

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	12
ВСТУП	13
1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА.....	14
1.1 Іонний обмін	14
1.2 Зворотній осмос.....	16
1.3 Електродіаліз	18
1.4 Дистиляція	19
2 ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, ПРОДУКЦІЇ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ	21
2.1 Характеристика вихідної сировини.....	21
2.2 Характеристика продукції.....	21
2.3 Характеристика іонітів	22
2.3 Характеристика реагентних розчинів	25
3 ХАРАКТЕРИСТИКА І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА. ХІМІЗМ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ	27
3.1 Загальні положення про іонний обмін	27
3.2 Фізико-хімічні основи іонного обміну.....	29
3.3 Кінетика іонного обміну.....	31
3.3 Регенерація іонітів.....	34
4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ЗНЕСОЛЕННЯ ВОДИ НА ІОНІТОВИХ ФІЛЬТРАХ	36
5 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	38
5.1 Розрахунок аніоніта II ступені.....	38

					ХН 2114 1440 001 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Халюк К.В.				Виробництво знесоленої води іонообмінним методом	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Нижник Т.Ю.						9	104
Реценз.						НТУУ «КПІ», ХТФ гр. ХН-21		
Н. Контр.	Супрунчук В.І.							
Затверд.	Толстопалова Н. М.							

5.2 Розрахунок аніоніта I ступені	41
5.3 Розрахунок декарбонізатора	43
5.4 Розрахунок Н-катионітового II другої ступені	45
5.5 Розрахунок Н-катионітового фільтра I ступені.....	48
6 РОЗРАХУНОК ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	52
6.1 Розрахунок баків	52
6.2 Розрахунок насосів та вентилятора	54
7 АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ....	58
7.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації	58
7.2 Опис розробленої схеми автоматизації процесу.....	59
8 ЕКОНОМІКО – ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ ВИРОБНИЦТВА ЗНЕСОЛЕНОЇ ВОДИ.....	62
8.1 Схема організаційної структури підприємства.....	62
8.2 Класифікація виробничих процесів підрозділу	63
8.3 Організація технічного обслуговування і ремонту обладнання.....	64
8.4 Оптимальний вид руху предметів праці та середньорічна тривалість виробничого циклу.....	64
8.5 Графік роботи підприємства, графік змінності.....	67
8.6 Технічний контроль якості.....	68
8.7 Економічний розрахунок собівартості відділення знесолення води	71
9 ОХОРОНА ПРАЦІ	76
9.1 Виявлення та аналіз шкідливих небезпечних виробничих факторів на проектному об'єкті. Заходи з охорони праці	76
9.1.1 Повітря робочої зони	76
9.1.2 Виробниче освітлення	79
9.1.3 Захист від виробничого шум та вібрацій.....	81
9.1.4 Електробезпека.....	82
9.1.5 Безпека технологічного процесу і обслуговування обладнання	84
9.2 Пожежна безпека.....	85
10 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВІДДІЛЕННЯ ЗНЕСОЛЕННЯ ВОДИ	87

10.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються у відділенні знесолення води	87
10.2 Можливі варіанти екологізації виробництва	87
10.3 Розрахунки та вибір обладнання за обраним рішенням	90
10.4 Екологічний моніторинг	90
10.5 Розрахунок екологічних платежів	91
ВИСНОВКИ.....	93
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	94
Додаток А.....	97
Додаток Б	97
Додаток В	104

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИ- НИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ТЕЦ – теплоелектроцентрально;

ІО – іонний обмін;

ОЄ – обмінна ємність;

СОЄ – статична обмінна ємність;

ДОЄ – динамічна обмінна ємність;

ВМС – високомолекулярна сполука;

ГДК – гранично - допустимі концентрації;

ГОСТ – державний стандарт;

ТЕП – техніко-економічні показники.

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

ВСТУП

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

До води, яка використовується для виробництва пари, висуваються додаткові вимоги: вона повинна бути повністю знесоленою, щоб не утворювався накип. Тому вода повинна пройти стадію знесолення. Поширеним є знесолення іонообмінним методом.

Іонний обмін - оборотна хімічна реакція, при якій відбувається обмін іонами між твердою речовиною (іонітів) і розчином електроліту або між різними електролітами, що знаходяться в розчині. Іонний обмін застосовують для знесолення води, в гідрометалургії, в хроматографії.

Іоніти (іонообмінники) - тверді нерозчинні речовини, здатні обмінювати свої іони з іонами зовнішнього середовища. Іоніти поділяються на аніоніти і катіоніти, що обмінюють відповідно негативно або позитивно заряджені іони, і амфолітом, здатні обмінювати одночасно ті й інші іони. Найбільш поширені синтетичні органічні іоніти - іонообмінні смоли. Іонообмінні смоли - синтетичні органічні іоніти. Широко поширені іонообмінні смоли на основі сополімерів

Мета знесолення води – видалення усіх катіонів, крім H^+ , та видалення усіх аніонів, крім OH^- , шляхом еквівалентного обміну іонів.

1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА

Вода, яка буде використовуватися для виробництва пари, повинна пройти стадію знесолення, щоб уникнути у подальшому утворення накипу.

До найпоширеніших методів знесолення води належать [8]:

1. Іонний обмін - базується на здатності іонітів обмінювати іони H^+ та OH^- , відповідно на катіони Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ та аніони SO_4^{2-} , Cl^- розчинених у воді солей, і реалізується шляхом пропуску через шар іоніту;

2. Зворотній осмос - продавлювання через мембрану води з тиском вище осмотичного (баромембранний процес);

3. Електродіаліз - це мембранний процес, заснований на явищі переносу іонів електроліту через селективні іонообмінні мембрани під дією постійного електричного струму;

4. Дистиляція - випаровування води.

1.1 Іонний обмін

Іонний обмін до теперішнього часу залишається одним з основних методів очищення води від забруднень, глибокого її знесолення. Наявність розмаїтих іонообмінних матеріалів дозволяє вирішувати завдання очищення вод різного хімічного складу з високою ефективністю [8].

Через введення додаткових реагентів на стадії регенерації іонообмінних смол утворюється великий обсяг вторинних відходів. Зокрема, традиційне застосування сильнокислотних катіонітів вимагає використання 2-3-кратного надлишку кислоти. Внаслідок чого утворюється значна кількість кислих регенератів. Це істотно збільшує об'єм відходів і вимагає їх нейтралізації.

Перспективним методом скорочення витрати реагентів на регенерацію іонітів і, відповідно, зниження обсягу вторинних відходів представляється застосування іонообмінних смол нового покоління із слабодисоційними функціональними групами, що володіють підвищеною сорбційною ємністю і

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

можливістю регенерації практично стехіометричною кількістю кислоти або лугу.

Очищення води здійснюють іонітами - іонообмінними синтетичними смолами, виготовленими у вигляді гранул розміром 0,2 ... 2 мм. Іоніти виготовляють з нерозчинних у воді полімерних речовин, що мають на своїй поверхні рухомий іон (катіон або аніон), який за певних умов вступає в реакцію обміну з іонами того ж знака, що містяться у воді. Розрізняють сильно- і слабокислотні катіоніти (в H^+ - або Na^+ - формі) і сильно- і слабоосновні аніоніти (в OH^- або сольовій формі), а також іоніти змішаної дії. Основним фактором кінетики процесу є швидкість ІО між іонами води і омиваної часткою смоли. На зовнішній поверхні омиваної частки утворюється нерухома водяна плівка, товщина якої залежить від швидкості потоку очищуючої води і розмірів зерна смоли. Іон, який прагне потрапити всередину частинки смоли, у функціональну групу, повинен дифундувати з води через плівку, пройти через граничну поверхню частинки і всередині смоли в розчині набування стремиться до асоціації з функціональною групою. Дифузія іонів через плівку є найважливішим етапом процесу.

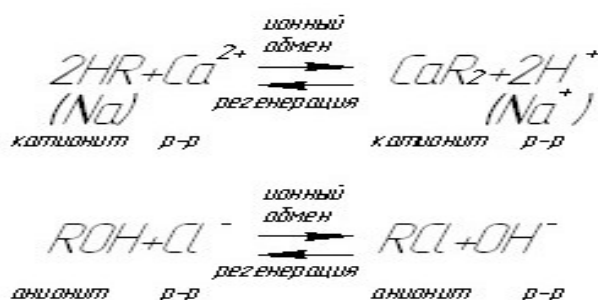
Вибірче поглинання молекул поверхнею твердого адсорбенту відбувається внаслідок впливу на них неврівноважених поверхневих сил адсорбенту.

Іонообмінні смоли мають можливість регенерації. Після виснаження робочої обмінної ємності іонітів, вона втрачає здатність обмінюватися іонами і її необхідно регенерувати. Регенерація проводиться насиченими розчинами, вибір яких залежить від типу іонообмінної смоли. Процеси відновлення, як правило, протікають в автоматичному режимі. На регенерацію зазвичай витрачають близько 2 годин, з них на розпушування - 10-15 хв, на фільтрування регенеруючого розчину - 25-40 хв, на відмивання - 30-60 хв. Іонообмінне очищення реалізують послідовним фільтруванням води через катіоніти і аніоніти.

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Залежно від виду та концентрації домішок у воді, необхідної ефективності очищення використовують різні схеми іонообмінних установок.

Суть іонного обміну - при контакті води з іонітами можливий обмін іонами між фазою розчину і фазою іоніта. Обмін цей еквівалентний і описується стехіометричним рівнянням хімічної реакції обміну. Відповідно до знаку заряду іонів, які обмінюються, розрізняють катіоніти і аніоніти.



R - нерухома частина (матриця) іоніта

Рисунок 1.1 – Схема іонного обміну.

Концентраційні межі застосування методу: економічно доцільно при вмісті твердості до 14 мг-екв /дм³, ЗСВ - 2 ÷ 4 г /дм³, завислі речовини - не більше 10 мг / дм³.

Переваги методу:

- можливість отримання води із залишковим вмістом солей 0,01 ÷ 0,05 мг / дм³ і практично відсутньою твердістю ≈ 0,001 ÷ 0,002 мг-екв /дм³;
- простота і надійність методу.

Недоліки:

- при регенерації іонітів отримують відпрацьовані розчини кислот, лугів, солей - NaOH, H₂SO₄, HCl, KOH, NaCl, NH₄OH тощо.
- не ефективно видаляє бактерії, а також, смола може утримувати бактерії і сприяти їх подальшому розвитку.

1.2 Зворотній осмос

За допомогою цього методу можна проводити глибоке опріснення води. У нормальних умовах ефект опріснення становить 95-98%. Розділення води і речовин, які містяться в ній, досягається за допомогою напівпроникної мем-

брани. Самі мембрани виготовляються з різних матеріалів, наприклад, поліаміду або ацетат целюлози і випускаються у вигляді порожнистих волокон або рулонного типу. Через мікроскопічно малі пори через ці мембрани може практично проникати тільки чиста вода і розчинені в ній гази, у той час як сіль, мікроорганізми, органічні сполуки тощо в основному затримуються мембраною [8].

