U=2$ В, а $I=0,3$ мА;

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		77

- при аварійному – відповідно 36 В і 6 мА.

Шкідлива дія електричного струму на людину розраховується за формулою:

$$I_{\text{люд}} = \frac{U_{\text{дот}}}{(R_{\text{л}} + R_{\text{о}})} \quad (9.4)$$

де $U_{\text{дот}}$ – напруга дотику, В;

$R_{\text{л}}$ – опір людини, Ом;

R – опір заземлюючого устаткування, Ом.

Допустимі величини сили струму та напруги дотику згідно з ГОСТ 12.1.038-82:

$I_{\text{люд}} = 0,2 \text{ мА}$, $U_{\text{д}} = 2 \text{ В}$ при $t_{\text{д}} \leq 10 \text{ хв/добу}$, нормальний режим;

$I_{\text{люд}} \leq 6 \text{ мА}$, $U_{\text{д}} = 36 \text{ В}$ при $t_{\text{д}} > 1 \text{ с}$, аварійний режим.

При нормальному режимі при $\tau \leq 10 \text{ хв/добу}$, $R_{\text{л}} = 3000 \text{ Ом}$, $R_{\text{о}} = 4 \text{ Ом}$.

Тоді згідно з рівняннями:

$$I_{\text{л}} = \frac{220 \cdot 10^3}{3000 + 4} = 73,23 \text{ мА},$$

$$U_{\text{д}} = 73,23 \cdot 3 = 219,72 \text{ В}.$$

Отже, розраховані значення $I_{\text{л}}$ і $U_{\text{д}}$ значно перевищують наведені вище нормативні значення. Це свідчить про те, що при порушенні вимог ПУЕ у відділенні можливі електротравми з тяжкими наслідками.

Відділення відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою.

Передбачено занулення всіх насосів та всього обладнання для забезпечення захисту від враження електричним струмом робочих, якщо відбулося замикання на корпус обладнання. Між двома лініями трубопроводів через кожні 20 метрів ставляться перемички з метою недопущення виникнення статичної напруги.

Для ізоляції струмопровідних частин електрообладнання, до яких можливий дотик персоналу, а також усунення небезпеки поразки з появою напруги на корпусах, кожухах та інших частинах електроустаткування

передбачена подвійна ізоляція.

Також у відділенні передбачено світову попереджувальну сигналізацію зеленого кольору з написом ввімкнено. Для захисту обслуговуючого персоналу всі інструменти мають ручки, які покриті гумою.

Все назване вище є засобами колективного захисту від ураження електричним струмом. Якщо безпека не може бути забезпечена, приймають засоби індивідуального захисту. До засобів індивідуального захисту відносяться: захисні окуляри і захисні щитки при необхідності захисту очей, діелектричні гумові рукавички, боти, коврики. Для профілактики електротравматизму застосовуються знаки безпеки.

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 6,5 МПа. При порушеннях нормальних режимів роботи технологічної лінії можуть виникнути негативні наслідки, такі як прорив трубопроводів, розгерметизація апаратів, які не розраховані на великий тиск.

Продуктивність технологічної схеми по воді становить 150 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

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		79

уникнення цього фактору на баках встановлюють автоматичне контролювання рівня рідини та сигналізацію в разі підйому рівня вище допустимого.

9.2 Пожежна безпека

У відділенні виробництва води високоочищеної немає пожежонебезпечних горючих матеріалів, також у відділенні не використовується відкритий вогонь.

При експлуатації УЕДІ дотримуються правил пожежної безпеки у відповідності з “Правилами пожежної безпеки” ГКД 34.03.303-99 НАПБ В.01.034-99. ДНАОП 1.1.10-1.02-01.

Протипожежні заходи:

- Приміщення ХВО і встановлене в ньому обладнання повинні утримуватися у повній чистоті. Не допускається захащування підлоги, загромодження приміщення.
- Вогневі роботи на устаткуванні УЕДІ виконані по нарядодопуску та спеціальному дозволу на проведення вогневих робіт.
- Персонал ХВО повинен знати розташування засобів протипожежного захисту, пожежного інвентарю (ящик із піском, вогнегасники, пожежні крани, гідранти, ящики з протигазами), слідкувати за їх справністю та вміти ними користуватися.

При виникненні осередку пожежі оперативний персонал зобов’язується:

- негайно повідомити про те, що трапилося, начальника зміни ХЦ і КТЦ;
- видалити в безпечне місце всі вогне- та вибухонебезпечні речовини;

приступити до гасіння пожежі наявними засобами пожежогасіння під керівництвом начальника зміни, начальника цеху або його заступника до прибуття пожежної команди.

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

10 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА

Зазвичай основну масу відходів у відділеннях виробництва води високоочищеної складають рідкі відходи.

Основним завданням цього розділу є опис екологічних проблем відділення та розробка методів їх вирішення.