Ефект опріснення і пов'язана з ним продуктивність з опрісненням води залежить від різних чинників, насамперед від загального солевмісту сирової води, а також сольового складу, тиску та температури.

Метод зворотного осмосу полягає в фільтруванні розчинів під тиском через напівпроникні мембрани, які пропускають воду і затримують молекули або іони розчинених речовин.

Мембранний елемент має вигляд пакета, три кромки якого герметизовані, а четверта кріпиться до перфорованої трубки для відводу фільтрату.

Пакет разом з сіткою-сепаратором накручується на цю трубку. Колективна суміш рухається в поздовжньому напрямку по міжмембранних каналах, фільтрат з дренажного матеріалу надходить у відводячу трубку. Мембранні апарати цього типу мають високу щільність упаковки мембран 300-800 м³/м².

Для збільшення терміну служби мембрани, вода повинна пройти попереднє очищення від механічних домішок, кислот, лугів та окислювачів.

1. Для очищення від зважених домішок встановлюють механічний префільтр. При підвищеній кислотності і для очищення від надмірного заліза і марганцю встановлюють картридж з засипанням ДАМФЕР.

2. Для очищення від активного хлору, органіки використовується фільтруючий елемент на основі гранульованого активованого вугілля. Якщо ж жорсткість підвищена, то комплектують елементами, що фільтрують з додаванням іонообмінної смоли або кристалів гексаметафосфата.

3. Механічний фільтр або фільтр з пресованим активованим вугіллям.

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Переваги зворотного осмосу перед іншими способами знесолення полягають у тому, що він відбувається без енергоємних фазових перетворень води, характеризується мінімальними затратами енергії, витрати якої наближаються до термодинамічного мінімуму. Питомі капіталовкладення для виготовлення зворотноосмотичних установок невеликі, термін окупності незначний. Вони прості та надійні в експлуатації, легко провести їх автоматизацію, проте вимагають ретельного попереднього очищення води від завислих часточок [10].

1.3 Електродіаліз

Електродіаліз – це процес перенесання іонів електроліту крізь селективні іонообмінні мембрани під дією постійного електричного струму. Швидкість перенесення іонів залежить від сили струму.

Під час проходження струму крізь мембрану на межі мембрана-розчин виникає стрибок концентрації, що призводить до поляризації мембрани. Енергія витрачається на перенесення іонів та подолання стрибка потенціалу, зумовленого концентраційною поляризацією, компенсацію джоулевої теплоти, що виділяється в розчині з великим опором, та перебіг електродних реакцій (утворення лугу біля катода і кислоти біля анода; за наявності хлоридів у розчині біля анода виділяється хлор) [10].

Іонообмінні мембрани (головний робочий елемент електродіалізного апарату) виготовляються з іонообмінних смол (іонітів), активні групи яких здатні до іонного обміну. Перенесення електрики в мембранах під дією електричного поля, обумовлено дифузією противоіонів з розчину в мембрану і з мембрани в розчин з протилежного боку. Перенесення іонів у мембрані відбувається за рахунок рухомих противоіонів. Мембрана, що містить іоногенні групи позитивних іонів (аніонообмінна мембрана), в електричному полі в початковому розчині пропускає, в основному, тільки аніони. Мембрана, що містить іоногенні групи негативних іонів (катіонообмінна мембрана) - пропускає, в основному, тільки катіони. Селективність іонообмінних мембран,

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк. 18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

тобто здатність пропускати іони з зарядом одного знака, обумовлена наявністю в них фіксованих іоногенних груп, електричне поле яких перешкоджає проходженню через мембрану іонів із зарядом того ж знака, що і заряд іона фіксованого в полімерній матриці мембрани.

Перевагою електродіалізу перед іншими способами є відсутність фазового перетворення води, яке відбувається під час дистиляції. Споживання енергії пропорційне вмісту солей у знесолюваній воді. Воду обробляють за невисоких температур і тиску, що дає змогу використовувати широкий асортимент корозійно стійких матеріалів й автоматизувати процес. Однак цей спосіб має наступні недоліки:

- утворення осадів карбонату кальцію, гідроксиду магнію та гіпсу при роботі в умовах поляризації;
- «отруєння» катіонообмінних мембран залізом, манганом, а аніонообмінних – органічними речовинами, які містяться в оброблюваній воді;
- у разі роботи установки на струмі з граничною густиною, нижчою за оптимальні значення, значно зростає вартість процесу;
- унаслідок відсутності апаратів великої одиничної потужності збільшуються питомі капітальні та експлуатаційні затрати.

1.4 Дистиляція

Найстарішим методом отримання знесоленої води є дистиляція (термічний метод) - перегонка, випарка.

Основою процесу є перехід води в парову фазу з наступною її конденсацією. Для випаровування води потрібно підвести, а при конденсації пари - відвести тепло фазового переходу. При утворенні пари в неї разом з молекулами води переходять і молекули розчинених речовин відповідно до їх летючості.

Найважливішою перевагою даного методу є мінімальні кількості реагентів, що використовуються, і об'єм відходів, які можуть бути отримані у вигляді твердих солей.

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Теплова і економічна ефективність методу визначається режимом випаровування і ступенем рекуперації тепла фазового переходу при конденсації пари.

За характером використання дистиляційні установки поділяються на одноступінчасті, багаступінчасті і термокомпресійні.

Найбільший інтерес представляє використання випарних установок в поєднанні з іонообмінними і реагентними схемами. У цих умовах можливо оптимізувати витрати реагентів, тепла і вирішити як економічні, так і екологічні проблеми [8].

Розглянувши основні методи знесолення води, врахувавши переваги та недоліки кожного із них, обрано найдоцільніший метод, а саме знесолення води іонообмінним методом, що дозволить одержати воду, яка відповідає заданим вимогам.

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

2 ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, ПРОДУКЦІЇ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ

2.1 Характеристика вихідної сировини

Вихідною сировиною є освітлена вода, що надходить після попереднього очищення та після механічних фільтрів.

Таблиця 2.1 – Норми якості освітленої води

Показники якості води	Освітлена вода	Показники якості води	Освітлена вода
Завислі речовини, мг/дм ³	До 8,0	Сульфати, мг/дм ³	40 ÷ 50
Солевміст, мг/дм ³	80 ÷ 120	Кремнекислота, мг/дм ³	4 ÷ 10
Твердість, мг-екв/дм ³	1,5 ÷ 2,0	Окиснюваність, мгО ₂ / дм ³	До 7,0
Лужність, мг-екв/дм ³	0,8 ÷ 1,0	pH	10,1 ÷ 10,2
Хлориди, мг/дм ³	8 ÷ 18	Залізо, мкг/кг	300

2.2 Характеристика продукції

Відповідно до Правил будови і безпечної експлуатації парових котлів з тиском пари не більше 0,07 МПа (0,7 кгс/см²), водогрійних котлів і водопідігрівачів з температурою нагріву води не вище 115 °С, затверджених наказом Держнаглядохоронпраці № 125 від 23.07.96, та ДНАОП 0.00-1.08-94 «Правила будови і безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів» (затверджено наказом Держнаглядохоронпраці № 51 від 26.05.94), експлуатація котлів без докотлової обробки води забороняється [11].

Вимоги до якості води парових котлів із тиском пари не більше 0,07 МПа наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Вимоги до якості води парових котлів із тиском пари не більше 0,07 МПа

Показники	Норми якості води
Загальна жорсткість, ммоль/л, не більше	0,2
Розчинений кисень, мг/л, не більше	0,1
Вільна вуглекислота, мг/л, не більше	10
рН, не менше	7
Завислі речовини	відсутні

Вимоги до якості води парових котлів значно жорсткіші, ніж до водогрійних. Це пов'язано з технологічним процесом випаровування води, унаслідок чого відбувається підвищення концентрації домішок у воді. Цю проблему вирішують за рахунок постійних і періодичних продувок котла – заміни води з високою концентрацією домішок на хімоводоочищену. Зрозуміло, що чим менше домішок у воді, тим менше потрібно проводити продувок.

Виробники котлів визначають власні вимоги до якості котлової води в залежності від використаної технології та матеріалів, що можуть значно відрізнятися. У побутових умовах, коли використовують замкнуту систему опалення, холодного та гарячого водозабезпечення, якість води має також відповідати вимогам до питної води згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [11].

2.3 Характеристика іонітів

Катіоніт КУ-2-8 – монофункціональна сильнокислотна іонообмінна смола з гелевою структурою, високомолекулярна полімерна речовина (виготовлений на основі сополімера стиролу і дивінілбензола), поставляється у вигляді гранул (близько 1 мм в діаметрі) від світло-жовтого до коричневого кольору [12].

Продукт характеризується механічною міцністю, високою хімічною стійкістю до дії лугів, кислот, окисників, осмотичною стабільністю. Стійкий до дії високих (110-120 °С) температур. Його обмінна ємність мало залежить від рН середовища. Не розчиняється у воді і органічних розчинниках. Не-

плавкий, негорючий, вибухобезпечний, неотруйний, радіоактивних і озоновмісних речовин не містить.

Характеристика катіоніта КУ – 8 – Н згідно ГОСТу 20298-74 наведена в таблиці 2.3 [13].

Таблиця 2.3 – Характеристика катіоніта КУ–2–8–Н

Найменування	Величина
Зовнішній вигляд	Сферичні зерна від світло жовтого до темно коричневого кольору
Гранулометричний склад:	
а) розмір зерен, мм	0,315 - 1,25
б) вміст робочої фракції, %, не менше	96
в) ефективний розмір зерен, мм, не більше	0,4 - 0,55
г) коефіцієнт однорідності, не більше	1,7
Масовачастка води, %, не більше	48 - 58
Питомий об'єм, см ³ /г, в Н-формі, не більше	2,8
Повна статична обмінна ємність, ммоль/см ³ (мг-екв/см ³), не менше	1,8
Динамічна обмінна ємність з заданою витратою регенеруючої речовини, моль/м ³ (г-екв/м ³) не менше	526
Осмотична стабільність, %, не менше	94,5

Аніоніт АВ–17–8 – високомолекулярна сполука гелевої структури, що містить функціональні груп основного характеру. Виготовлений на основі полімеру стиролу з дивінілбензолом. Характеризується високою механічною стійкістю та стійкістю до дії кислоти, лугів, окисників. Не розчиняється в воді та органічних розчинниках [14].

Характеристика аніоніту АВ – 17 – 8 згідно ГОСТу 20301-74 наведена в таблиці 2.4 [15].

Таблиця 2.4 – Характеристика аніоніту АВ–17–8

Найменування	Величина
Зовнішній вигляд	Сферичні зерна від світло жовтого до темно коричнево-го кольору
Гранулометричний склад:	
а) розмір зерен, мм	0,315 - 1,25
б) вміст робочої фракції, %, не менше	95
в) ефективний розмір зерен, мм, не більше	0,4 - 0,6
г) коефіцієнт однорідності, не більше	1,7
Масова частка води, %, не більше	35 - 50
Питомий об'єм, см ³ /г, в ОН-формі, не більше	2,7 - 3,3
Повна статична обмінна ємність, ммоль/см ³ (мг-екв/см ³), не менше	1,15
Динамічна обмінна ємність з заданою витратою регенеруючої речовини, моль/м ³ (г-екв/м ³) не менше	650
Осмотична стабільність, %, не менше	92,5
Насипна маса, т/м ³	0,74
Окисненість фільтру в перерахунку на кисень, мг/дм ³	0,55–0,65

Слабоосновний аніоніт АН-31. Він належить до поліконденсаційного типу аніонітів, що містить в якості іоногенних груп вторинні і третинні аміногрупи аліфатичного ряду. Випускається у вигляді зерен сферичної форми від світло-жовтого до коричневого кольору.

Характеристика аніоніту АН – 31 згідно ГОСТу 20301-74 наведена в таблиці 2.5 [15].

Таблиця 2.5 – Характеристика аніоніту АН–31

Найменування	Величина
Зовнішній вигляд	Жовті зерна неправильної форми
Гранулометричний склад:	
а) розмір зерен, мм	0,2 – 2,0
б) вміст робочої фракції, %, не менше	92
в) коефіцієнт однорідності	0,3
Масова частка води, %, не більше	5
Питомий об'єм, см ³ /г, в ОН-формі, не більше	3,1 - 3,5
Повна статична обмінна ємність, ммоль/см ³ (мг-екв/см ³), не менше	2,6
Динамічна обмінна ємність з заданою витратою регенеруючої речовини, моль/м ³ (г-екв/м ³) не менше	800
Осмотична стабільність, %, не менше	85
Насипна маса, т/м ³	0,72 – 0,75

2.3 Характеристика реагентних розчинів

Для регенерації катіоніту КУ-2-8-Н використовують розчин сульфатної кислоти, а для регенерації аніонітів – розчин гідроксиду натрію.

Сульфатна кислота H_2SO_4 – сильна двоосновна кислота. Технічна сульфатна кислота – прозора масляниста рідина. Сульфатна кислота зберігається у вигляді 92 %-го розчину (відповідно до ГОСТу 2184-2013). Характеристика контактної сульфатної кислоти наведена в таблиці 2.6. Для приготування регенераційного розчину дана сульфатна кислота розводиться водою до відповідної концентрації (2 та 4 %).

Гідроксид натрію зберігається у вигляді технічного їдкого натру (масова частка NaOH 42 %). 42 %-ий розчин гідроксиду натрію відровідає вимогам ГОСТу Р 55062-2012. Його характеристики наведені у таблиці 2.7 [17]. Для регенерації готується 4 %-ий розчин гідроксиду натрію.

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк. 25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 2.6 – Характеристика сульфатної кислоти

Найменування	Норма
Масовачастка моногідрату (H_2SO_4), %	Не менше 92
Масовачастка заліза (Fe), %, не більше	0,02
Масовачастка залишку після прокалювання, %, не більше	0,05
Масовачастка оксидів азоту (N_2O_3), %, не більше	Не нормується
Масовачастка нітросполук, %, не більше	Не нормується
Масовачастка арсену (As), %, не більше	Не нормується
Масовачастка хлорвміснихсполук (Cl), %, не більше	Не нормується
Масовачастка свинцю (Pb), %, не більше	Не нормується
Прозорість	Не нормується

Таблиця 2.7 – Характеристика технічного гідроксиду натрію

Найменування	Норма
Зовнішній вигляд	Прозора рідина без кольору
Масова частка гідроксиду натрію, %, не менше	42,0
Масова частка карбонату натрію, %, не більше	0,5
Масова частка хлориду натрію, %, не більше	0,05
Масова частка заліза в перерахунку на Fe_2SO_3 , %, не більше	0,0015
Сума масових часток оксидівзаліза, алюмінія, %, не більше	0,02
Масова частка кремнієвої кислоти в перерахунку на SiO_2 , %, не більше	0,008
Масова частка сульфата натрія, %, не більше	0,03
Сума масових часток кальція та магнія в перерахунку на Ca, %, не більше	0,003
Масова частка хлорату натрія, %, не більше	0,01
Сума масових часток важких металів, що осаджуються H_2S , в перерахунку на Pb, %, не більше	0,003
Масова частка ртуті, %, не більше	0,0005
Масова частка нікелю, %, не більше	Не нормується

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-

ХН 2114 1440 001 ПЗ

Арк.

26

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

3.1 Загальні положення про іонний обмін

ІО – це специфічний випадок сорбції заряджених частинок (іонів), коли поглинання одного іона супроводжується виходом в розчин іншого іона, що входить до складу сорбенту. При цьому іон, присутність якого у воді є небажаною, фіксується на сорбенті. Таким чином, відбувається еквівалентне “заміщення” одних іонів на інші. Сорбенти, що працюють за таким механізмом, називаються іонообмінними матеріалами або іонітами [18]. Відповідно до знаку заряду іонів, які обмінюються, розрізняють катіоніти і аніоніти.

Основними особливостями іонообмінних процесів є:

1. Стехіометричність. Обмін протиіонів на іони того ж заряду, що є в розчині, відбувається суто у відповідності з принципом еквівалентності.

2. Оборотність. Іонообмінні реакції протікають до стану рівноваги, по досягненню якого, отримана іонна форма іонообмінної смоли може бути від-регенерована, тобто переведена у вихідну.

3. Багатостадійність. Процес ІО можна розглядати як послідовне протікання зовнішньої дифузії іона, що обмінюється, всередину зерна іонообмінної смоли, власне обмін на протиіон і дифузії протиіона в розчин.

Суть процесу полягає у фільтруванні води через шар іоніту. При цьому іоніт знаходиться, найчастіше, у вигляді нерухомого шару. використовуються також апарати з іонітом в рухомому шарі. Таким чином, іонний обмін - це сорбційний процес, що супроводжується хімічною реакцією, і протікає на іонному рівні. Визначальними є сили хімічної взаємодії реакцій, а не сили адсорбції.

При іонному обміні в апаратах фільтруючого шару виділяють 4 стадії:

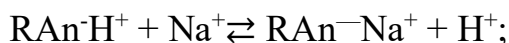
1) фільтрування води - власне іонний обмін;

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

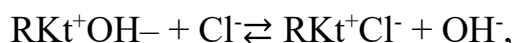
- 2) розпушування шару іоніту;
- 3) регенерація іоніту;
- 4) відмивання іоніту від регенераційних розчинів.

Процеси іонного обміну на іонітах можна проілюструвати наступними реакціями [19]:

- катіонний обмін:



- аніонний обмін:



де R – каркас іоніту, який містить іоногенну групу An⁻ або Kt⁺, яка обумовлює заряд каркасу; H⁺ і OH⁻ – протиіони.

Основною характеристикою якості іонообмінника є його ОЄ, тобто активність, яка визначається числом функціональних груп каркасу іоніту та ступенем їх іонізації [19]. Іонообмінну здатність іонітів характеризують статичною і динамічною обмінною ємністю іоніту (відповідно СОЄ і ДОЄ).

СОЄ — це кількість функціональних іоногенних груп, що припадають на одиницю маси або об'єму іоніту. За динамічних умов, тобто під час фільтрування розчину крізь шар іоніту до проскоку у фільтрат іонів, які вилучаються, використовується лише частина статичної ємності йоніту — так звана динамічна обмінна ємність до проскоку (ДОЄ_{1ф}). Після проскоку іонів у розчин концентрація їх у фільтраті поступово підвищується і досягає вихідної концентрації цих іонів у розчині. При цьому ємність йоніту досягає повної динамічної ємності (ПДЄ). Оскільки динамічна ємність залежить від концентрації іонів у воді та швидкості фільтрування води, коефіцієнта масообміну і довжини зони масообміну, вона також не дорівнює статичній ємності [10].

Іоніти в звичайному розумінні - це тверді, зернисті, порошкоподібні, формовані чи волокнисті, їм притаманна механічна міцність, хімічна стійкість. Це нерозчинні речовини, що містить в своєму складі функціональні (іоногенні) групи, здатні до іонізації та обміну іонами з електролітами. При іонізації функціональних груп утворюються два різновиди іонів [20]:

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

1) фіксовані іони, закріплені на каркасі (матриці) іоніту і не здатні покинути фазу іоніту і перейти в зовнішній розчин;

2) протиіони (обмінні іони) іоніта, еквівалентно рівні фіксованим іонам, але протилежні їм за знаком, здатні перейти в зовнішній розчин в обмін на строго еквівалентну кількість інших іонів того ж знака, що надходять в іоніт із зовнішнього розчину (обмінних іонів розчину).

За своєю структурою іоніти - ВМС - полімери, які отримують полімеризацією або поліконденсацією. За своєю будовою іоніти мають гелеподібну структуру, яку механічно подрібнюють. За хімічним складом - це полімери, які мають обмінні функціональні групи. Полімерний каркас - матриця і іоногенні групи. Функціональні групи: HCl , H_2SO_4 , H_3PO_4 , первинні, вторинні аміногрупи тощо.

3.2 Фізико-хімічні основи іонного обміну

Стан рівноваги йонного обміну за статичних умов описується рівнянням Нікольського. Якщо в системі відбувається обмін йонів із валентністю Z_i , що знаходяться в іоніті, на йони j із валентністю Z_j , то умови рівноваги можна записати так [10]:

$$Z_j \cdot \bar{i}^{Z_i} + Z_i \cdot j^{Z_j} \leftrightarrow Z_i \cdot \bar{j}^{Z_j} + Z_j \cdot i^{Z_i} \quad (3.1)$$

У цьому разі рівняння Нікольського набуває вигляду:

$$\frac{(q_i)^{1/Z_i}}{(q_j)^{1/Z_j}} = \bar{K}_{ij} \frac{(c_{if}i)^{1/Z_i}}{(c_{jf}j)^{1/Z_j}}, \quad (3.2)$$

де q і C — концентрації йонів, що обмінюються; i та j — відповідно вміст йонів у іоніті та в розчині; f — коефіцієнт активності йонів i та j у рідкій фазі; K — константа Нікольського; Z_i , Z_j — відповідно валентності йонів, що обмінюються.