10.1 Аналіз джерел та розрахунків кількості відходів, що утворюються

Враховуючи, що EDI-процес протікає без регенерації шару смоли змішаної дії, а склад концентрату дозволяє повернути його в «голову» процесу отримання деіонізованої води, тобто на установку зворотного осмосу, стає очевидним факт високої екологічної безпеки процесу отримання деіонізованої води за допомогою електродеіонізації.

Крім перерахованих переваг існує ще один не менш вагомий аспект. Це відсутність необхідності організації кисло-лужного господарства в цьому випадку, так як EDI-процес виключає використання великих кількостей кислоти і лугу, які застосовують для регенерації іонообмінних смол.

У разі використання електродеіонізації як фінішної стадії отримання деіонізованої води основними відходами виробництва будуть: в першу чергу концентрат після зворотноосмотичної установки і, звичайно, розчини хімічних речовин, які потрібні при експлуатації установки зворотного осмосу. Однак їх кількість невелика, тому що поточна технологічна промивка мембранних модулів здійснюється приблизно 1 раз на місяць, а концентрація розчинів непорівнянна з концентрацією розчинів, що застосовуються в процесі іонного обміну. Що стосується концентрату після установки зворотного осмосу, то його склад безпосередньо пов'язаний зі складом вихідної води і при утилізації концентрату найчастіше виникають проблеми зі знефторюванням. Особливо, коли в якості вихідної води використовується артезіанська вода з глибких шарів залягання. Решта забруднюючих компонентів або досить легко

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		81

видаляється на стандартних очисних спорудах, або їх концентрація не перевищує ГДК.

В даному відділенні не утворюється рідких відходів, розглянуто випадок скиду вод після хімічної промивки в каналізацію. Розглянуто можливі варіанти повторного використання відпрацьованого іоніту.

Екологічними проблемами даного виробництва є:

- промивні води;
- відпрацьований іоніт.

10.2 Можливі варіанти екологізації виробництва

Сама установка електродіонізації є екологічним об'єктом, так як розглянута в дипломному проекті схема відділення передбачає повернення концентрату після знесолення на перший ступінь установки зворотного осмосу. Таке рішення зумовлене тим, що загальний солевміст концентрату після УЕДІ становить 29 мг/дм^3 , в той час як загальний солевміст води, що надходить на установку УЗО – $100\text{-}150 \text{ мг/дм}^3$.

Одним з напрямків екологізації відділення є невеликий об'єм промивних вод після хімічної промивки комірок 0,2 % розчином надोцтової кислоти. Як варіант, можливе направлення таких вод на початок процесу очищення води (на механічний фільтр).

Іншим варіантом екологізації відділення є повторне використання відпрацьованих іонітів. Використовують синтетичні іоніти КУ-2-8 (сополімер стирола та дивінілбензола) та АВ-17-8.

Такі іоніти можна використовувати в якості загрузки в механічні фільтри. Відомо, що синтетичні іоніти близькі за складом та властивостями флокулянтам, які використовуються в наш час і характеризуються значною залишковою обмінною ємністю. Це викликає зацікавленість у отриманні на основі відпрацьованих іонітів матеріалів, придатних для використання в техно-

логії очищення стічних вод, таких як сорбенти та коагулянти. Отримувати їх можна диспергуванням.

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 рідкі відходи та утилізує відпрацьований іоніт, то необхідно розрахувати відповідний податок [16].

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

$$P_c = \sum_{i=1}^n (M_{li} \cdot N_{pi} \cdot K_{oc}), \quad (10.1)$$

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 м³ води очищеної витрачається 10 кг надोцтової кислоти на хімічну промивку електродеіонізаційних підблоків. Хімічна промивка проводиться три рази на рік. За одну хімічну промивку утворюється 200 дм³ води. Отже, за рік витрачається 6 т надоцтової кислоти. Річний обсяг скиду хлоридів становить 3,2 т. Згідно статі 245 Податкового кодексу України податок за скиди забруднюючих речовин, на які не встановлено гранично допустиму концентрацію, застосовуються сума податку для речовин з ГДК понад 10 мг/дм³, яка становить 386,44 грн./т.

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		83

Розраховано суму податку за формулою (10.1):

$$П_c = \sum_{i=1}^n (3,2 \cdot 386,44 \cdot 1) = 1236,608 \frac{\text{грн.}}{\text{рік}}.$$

Проведено розрахунок податку за розміщення відходів у спеціально введених для цього місцях. Синтетичний іоніт відноситься до відходів, на які не встановлено клас, отже ставка податку за одну тонну становить 1128,63 грн./т. Оскільки термін експлуатації EDI-модуля в середньому складає 3 роки, маса іоніту в одному модулі – 50 кг, а таких модулів три, відповідно маса іоніту в установці – 150 кг.

Розраховано суму податку на тверді відходи за формулою (10.1), при цьому, враховано, що розміщення відпрацьованого іоніту відбувається після трьох років експлуатації установки:

$$П_c = \frac{0,150 \cdot 1128,63 \cdot 1}{3} = 56,43 \frac{\text{грн.}}{\text{рік}}.$$

Як видно з розрахунку суми податку за тверді відходи, вона складає незначну суму, а саме $56,43 \frac{\text{грн.}}{\text{рік}}$, тому підприємству вигідніше сплачувати цей податок або використовувати як загрузку в механічних фільтрах, ніж диспергувати з метою подальшого використання в якості коагулянту та сорбенту.