Іноді рівняння (3.2) записують у такому вигляді:

$$\frac{(q_i)^{Z_j}}{(q_j)^{Z_i}} = \bar{K}_{ij} \frac{(c_{if}i)^{1/Z_j}}{(c_{jf}j)^{1/Z_i}}, \quad (3.3)$$

У разі обміну одновалентних йонів рівняння (3.3), в якому K_{ij} — концентраційна константа, набуває вигляду:

$$\bar{K}_{ij} = q_i C_j / q_j C_i \quad (3.4)$$

Після ділення чисельника і знаменника на добуток $C_0 \cdot q_0$, в якому $C_0 = C_i + C_j$ і $q_0 = q_i + q_j$, рівняння (3.4) запишемо як:

$$\bar{K}_{ij} = \theta_i \varphi_j / (\theta_j \varphi_i) \quad (3.5)$$

де $\theta_i = q_i / q_0$, $\theta_j = q_j / q_0$ — відносні концентрації йонів i і j , що обмінюються в фазі іоніту; $\varphi_i = C_i / C_0$ і $\varphi_j = C_j / C_0$ — відносні концентрації йонів у системі, що містить два види йонів i та j , враховуючи $\theta_i + \theta_j = 1$; $\varphi_i + \varphi_j = 1$.

Тоді рівняння (3.5) можна записати:

$$\theta_j = \frac{\varphi_j}{\bar{K}_{ij} + \varphi_j - K_{ij} \varphi_j} \quad (3.6)$$

Рівняння (3.6) після заміни $\bar{K}_{ij} = 1 / \bar{K}_{ji}$ перетворюється на відоме з теорії адсорбції рівняння ізотерми обмінної адсорбції

$$\theta_j = \frac{\bar{K}_{ij} \varphi_j}{1 + (\bar{K}_{ij} - 1) \varphi_j} \quad (3.7)$$

яке за $\bar{K}_{ij} \gg 1$ перетворюється на рівняння опуклої ізотерми адсорбції Ленгмюра, а за $\bar{K}_{ij} \ll 1$ — на рівняння ввігнутої ізотерми:

$$\theta_j = \frac{\bar{K}_{ij} \varphi_j}{1 - \varphi_j} \quad (3.8)$$

Рівність $\bar{K}_{ij} = 1$ приводить до лінійної ізотерми:

$$\theta_j \cong \varphi_j \quad (3.9)$$

Можливість застосування методів адсорбції до хімічної рівноваги в системі іоніт — розчин електроліту привело до застосування ізотерм іонного обміну (3.7) - (3.9). Константа ізотерми іонного обміну обернено пропорційна концентраційній константі:

$$\bar{K}_{ij} = 1 / \bar{K}_{ji} \quad (3.10)$$

Константи концентраційна та ізотерми адсорбції є безрозмірними величинами лише у разі обміну одно- або різновалентних йонів. Якщо відбувається обмін різновалентних йонів, їх розмірність визначають за рівнянням (3.3).

Зазвичай концентрацію іоніту у твердій фазі виражають у мг-екв/г, а у фазі розчину — в мг-екв/мл. У цьому разі одиниця константи ізотерми обміну різновалентних йонів буде $(\text{г/мл})^{(1/Z_i)-(1/Z_j)}$, а обернена їй концентраційна — $(\text{г/мл})^{(1/Z_j)-(1/Z_i)}$.

Використовуючи вираз для концентраційних констант обміну, можна показати принципову неможливість заповнення всіх функціональних груп іоніту лише одним видом протийонів. Якщо в рівняння (3.4) ввести поняття рівної обмінної ємності $q_0 = q_i + q_j$ і загальної концентрації розчину електrolіту $C_0 = C_i + C_j$, то

$$q_0 = q_i \left(1 + \frac{C_0 - C_i}{\bar{K}_{ij} C_i} \right). \quad (3.11)$$

З рівняння (3.11) випливає, що для кінцевих значень $\bar{K}_{ij}$ і C_i рівність між q_0 і q_i можлива лише тоді, коли $C_0 = C_i$, тобто коли у розчині, який перебуває у стані рівноваги з іонітом, буде ще один іон i . В цьому разі рівновага (3.3) відсутня, оскільки в системі іонів j немає не тільки в розчині, але і в іоніті. Отже, в реальній системі за будь-якої дуже зміщеної рівноваги іоніт завжди міститиме два види протийонів. Зменшити вміст другого іона в іоніті та звести його практично до нуля можна кількома прийомами, наприклад безперервним виведенням із сфери реакції іонів, які виділяють з іоніту (іони Гідрогену можуть міцно зв'язуватися з іонами гідроксилу в молекулі води). Під час очищення води на іонітових фільтрах рівновага обміну зміщується завдяки безперервному виведенню зі сфери реакції потоком води іонів, що виділяються з іоніту.

3.3 Кінетика іонного обміну

Кінетика іонообмінного процесу очищення води, як і будь-якого іншого гетерогенного процесу, що здійснюється на межі поділу фаз, включає такі основні стадії:

- надходження іонів з водного розчину до зовнішньої поверхні зерен іоніту (зовнішня дифузія іонів забрудника);

- перенесення іонів усередині зерна до іоногенних функціональних груп (внутрішня дифузія);
- хімічна реакція іонного обміну;
- перенесення протиіонів функціональних груп, що витискуються, до поверхні зерен іоніту (внутрішня дифузія протиіонів);
- перенесення протиіонів від поверхні іоніту в об'єм розчину (зовнішня дифузія протиіонів).

Швидкість усього процесу визначає найповільніша стадія.

Кінетика хімічної реакції описується рівнянням [10]:

$$-dc/d\tau = K \cdot (C_\tau - C_\infty), \quad (3.12)$$

або в інтегральному вигляді:

$$\lg(C_\tau - C_\infty) = \lg(1 - F) = -K \cdot \tau / 2,303, \quad (3.13)$$

де C_τ і C_∞ – відповідно концентрація сорбованого іона в момент τ та після встановлення рівноваги; $F = \theta/\theta_\infty$ – ступінь обміну, або ступінь досягнення рівноваги; K – коефіцієнт масоперенесення, який визначається графічно як тангенс кута нахилу початкової лінії ділянки кривих:

$$K = -d\lg(1-F)/d\tau. \quad (3.14)$$

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

Якщо процес лімітується зовнішньою дифузією, то:

$$\lg(1-F) = -\beta \cdot \tau / 2.303, \quad (3.15)$$

де $\beta = 3D_n/r_0\delta K_p$ — константа швидкості (кінетичний коефіцієнт; його визначають графічно з кінетичних кривих).

Коефіцієнт дифузії через плівку D_n визначають за рівнянням

$$D_n = 0,333 \cdot \beta \cdot r_0 \cdot \delta \cdot K_p \quad (3.16)$$

де r_0 – радіус зерна іоніту; δ – товщина плівки, яка вкриває зерно іоніту; K_p – коефіцієнт розподілу сорбувальних іонів.

Товщина плівки залежить від режиму течії розчину і зазвичай змінюється від 10 до 100 мкм, іноді (за турбулентного режиму) досягає 1 мкм. Знаючи D_n , можна визначити тривалість півообміну в разі зовнішньої дифузії:

$$\tau_{1/2}=0,23 \cdot r_0 \cdot \delta \cdot K_p / D_n.(3.17)$$

Виходячи зі значень $\tau_{1/2}$, вибирають тип іоніту та визначають оптимальний розмір зерен, тривалість контактування розчину з іонітом, швидкість пропускання розчину і продуктивність іонообмінного апарата.

Якщо лімітуючою стадією є зовнішня дифузія, то іонообмінний процес можна інтенсифікувати підвищенням швидкості протікання очищуваної води, застосуванням дрібніших зерен іоніту та підвищенням температури розчину.

Приблизний розрахунок кінетики іонообмінного процесу на кулеподібному зерні в разі лімітування внутрішньої дифузії за умови сталості концентрації іонів у розчині проводять за формулою:

$$F = 1 - \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\exp\left(-\frac{D_r r \pi^2 n^2}{r^2}\right)}{n^2}, \quad (3.18)$$

де $\frac{D_r r \pi^2}{r^2} = B$ — кінетичний коефіцієнт; D_r — коефіцієнт гелевої (внутрішньої) дифузії. Отже, величина F залежить лише від безрозмірного параметра $B\tau$ і характеризує швидкість процесу.

Якщо лімітуючою стадією є гелева (внутрішня) дифузія, то залежність $B\tau = f(x)$ зображується прямою лінією з тангенсом кута нахилу B . За формулою $B = D_r n^2 / r^2$ знаходимо значення D_r . Якщо початкові ділянки лінії викривлені, то процес накладається, зовнішня дифузія і рівняння (3.18) застосовувати не можна. Тривалість півобміну для кінетики внутрішньодифузійного процесу визначають за формулою [10]:

$$\tau_{1/2} = 0,03 \cdot r_0^2 / D_r. \quad (3.19)$$

У цьому разі швидкість обміну не залежить від концентрації іонів, які видаляють, і відповідно від швидкості фільтрування або перемішування води. Визначальними є стеричні фактори у зерні йоніту. Гелева дифузія зазвичай спостерігається під час регенерації іонітів та очищення стічних вод, у яких концентрація сорбованих іонів понад 0,1 моль/дм³. Під час очищення природних і стічних вод з концентрацією сорбованих іонів 0,003 - 0,1 моль/дм³ зде-

більшого спостерігається змішана кінетика обміну, для якої кількісну теорію поки що не встановлено.

Якщо лімітуючою стадією ІО є внутрішня дифузія, то процес можна інтенсифікувати підвищенням швидкості пропускання очищуваної води і збільшенням концентрації сорбованих йонів. Для цього застосовують іоніти з великою пористістю і набряканням та меншим розміром зерен.

Обробляючи іоніт потоком води (динамічні умови), можна звести вміст інших іонів у іоніті практично до нуля. Динамічні умови можна здійснити фільтруванням очищуваної води крізь стаціонарний шар зернистого іоніту в напрямі знизу вгору і навпаки, крізь гідродинамічно затиснутий шар іоніту, крізь завислий шар іоніту або крізь шар іоніту, що переміщується протитечею.

Гідродинамічні характеристики іоніту залежать від його щільності, порозності та гідравлічного опору. Останній залежить від розміру і форми зерен іоніту, його іонної форми, щільності набряклих зерен тощо. Властивості потоку очищуваної води крізь шар іоніту визначаються його в'язкістю, густиною і швидкістю.

Закономірності динаміки при роботі нерухомого шару іоніта також підпорядковуються моделі пошаровим відпрацюванням іоніта і при дослідженні вихідної кривої можна використовувати закономірності адсорбції.

3.3 Регенерація іонітів

Після заміни обмінних іонів іоніту іонами розчинених у воді електролітів іоніт виснажується і втрачає здатність обмінювати іони. Регенерація іонітів, тобто відновлення їх обмінної ємності, досягається фільтруванням через шар виснажених іонітів регенераційних розчинів, в якості яких застосовують:

- при Na-катіонуванні – NaCl;
- при NH₄⁺- катіонуванні – NH₄Cl;
- при H-катіонуванні – HCl, розбавлений розчин H₂SO₄;

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

- при ОН-аніонуванні – NaOH, NH₄OH;
- при CO₃-аніонуванні - Na₂CO₃, NaHCO₃.

Найчастіше іоніти завантажуються у стандартні напірні фільтри, які застосовуються на станціях хімічного водоочищення.

Регенерація іоніту проводиться в три послідовних етапи:

1 – розпушування завантаження іонообмінного фільтру при подачі розпушуючої води зверху вниз;

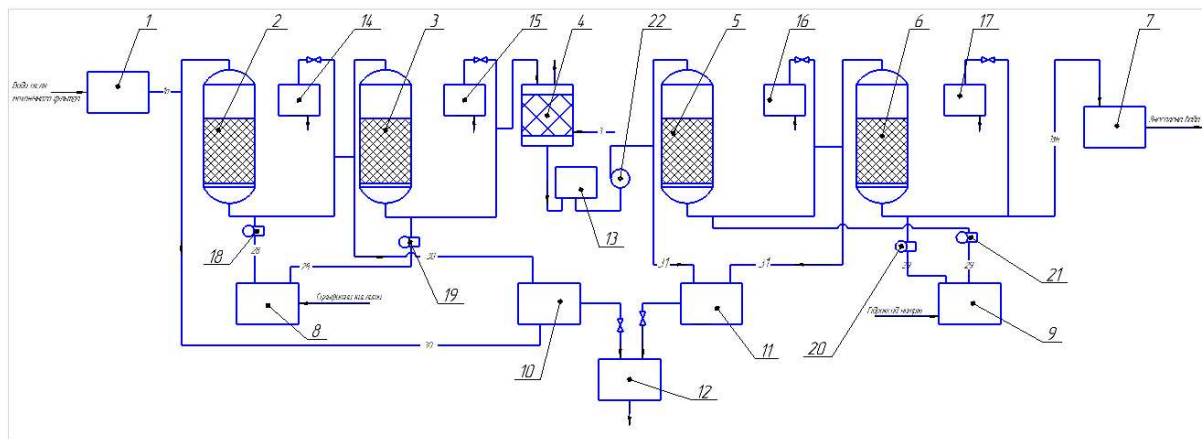
2 – пропуск регенераційного розчину (власне регенерація). Залежно від того, як пропускається через фільтр регенераційний розчин, фільтри можуть бути:

- паралельноточні, в яких оброблювана вода і регенераційний розчин пропускаються через фільтр в одному напрямі;
- протиточні, в яких вода і регенераційний розчин пропускаються через фільтр у протилежних напрямках;

3 – відмивання завантаження фільтру від регенераційного розчину і продуктів регенерації.

4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ЗНЕСОЛЕННЯ ВОДИ НА ІОНІТОВИХ ФІЛЬТРАХ

Схема знесолення іонообмінним методом наведена на рисунку 4.1.



1 – бак освітленої води; 2 – Н-катіонітовий фільтр 1-ої ступені; 3 – Н-катіонітовий фільтр 2-ої ступені; 4 – декарбонізатор; 5 – аніонітовий фільтр 1-ої ступені; 6 – аніонітовий фільтр 2-ої ступені; 7 – бак знесоленої води; 8 – бак регенераційної кислоти; 9 – бак регенераційного лугу; 10 – бак кислих вод; 11 – бак лужних вод; 12 – бак-нейтралізатор; 13 – бак декарбонізованої води; 14-17 – баки для промивання фільтрів, 18,19 – насоси-дозатори кислоти, 20,21 – насоси-дозатори лугу, 22 – насос декарбонізованої води

Рисунок 4.1 – Технологічна схема знесолення води на іонообмінних фільтрах

Воду подають з баку освітленої води 1 на катіонітовий фільтр першої ступені 2, завантажений слабо кислим катіонітом КУ-2-8. Після Н-катіонітових фільтрів першої ступені вода надходить на Н-катіонітові фільтри II ступені 3. В них відбувається обмін усіх катіонів, що містяться в освітленій воді, на катіон водню. Воднево-катіонітові фільтри регенеруються сульфатною кислотою.

При протіканні води через Н-катіонітові фільтри в процесі розкладання гідрокарбонатних солей виділяється вуглекислота, що видаляється в спеціальному дегазаторі 4 продуванням через воду повітря і розбризкуванням води. Струмені води стікають по насадці декарбонізатора зверху вниз, а назустріч їм вентилятором подається повітря, що несе разом із власним потоком і пухирці вуглекислого газу.

Декарбонізована вода збирається в баці 13, звідки насосом 22 подається на аніонітовий фільтр першої ступені 4, що завантажений слабоосновним аніоном АН-31. Після цього вода надходить на ОН-аніонітовий фільтр другої ступені 6, що завантажений сильноосновним аніоном. В аніонітових фільтрах відбувається обмін аніонів всіх кислот на гідроксильну групу ОН⁻. Регенерацію аніонітових фільтрів проводять за допомогою розчину їдкого натру.

Знесолена вода збирається в баці знесоленої води 7, звідки спрямовується в котельне відділення.

Регенераційний розчин кислоти надходить з баку 8 насосами-дозаторами 18 та 19, а регенераційний розчин лугу – з баку 9 насосами-дозаторами 20 та 21. Кислі регенераційні води після всіх катіонітових фільтрів збирають у баці кислих вод 10, а лужні води – у баці лужних вод 11. Нейтралізація кислих і лужних вод відбувається в баці-нейтралізаторі 12.

Вода для відмивання та розпушення фільтрів подається з баків для промивних вод 14, 15, 16, 17. Води після розпушення і промивання після всіх іонітних фільтрів разом з нейтралізованими регенераційними водами спрямовуються в освітлювач, що знаходиться у відділенні попереднього очищення.

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

5 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ

5.1 Розрахунок аніоніта II ступені

Склад вихідної води, яка надходить до катіонітового фільтру I ступені, мг-екв / дм³;

- $[\text{Na}^+] - 0,75$;
- $[\text{Ca}^{2+}] - 6,2$;
- $[\text{Mg}^{2+}] - 0,4$;
- $[\text{Cl}^-] - 1,3$;
- $[\text{SO}_4^{2-}] - 4,2$;
- $[\text{SiO}_3^{2-}] - 0,2$;
- $[\text{CO}_3^{2-}] - 0,8$.

Продуктивність установки 120 м³/год.

Аніонітовий фільтр другої ступені призначений для поглинання з частково знесоленої води аніонів вуглекислоти, кремнієвої кислоти, що залишилися, а також залишків аніонів сильних кислот, що проскочили через аніонітів фільтр першої ступені.

Необхідна площа фільтрування при швидкості фільтрування 30 м/год визначається за формулою:

$$F = Q / w = 120 / 30 = 4 \text{ м}^2.$$

Приймаємо стандартний фільтр $D = 2600$ мм, $h_{\text{ш}} = 1,5$ м, $f = 5,3 \text{ м}^2$ [1].

Кількість фільтрів розраховують за формулою:

$$n = F / f = 4 / 5,3 = 0,75 \approx 1+1 \text{ резервний}.$$

Тоді дійсна швидкість фільтрування розраховується за формулою:

$$W_{\text{д}} = Q / f / n = 100 / 5,3 / 2 = 11,32 \text{ м/год}.$$

Як завантажений матеріал використовують сильноосновний аніоніт марки АН-17-8. Його обмінна ємність $E_{\text{ан}} = 650$ г-екв/м³.

Кількість аніоніту АН-17-8, яку необхідно завантажити у фільтри, у тому числі й у резервний, визначають за формулою [2]:

$$V_{\text{ан. вол.}} = Q_{\text{доб.}} \cdot (\text{SiO}_3^{2-} + \text{CO}_3^{2-}) / E_{\text{ан.}}$$

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

де $Q_{\text{доб.}}$ – добова продуктивність фільтра;

$$Q_{\text{доб.}} = 24 \cdot 120 + 24 \cdot 120 / n = 4320 \text{ м}^3/\text{доб};$$

SiO_3^{2-} і CO_3^{2-} - концентрації іонів SiO_3^{2-} і CO_3^{2-} у воді, мг-екв /дм³;

$E_{\text{ан}}$ – обмінна ємність аніоніту, г-екв/м³.

$$V_{\text{ан.}}^{\text{вол.}} = 4320 \cdot (0,8 + 0,2) / 650 = 6,65 \text{ м}^3.$$

Об'єм аніоніту в повітряно – сухому стані визначається за формулою:

$$V_{\text{ан.}}^{\text{сух.}} = V_{\text{ан.}}^{\text{вол.}} / K_{\text{ан.}}^{\text{наб.}} = 6,65 / 2,24 = 2,97 \text{ м}^3,$$

де $K_{\text{ан.}}^{\text{наб.}}$ – коефіцієнт набряку аніоніту.

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

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

де $\rho_{\text{ан.}}^{\text{сух.}}$ – насипна густина аніоніту, т / м³;

$$M_{\text{ан.}}^{\text{сух.}} = 2,97 \cdot 0,74 = 2,2 \text{ т.}$$

Тривалість фільтрування визначають за формулою:

$$\tau = f_a \cdot h_{\text{ш}} \cdot E_{\text{ан}} \cdot n / Q / C ,$$

де C – концентрація іонів (SiO_3^{2-} і CO_3^{2-}), мг-екв / дм³;

$$\tau = 5,3 \cdot 1,5 \cdot 650 \cdot 2 / 120 / (0,8 + 0,2) = 86,125 \text{ год.}$$

Добове число регенерації визначають як:

$$m = 24 \cdot 2 / 86,125 = 0,56 \text{ рег./ доб.}$$

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

$$\sigma_{\text{NaOH}}^{100} = f_a \cdot h_{\text{ш}} \cdot b \cdot E_{\text{ан}} / 1000 ,$$

де b – питома витрата лугу, кг / м³.

$$\sigma_{\text{NaOH}}^{100} = 5,3 \cdot 1,5 \cdot 100 \cdot 650 / 1000 = 516,75 \text{ кг.}$$

Витрата технічного 42%-го гідроксиду натрію на одну регенерацію ($\rho = 1449 \text{ кг / м}^3$) визначають за формулою:

$$\sigma_{\text{NaOH}}^{42} = \sigma_{\text{NaOH}}^{100} \cdot 100 / 42;$$

$$\sigma_{\text{NaOH}}^{42} = 516,75 \cdot 100 / 42 = 1230,36 \text{ кг} = 0,85 \text{ м}^3.$$