Розраховано загальну суму податку за формулою (10.1):

$$П_c = \sum_{i=1}^n (1236,608 + 56,43) = 1293,0395 \frac{\text{грн.}}{\text{рік}}.$$

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

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		84

моніторингу діяльності відділу. Розраховано загальну суму екологічного податку, він складає 1293,0395 грн./рік.

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
						85
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даному бакалаврському проекті було розглянуто відділення глибокої деіонізації води для парогенераторних котлів з продуктивністю $150 \text{ м}^3/\text{год}$ та обґрунтовано вибір методу електродеіонізації.

За вимогами, які ставляться до води, яка подається на виробництво пари, питомий опір не повинен перевищувати $18 \text{ МОм} \cdot \text{см}$. Запропонований метод дозволяє отримувати воду такої якості.

Наведено технологічну схему та її опис. Розраховано основний технологічний апарат – установка електродеіонізації та 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, продуктивність за концентратом, витрати реагенту на хімічну промивку, перепад тисків у картриджних фільтрах та мембранах модуля, електропровідність знесоленої води.

В економічній частині дипломного проекту наведено техніко-економічні показники даного виробництва, показано доцільність використання даного способу водопідготовки, про це свідчать результати функціонально-вартісного аналізу, за яким інтегральний показник УЕДІ найбільший $I_{\text{УЕДІ}}=8,1420$.

В дипломному проекті усі рішення прийняті з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки. На основі аналізу шкідливих та небезпечних факторів розроблено заходи щодо створення здорових та безпечних умов праці та пожежної безпеки на об'єкті.

У розділі екологічної безпеки виробництва, враховуючи екологічність даного методу, наведено аналіз та джерела виникнення відходів, надано мо-

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		86

жливі варіанти очищення і використання стічних вод. Також розраховано суму щорічних екологічних платежів, що складає 1293,0395 грн./рік.

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
						87
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електродеіонізація [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.dow.com/en-us/water-and-process-solutions/products/electrodeionizati>, вільний. Загол. з екрана. – Мова англ.
2. Вимоги до якості живильної води для парових котлів та водогрійних котлів [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.sergeyosetrov.narod.ru/Projects/Boiler/WATER_FOR_BOILER.htm, вільний. Загол. з екрана. – Мова рос.
3. Світові водні технології [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://wwtec.ru/index.php?id=33>, вільний. Загол. з екрана. – Мова рос.
4. Безреагентні технології очистки води [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://superfilter.ru/cedi.htm>, вільний. Загол. з екрана. – Мова рос.
5. Лифшиц, О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок. [Текст] – М.: Энергия, 1976. – 286 с.
6. Інструкція з експлуатації обладнання водопідготовчої установки УЕДІ “ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ”. – 2012. – 138 с.
7. Установка електродеіонізації. Правила експлуатації [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://vunivere.ru/work24692/page21>, вільний. Загол. з екрана. – Мова рос.
8. Лукінюк, М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об’єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп’ют.-інтегр. технології» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с. : іл. – Бібліогр.: с. 230-231. – 200 пр. – ISBN 978-966-622-287-2.
9. Лукінюк, М. В. Технологічні вимірювання та прилади [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 436 с. : іл. – Бібліогр.: с. 427-428. – 200 пр. – ISBN 978-966-622-247-6.

					ХН 3114 1440 000 ПЗ	Ар-
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		88

10. Бабіченко, А.К. Промислові прилади та засоби автоматизації. [Текст] Харків / Томишинський В.И., Михайлов В.М. та ін.: НТУ «ХП» , 2001-470 ст.

11. Підлісна, О.А. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів для студ. хіміко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання [Текст] / Уклад.: О.А. Підлісна, В.В. Янковий, М.П. Дорошенко. – К.: ІВЦ Видавництво „Політехніка”, 2002. – 28 с. – Бібліогр. с. 25-27. – 300 пр.

12. Макаров, Г.В. Охрана труда в химической промышленности [Текст] / Макаров Г.В., Стрельчук Н. А., Кушелёв В. П., Орлов Г. Г. – М.: Химия, 1997. – 360 с.

13. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих

14. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення

15. Жидецький В. Ц. Практикум з охорони праці [Текст] – Л.: Афіша, 2000. – 392 с.

16. Податковий кодекс України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://docs.dftk.ua/ua/doc/1011.47.0> , вільний. - Загол. з екрана. – Мова укр.

17. Правила приймання стічних вод абонентів у систему каналізації міста Києва [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.vodokanal.kiev.ua>, вільний (меню Нормативно-правова база) . - Загол. з екрана. – Мова укр.

18. Водний кодекс України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua> (меню Законодавства України) . - Загол. з екрана. – Мова укр.