Добова витрата 42% - го їдкого натрію визначаємо за формулою:

$$\sigma_{\text{NaOH}}^{\text{доб}} = \sigma_{\text{NaOH}}^{42} \cdot m;$$

$$\sigma_{\text{NaOH}}^{\text{доб}} = 1230,36 \cdot 0,56 = 685,71 \text{ кг.}$$

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Кількість 4 % - го регенераційного розчину ($\rho = 1043 \text{ кг / м}^3$ [4]), яка необхідна на одну регенерацію, визначають за формулою:

$$\sigma_{\text{NaOH}}^4 = \sigma_{\text{NaOH}}^{42} \cdot 100 / 4 ,$$

$$\sigma_{\text{NaOH}}^4 = 1230,36 \cdot 100 / 4 = 30758,93 \text{ кг} = 29,5 \text{ м}^3.$$

Кількість води на приготування регенераційного розчину:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 29,5 - 0,85 = 28,65 \text{ м}^3.$$

Тривалість пропуску регенераційного розчину при швидкості потоку $\omega = 5 \text{ м / год}$, визначають за формулою [3]:

$$t_1 = \sigma_{\text{NaOH}}^4 / f_a / \omega ,$$

$$t_1 = 29,5 / 5,3 / 5 = 1,11 \text{ год.}$$

Витрата води на відмивання при питомій витраті води $a = 9 \text{ м}^3 / \text{м}^3$ визначають за формулою:

$$V_{\text{відм.}} = f_a \cdot h_{\text{ш}} \cdot a ;$$

$$V_{\text{відм.}} = 5,3 \cdot 1,5 \cdot 9 = 71,55 \text{ м}^3.$$

Тривалість відмивання при швидкості промивного потоку $\omega = 10 \text{ м/год}$ визначають за формулою:

$$t_2 = V_{\text{відм.}} / f_a / \omega ,$$

$$t_2 = 71,55 / 5,3 / 10 = 1,35 \text{ год.}$$

Витрата води на розпушення при інтенсивності подачі води $i = 3 \text{ л/(с·м}^2)$ визначається за формулою:

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

де t_3 - тривалість розпушення, хв.;

$$V_{\text{розп.}} = 5,3 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 60 / 1000 = 9,54 \text{ м}^3.$$

Загальна тривалість регенерації визначається за формулою:

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

$$t = 1,11 + 1,35 + 10/60 = 2,63 \text{ год.}$$

Сумарна витрата води на власні потреби визначається за формулою:

$$V_{\Sigma} = V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{відм.}} + V_{\text{розп.}}$$

$$V_{\Sigma} = 28,65 + 71,55 + 9,54 = 109,74 \text{ м}^3.$$

Годинна витрата води на власні потреби визначається як:

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

$$q_{H_2O} = V_{\Sigma} \cdot m / 24;$$

$$q_{H_2O} = 109,74 \cdot 0,56 / 24 = 2,55 \text{ м}^3/\text{год.}$$

5.2 Розрахунок аніоніта I ступені

Годинна продуктивність:

$$Q = 120 + 2,55 = 122,55 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Необхідна площа фільтрування при швидкості фільтрування 20 м/год визначається за формулою:

$$F = Q / w = 122,55 / 20 = 6,13 \text{ м}^2.$$

Приймаємо стандартний фільтр $D = 3000 \text{ мм}$, $h_{\text{ш}} = 2,5 \text{ м}$, $f = 7,1 \text{ м}^2 [1]$.

Кількість фільтрів розраховують за формулою:

$$n = F / f = 6,13 / 7,1 = 0,86 \approx 1+1 \text{ резервний.}$$

Тоді дійсна швидкість фільтрування розраховується за формулою:

$$W_d = Q / f / n = 122,55 / 7,1 / 2 = 8,63 \text{ м/год.}$$

Як завантажений матеріал використовують слабоосновний аніоніт марки АН-31. Його обмінна ємність $E_{\text{ан}} = 800 \text{ г-екв/м}^3$.

Кількість аніоніту АН-31, яку необхідно завантажити у фільтри, у тому числі й у резервний, визначають за формулою [2]:

$$V_{\text{ан. вол.}} = Q_{\text{доб.}} \cdot (\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-) / E_{\text{ан.}},$$

де $Q_{\text{доб.}}$ – добова продуктивність фільтра;

$$Q_{\text{доб.}} = 24 \cdot 122,55 + 24 \cdot 122,55 / n = 4411,8 \text{ м}^3/\text{доб};$$

SO_4^{2-} і Cl^- - концентрації іонів SO_4^{2-} і Cl^- у воді, мг-екв /дм³;

$E_{\text{ан}}$ – обмінна ємність аніоніту, г-екв/м³.

$$V_{\text{ан. вол.}} = 4411,8 \cdot (4,2 + 1,3) / 800 = 30,33 \text{ м}^3.$$

Об'єм аніоніту в повітряно – сухому стані визначається за формулою:

$$V_{\text{ан. сух.}} = V_{\text{ан. вол.}} / K_{\text{ан. наб.}} = 30,33 / 2,32 = 13,07 \text{ м}^3,$$

де $K_{\text{ан. наб.}}$ – коефіцієнт набряку аніоніту.

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

$$M_{\text{ан. сух.}} = V_{\text{ан. сух.}} \cdot \rho_{\text{ан. сух.}},$$

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

де $\rho_{\text{ан.сух.}}$ – насипна густина аніоніту, т / м³;

$$M_{\text{ан.сух.}} = 13,07 \cdot 0,72 = 9,4 \text{ т.}$$

Тривалість фільтрування визначають за формулою:

$$\tau = f_a \cdot h_{\text{ш}} \cdot E_{\text{ан}} \cdot n / Q / C,$$

де C – концентрація іонів (SO_4^{2-} і Cl^-), мг-екв / дм³;

$$\tau = 7,1 \cdot 2,5 \cdot 800 \cdot 2 / 122,55 / (4,2 + 1,3) = 42,13 \text{ год.}$$

Добове число регенерації визначають як:

$$m = 24 \cdot 2 / 42,13 = 1,14 \text{ рег./доб.}$$

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

$$\sigma_{\text{NaOH}}^{100} = f_a \cdot h_{\text{ш}} \cdot b \cdot E_{\text{ан}} / 1000 ,$$

де b – питома витрата луку, кг / м³.

$$\sigma_{\text{NaOH}}^{100} = 7,1 \cdot 2,5 \cdot 100 \cdot 800 / 1000 = 1420 \text{ кг.}$$

Витрата технічного 42 %-го гвдроксиду натрію на одну регенерацію ($\rho = 1449 \text{ кг / м}^3$) визначають за формулою:

$$\sigma_{\text{NaOH}}^{42} = \sigma_{\text{NaOH}}^{100} \cdot 100 / 42 ;$$

$$\sigma_{\text{NaOH}}^{42} = 1420 \cdot 100 / 42 = 3380,95 \text{ кг} = 2,33 \text{ м}^3.$$

Добова витрата 42% - го їдкого натрію визначаємо за формулою:

$$\sigma_{\text{NaOH}}^{\text{доб}} = \sigma_{\text{NaOH}}^{42} \cdot m;$$

$$\sigma_{\text{NaOH}}^{\text{доб}} = 3380,95 \cdot 1,14 = 3851,57 \text{ кг.}$$

Кількість 4 %-го регенераційного розчину ($\rho = 1043 \text{ кг / м}^3$ [4]), яка необхідна на одну регенерацію, визначають за формулою:

$$\sigma_{\text{NaOH}}^4 = \sigma_{\text{NaOH}}^{42} \cdot 100 / 4 ,$$

$$\sigma_{\text{NaOH}}^4 = 3380,95 \cdot 100 / 4 = 84523,81 \text{ кг} = 81,04 \text{ м}^3.$$

Кількість води на приготування регенераційного розчину визначається:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 81,04 - 2,33 = 78,71 \text{ м}^3.$$

Тривалість пропуску регенераційного розчину при швидкості потоку $\omega = 5 \text{ м / год}$, визначають за формулою [3]:

$$t_1 = \sigma_{\text{NaOH}}^4 / f_a / \omega ,$$

$$t_1 = 81,04 / 7,1 / 5 = 2,3 \text{ год.}$$

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Витрата води на відмивання при питомій витраті води $a = 8 \text{ м}^3/\text{м}^3$ визначають за формулою:

$$V_{\text{відм.}} = f_a \cdot h_{\text{ш}} \cdot a ;$$

$$V_{\text{відм.}} = 7,1 \cdot 2,5 \cdot 8 = 142 \text{ м}^3.$$

Тривалість відмивання при швидкості промивного потоку $\omega = 10 \text{ м/год}$ визначають за формулою:

$$t_2 = V_{\text{відм.}} / f_a / \omega,$$

$$t_2 = 142 / 7,1 / 10 = 2 \text{ год.}$$

Витрата води на розпушення при інтенсивності подачі води $i = 3 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$ визначається за формулою:

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

де t_3 - тривалість розпушення, хв. ;

$$V_{\text{розп.}} = 7,1 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 60 / 1000 = 12,78 \text{ м}^3.$$

Загальна тривалість регенерації визначається за формулою:

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

$$t = 2,3 + 2 + 10/60 = 4,45 \text{ год.}$$

Сумарна витрата води на власні потреби визначається за формулою:

$$V_{\Sigma} = V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{відм.}} + V_{\text{розп.}}$$

$$V_{\Sigma} = 78,71 + 142 + 12,78 = 233,49 \text{ м}^3.$$

Годинна витрата води на власні потреби визначається як:

$$q_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\Sigma} \cdot m / 24;$$

$$q_{\text{H}_2\text{O}} = 233,49 \cdot 1,14 / 24 = 11,1 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Продуктивність: $Q = 122,55 + 11,1 = 133,65 \text{ м}^3/\text{год.}$

5.3 Розрахунок декарбонізатора

Продуктивність: $Q = 133,65 \text{ м}^3/\text{год.}$

Температура води – 20°C .

Вміст CO_3^{2-} у воді (карбонатна твердість), що надходить на декарбонізатор:

$$\text{CO}_3^{2-} = 1,5 \text{ мг-екв/дм}^3.$$

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Вміст CO₂ у воді, що подається на декарбонізатор:

$$C^{\text{п}}_{\text{CO}_2} = 1,5 \cdot 44 = 66 \text{ мг/дм}^3.$$

Залишковий вміст вуглекислоти у воді на виході з декарбонізатора приймають 5 мг/дм³:

$$C^{\text{д}}_{\text{CO}_2} = 5 \text{ мг/дм}^3.$$

Кількість вуглекислоти, що підлягає видаленню в декарбонізаторі:

$$G = Q \cdot (C^{\text{п}}_{\text{CO}_2} - C^{\text{д}}_{\text{CO}_2}) / 1000 = 133,65 \cdot (66 - 5) / 1000 = 8,15 \text{ кг/год.}$$

Необхідну поверхню насадки, що забезпечує заданий ефект видалення вуглекислоти, визначимо за формулою:

$$F = G / K_{\text{ж}} / \Delta C_{\text{ср}},$$

де G – кількість вуглекислоти, що підлягає видаленню в декарбонізаторі, кг/год;

$K_{\text{ж}}$ – коефіцієнт десорбції вуглекислоти, м³/(м²· год) (визначаємо з рисунка 5.10 [3]);

$\Delta C_{\text{ср}}$ – середня сила десорбції, кг/м³ (визначаємо з рисунка 5.11 [3]);

$$F = 8,15 / 0,4 / 0,02 = 1019 \text{ м}^2.$$

Визначимо об'єм насадки при безладному завантаженні кілець Рашига:

$$V = F / a = 1019 / 204 = 5 \text{ м}^3,$$

де a – питома поверхня кілець Рашига 25x25x3 мм при безладному завантаженні, м²/ м³.

Площа поперечного перерізу декарбонізатору:

$$f = Q / 60,$$

де 60 – оптимальна густина зрошення насадки м³/(м²· год);

$$f = 133,65 / 60 = 2,23 \text{ м}^2.$$

Висота насадки:

$$h = V / f = 5 / 2,23 = 2,24 \text{ м.}$$

Витрата повітря дорівнює:

$$V_{\text{пов}} = Q \cdot b,$$

де b – питома витрата повітря при насадці з кілець Рашига, приймається при знесоленні 40 м³/м³;

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

$$V_{\text{пов}} = 133,65 \cdot 40 = 5345,6 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Сумарний опір проходу повітря через декарбонізатор:

$$\Delta P = \delta \cdot h + C,$$

де δ – опір насадки з кілець Рашига 25x25x3 мм на 1 м висоти шару, мм. вод. ст.;

C – опір проходу повітря конструктивних елементів декарбонізатора, мм. вод. ст.;

$$\Delta P = 25 \cdot 2,24 + 40 = 96 \text{ мм. вод. ст.}$$

5.4 Розрахунок Н-катионітового II другої ступені

Продуктивність: $Q = 133,65 \text{ м}^3/\text{год.}$

Необхідна площа фільтрування при швидкості фільтрування 50 м/год визначається за формулою:

$$F = Q / w = 133,65 / 50 = 2,67 \text{ м}^2.$$

Кількість фільтрів розраховують за формулою:

$$n = F / f = 2,67 / 3,14 = 1,68 \approx 1 + 1 \text{ резервний.}$$

Приймаємо стандартний фільтр $D = 2000 \text{ мм}$, $h_{\text{ш}} = 1,5 \text{ м}$, $f = 3,14 \text{ м}^2$.

Тоді дійсна швидкість фільтрування визначається за формулою:

$$\omega = Q / f / n = 133,65 / 3,14 / 2 = 21,28 \text{ м/год.}$$

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

$$V_{\text{кат.}}^{\text{вол.}} = Q_{\text{доб.}} \cdot (\text{Na}^+_{\text{зал}}) / E_{\text{кат.}},$$

де $Q_{\text{доб.}}$ - добова продуктивність фільтра;

$$Q_{\text{доб.}} = 24 \cdot 133,65 + 24 \cdot 133,65 / n = 4811 \text{ м}^3/\text{доб};$$

$\text{Na}^+_{\text{зал}}$ - залишкова концентрація іонів Na^+ у воді після першої ступені, мг-екв/дм³;

$E_{\text{кат.}}$ - обмінна ємність катионіту, г-екв/м³;

$$V_{\text{кат.}}^{\text{вол.}} = 4811 \cdot 0,5 / 600 = 4 \text{ м}^3.$$

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

$$V_{\text{кат.}}^{\text{сух.}} = V_{\text{кат.}}^{\text{вол.}} \cdot K_{\text{кат.}}^{\text{наб}} = 4 / 2,06 = 1,95 \text{ м}^3,$$

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

де $K_{кат..наб}$ - коефіцієнт набрякання катіоніту .

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

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

де $\rho_{кат..сух.}$ - насипна густина катіоніту , т/м³;

$$M_{кат..сух.} = 1,95 \cdot 0,7 = 1,36 \text{ т.}$$

Тривалість фільтрування визначається за формулою:

$$\tau = f_k \cdot h_{ш} \cdot E_{ан} \cdot n / Q / C ,$$

де C - концентрація іонів Na⁺ у воді після першої ступені, мг-екв/дм³;

$$\tau = 3,14 \cdot 1,5 \cdot 600 \cdot 2 / 133,65 / 0,5 = 84,6 \text{ год.}$$

Добове число регенерації визначається за формулою:

$$m = 24 \cdot n / \tau = 24 \cdot 2 / 84,6 = 0,57 \text{ рег./доб.}$$

Витрата 100%-ої сульфатної кислоти для регенерації визначається за формулою:

$$\sigma_{H_2SO_4}^{100} = f_r \cdot h_{ш} \cdot b \cdot E_{ан} / 1000 ,$$

де b – питома витрата кислоти, кг / м³.

$$\sigma_{H_2SO_4}^{100} = 3,14 \cdot 1,5 \cdot 70 \cdot 600 / 1000 = 197,82 \text{ кг.}$$

Для приготування регенераційного розчину використовується 92%-ва сульфатна кислота ($\rho = 1824 \text{ кг/м}^3$ [6]). Її витрата на одну регенерацію розраховується за формулою:

$$\sigma_{H_2SO_4}^{92} = \sigma_{H_2SO_4}^{100} \cdot 100 / 92;$$

$$\sigma_{H_2SO_4}^{92} = 197,82 \cdot 100 / 92 = 215,02 \text{ кг} = 0,12 \text{ м}^3.$$

Добова витрата 92%-ної сульфатної кислоти визначаємо за формулою:

$$\sigma_{H_2SO_4}^{доб.} = \sigma_{H_2SO_4}^{92} \cdot m,$$

$$\sigma_{H_2SO_4}^{доб.} = 215,02 \cdot 0,57 = 122 \text{ кг.}$$

Регенерацію Н-катіонітового фільтра здійснюють 4%-вим розчином H₂SO₄ ($\rho = 1025 \text{ кг/м}^3$ [6]). Його кількість визначають як:

$$\sigma_{H_2SO_4}^4 = \sigma_{H_2SO_4}^{92} \cdot 100 / 4;$$

$$\sigma_{H_2SO_4}^4 = 215,02 \cdot 100 / 4 = 5375,54 \text{ кг} = 5,24 \text{ м}^3.$$

Кількість води на приготування 4 %-го розчину сульфатної кислоти

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

визначається як:

$$V_{H_2O} = \sigma_{H_2SO_4}^4 - \sigma_{H_2SO_4}^{92};$$
$$V_{H_2O} = 5,24 - 0,12 = 5,12 \text{ м}^3.$$

Тривалість пропускання регенераційного розчину при швидкості потоку $w_{\text{рег.}} = 5 \text{ м/год}$ [3] визначається за формулою:

$$t_1 = \sigma_{H_2SO_4}^4 / f_k / \omega,$$
$$t_1 = 5,24 / 3,14 / 5 = 0,33 \text{ год.}$$

Витрата води на відмивання визначається за формулою:

$$V_{\text{відм.}} = f_k \cdot h_{\text{ш}} \cdot a,$$

де a – питома витрата води на відмивання, $\text{м}^3 / \text{м}^3$.

$$V_{\text{відм.}} = 3,14 \cdot 1,5 \cdot 9 = 42,39 \text{ м}^3.$$

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

$$t_2 = V_{\text{відм.}} / f_a / \omega;$$
$$t_2 = 42,39 / 3,14 / 10 = 1,35 \text{ год.}$$

Витрата води на розпушення при інтенсивності подачі води $i = 3 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$ визначається за формулою:

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

де t_3 - тривалість розпушення, хв;

$$V_{\text{розп.}} = 3,14 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 60 / 1000 = 5,65 \text{ м}^3.$$

Загальна тривалість регенерації визначається за формулою:

$$t = t_1 + t_2 + t_3;$$
$$t = 0,33 + 1,35 + 10/60 = 1,85 \text{ год.}$$

Сумарна витрата води на регенерацію визначається за формулою:

$$V_{\Sigma} = V_{H_2O} + V_{\text{відм.}} + V_{\text{розп.}};$$
$$V_{\Sigma} = 5,12 + 42,39 + 5,65 = 53,16 \text{ м}^3.$$

Годинна витрата води на власні потреби визначається за формулою:

$$q_{H_2O} = V_{\Sigma} \cdot m / 24,$$
$$q_{H_2O} = 53,16 \cdot 0,57 / 24 = 1,26 \text{ м /год.}$$

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

5.5 Розрахунок Н-катіонітового фільтра I ступені

Продуктивність: $Q = 133,65 + 1,26 = 134,9 \text{ м}^3/\text{год.}$

Необхідна площа фільтрування при швидкості фільтрування 30 м/год визначається за формулою:

$$F = Q / w;$$

$$F = 134,9 / 30 = 4,5 \text{ м}^2.$$

Кількість фільтрів розраховують за формулою:

$$n = F / f = 4,5 / 5,3 = 0,85 \approx 1 + 1 \text{ резервний.}$$

Приймаємо стандартний фільтр $D = 2600 \text{ мм}$, $h_{\text{ш}} = 2,5 \text{ м}$, $f = 5,3 \text{ м}^2$.

Тоді дійсна швидкість фільтрування визначається за формулою:

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

$$\omega = 134,9 / 5,3 / 2 = 12,73 \text{ м/год.}$$

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

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

де $Q_{\text{доб.}}$ - добова продуктивність фільтра;

$$Q_{\text{доб.}} = 24 \cdot 134,9 + 24 \cdot 134,9 / n = 4856,4 \text{ м}^3/\text{доб};$$

Na^+ , Ca^{2+} і Mg^{2+} - концентрація іонів Na^+ , Ca^{2+} і Mg^{2+} у воді, мг-екв/ дм³;

$E_{\text{кат.}}$ - обмінна ємність катіоніту, г-екв/м³;

$$V_{\text{кат.}}^{\text{вол.}} = 4856,4 \cdot (0,75 + 6,2 + 0,4) / 600 = 59,5 \text{ м}^3.$$

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

$$V_{\text{кат.}}^{\text{сух.}} = V_{\text{кат.}}^{\text{вол.}} \cdot K_{\text{кат.}}^{\text{наб}} = 59,5 / 2,06 = 28,88 \text{ м}^3,$$

де $K_{\text{кат.}}^{\text{наб}}$ - коефіцієнт набрякання катіоніту .

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

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

де $\rho_{\text{кат.}}^{\text{сух.}}$ - насипна густина катіоніту , т/м³;

$$M_{\text{кат.}}^{\text{сух.}} = 28,88 \cdot 0,7 = 20,22 \text{ т.}$$

Тривалість фільтрування визначається за формулою:

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

$$\tau = f_k \cdot h_{ш} \cdot E_{ан} \cdot n / Q / C ,$$

де C - концентрація всіх катіонів;

$$\tau = 5,3 \cdot 2,5 \cdot 600 \cdot 2 / 134,9 / (0,75 + 6,2 + 0,4) = 16,04 \text{ год.}$$

Добове число регенерації визначається за формулою :

$$m = 24 \cdot 2 / 16,04 = 3 \text{ рег./ доб.}$$

Витрата 100%-ої сульфатної кислоти для регенерації визначається за формулою:

$$\sigma_{H_2SO_4}^{100} = f_r \cdot h_{ш} \cdot b \cdot E_{ан} / 1000 ,$$

де b – питома витрата кислоти, кг / м³.

$$\sigma_{H_2SO_4}^{100} = 5,3 \cdot 2,5 \cdot 70 \cdot 600 / 1000 = 556,5 \text{ кг.}$$

Для приготування регенераційного розчину використовується 92%-ва сульфатна кислота ($\rho = 1824 \text{ кг/м}^3$). Її витрата на одну регенерацію розраховується за формулою:

$$\sigma_{H_2SO_4}^{92} = \sigma_{H_2SO_4}^{100} \cdot 100 / 92;$$

$$\sigma_{H_2SO_4}^{92} = 556,5 \cdot 100 / 92 = 604,89 \text{ кг} = 0,33 \text{ м}^3.$$

Добова витрата 92 %-ої сульфатної кислоти визначаємо за формулою:

$$\sigma_{H_2SO_4}^{\text{доб.}} = \sigma_{H_2SO_4}^{92} \cdot m,$$

$$\sigma_{H_2SO_4}^{\text{доб.}} = 604,89 \cdot 3 = 1655,745 \text{ кг.}$$

Регенерацію Н-катіонітового фільтра здійснюють 2 %-вим розчином H₂SO₄ ($\rho = 1011,8 \text{ кг/м}^3$ [6]). Його кількість визначають як:

$$\sigma_{H_2SO_4}^2 = \sigma_{H_2SO_4}^{92} \cdot 100 / 2;$$

$$\sigma_{H_2SO_4}^2 = 604,89 \cdot 100 / 2 = 30244,57 \text{ кг} = 29,89 \text{ м}^3.$$

Кількість води на приготування 2 %-го розчину сульфатної кислоти визначається як:

$$V_{H_2O} = \sigma_{H_2SO_4}^2 - \sigma_{H_2SO_4}^{92};$$

$$V_{H_2O} = 29,89 - 0,33 = 29,56 \text{ м}^3.$$

Тривалість пропуску регенераційного розчину при швидкості потоку $w_{\text{рег.}} = 5 \text{ м/год}$ [3] визначається за формулою:

$$t_1 = \sigma_{H_2SO_4}^2 / f_k / \omega,$$

$$t_1 = 29,89 / 5,3 / 5 = 1,13 \text{ год.}$$

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Витрата води на відмивання визначається за формулою:

$$V_{\text{відм.}} = f_k \cdot h_{\text{ш}} \cdot a ,$$

де a – питома витрата води на відмивання, $\text{м}^3 / \text{м}^3$.

$$V_{\text{відм.}} = 5,3 \cdot 2,5 \cdot 9 = 119,25 \text{ м}^3.$$

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

$$t_2 = V_{\text{відм.}} / f_a / \omega;$$

$$t_2 = 119,25 / 5,3 / 10 = 2,25 \text{ год.}$$

Витрата води на розпушення при інтенсивності подачі води $i = 3 \text{ л/(с} \cdot \text{м}^2)$ визначається за формулою:

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

де t_3 - тривалість розпушення, хв;

$$V_{\text{розп.}} = 5,3 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 60 / 1000 = 9,54 \text{ м}^3.$$

Загальна тривалість регенерації визначається за формулою:

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

$$t = 1,13 + 2,25 + 10/60 = 3,54 \text{ год.}$$

Сумарна витрата води на регенерацію визначається за формулою:

$$V_{\Sigma} = V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{відм.}} + V_{\text{розп.}};$$

$$V_{\Sigma} = 29,56 + 119,25 + 9,54 = 158,35 \text{ м}^3.$$

Годинна витрата води на власні потреби визначається за формулою:

$$q_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\Sigma} \cdot m / 24 ,$$

$$q_{\text{H}_2\text{O}} = 158,35 \cdot 3 / 24 = 19,75 \text{ м /год.}$$

Для задоволення власних потреб установки вихідної води потрібно:

$$134,9 + 19,75 = 154,65 \approx 155 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Це складе:

$$155 \cdot 24 \cdot 365 = 1\,357\,800 \text{ м}^3/\text{рік.}$$

Отже, приймаємо до установки два катіонітові фільтри першої ступені ФІПа І-2,6-0,6 діаметром 2,6 м, загальна висота 5 м; два катіонітові фільтри другої ступені ФІПа ІІ-2,0-0,6 діаметром 2 м, загальна висота 3,5 м; два аніо-

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

нітові фільтри першої ступені ФІПа І-3,0-0,6 діаметром 3 м, загальна висота 5,2 м; два аніонітові фільтри другої ступені ФІПа ІІ-2,6-0,6 діаметром 2,6 м, загальна висота 3,9 м [1]. Декарбонізатор обираємо за продуктивністю та за карбонатною твердістю 1,5 мг-екв/ дм³ – тому беремо декарбонізатор продуктивністю 150 м³/год, діаметром 1790 мм, висотою апарата 4500 мм – шифр Б236 [5].

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

6 РОЗРАХУНОК ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

6.1 Розрахунок баків

6.1.1 Бак для освітленої води

Бак повинен забезпечити продуктивність знесолюючої установки в об'ємі::

$$V_{\text{ос.в}} = 1,3 \cdot Q = 1,3 \cdot 155 = 201,5 \text{ м}^3.$$

Приймають до установки бак знесоленої води об'ємом 300 м³ [29].

6.1.2 Бак для знесоленої води

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

$$V_{\text{знес.}} = 1,3 \cdot 2 \cdot Q = 1,3 \cdot 2 \cdot 120 = 312 \text{ м}^3.$$

Приймають до установки бак знесоленої води об'ємом 500 м³.

6.1.3 Бак декарбонізованої води

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

$$V_{\text{декарб.}} = 1,3 \cdot 2 \cdot Q = 1,3 \cdot 2 \cdot 133,65 = 347,5 \text{ м}^3.$$

Приймають до установки бак декарбонізованої води об'ємом 500 м³.

6.1.4 Бак для вод після розпушення

Усі води після розпушення зливаємо в один бак. Його об'єм:

$$V_{\text{розп}} = 1,3 \cdot \sum V_{\text{розп}_i} = 1,3 \cdot (9,54 + 12,78 + 5,65 + 9,54) = 48,8 \text{ м}^3$$

Приймаємо для установки бак об'ємом 100 м³.

6.1.5 Бак для кислих регенераційних вод

Усі кислі води після регенерації зливаємо в один бак. Його об'єм:

$$V_{\text{кисл}} = 1,3 \cdot \sum (V_{\text{кисл}_i} \cdot m_{\text{рег}}) = 1,3 \cdot (29,89 \cdot 3 + 5,24 \cdot 0,57) = 120,45 \text{ м}^3$$

Приймаємо для установки бак об'ємом 200 м³.

6.1.6 Бак для лужних регенераційних вод

Усі лужні води після регенерації зливаємо в один бак. Його об'єм:

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

$$V_{\text{лужн}} = 1,3 \cdot \sum (V_{\text{лужн}_i} \cdot m_{\text{рег}} = 1,3 \cdot (81,04 \cdot 1,14 + 29,5 \cdot 0,56) = 141,58 \text{ м}^3$$

Приймаємо для установки бак об'ємом 200 м³.

6.1.7 Бак-нейтралізатор

Для нейтралізації кислих і лужних регенераційних вод встановлюємо бак об'ємом:

$$V_{\text{нейтр}} = V_{\text{кисл}} + V_{\text{лужн}} = 120,45 + 141,58 = 262,03 \text{ м}^3$$

Приймаємо для установки бак об'ємом 400 м³.

6.1.8 Мірник для сульфатної кислоти

Необхідна ємність для збереження 92%-ої сульфатної кислоти становить:

$$V_{\text{к}}^{\text{доб}} = \sum (\sigma_{\text{к}}^{92} \cdot m_i) / \rho,$$

де $\sigma_{\text{к}}^{92}$ – витрата кислоти для кожного ступеня на регенерацію, кг;

m_i – добове число регенерацій для кожної ступені;

ρ – густина 92% - ого розчину кислоти, кг/м³.

$$V_{\text{к}}^{\text{доб}} = (215,02 \cdot 0,57 + 604,89 \cdot 3) / 1824 = 1,06 \text{ м}^3.$$

Ємність мірника для добового запасу кислоти з урахуванням коефіцієнта запасу:

$$V_{\text{к}} = 1,3 \cdot V_{\text{к}}^{\text{доб}} = 1,3 \cdot 1,06 = 1,4 \text{ м}^3.$$

Приймаємо до установки мірник міцної соляної кислоти об'ємом 5 м³.

Місячний запас кислоти:

$$V_{\text{міс}} = V_{\text{к}} \cdot 30 = 1,4 \cdot 30 = 41,32 \text{ м}^3.$$

Приймаємо до установки бак для зберігання кислоти об'ємом 50 м³.

6.1.9 Мірник для міцного лугу

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

$$V_{\text{л}}^{\text{доб}} = \sum (\sigma_{\text{л}}^{42} \cdot m_i) / \rho,$$

де $\sigma_{\text{л}}^{42}$ – витрата лугу для кожного ступеня на регенерацію, кг;

m_i – добове число регенерацій для кожної ступені;

ρ – густина 42% - ного розчину лугу, кг/м³ [4].

$$V_{\text{л}}^{\text{доб}} = (1230,36 \cdot 0,56 + 3380,95 \cdot 1,14) / 1449 = 3,13 \text{ м}^3.$$

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Ємність мірника для добового запасу лугу з урахуванням коефіцієнта запасу:

$$V_{\text{л}} = 1,3 \cdot V_{\text{л}^{\text{доб}}} = 1,3 \cdot 3,13 = 4,07 \text{ м}^3.$$

Приймаємо до установки мірник міцного лугу об'ємом 5 м³.

Місячний запас лугу:

$$V_{\text{міс}} = V_{\text{л}} \cdot 30 = 4,07 \cdot 30 = 122,12 \text{ м}^3.$$

Приймаємо до установки бак для зберігання лугу об'ємом 200 м³.

6.2 Розрахунок насосів та вентилятора

6.2.1 Розрахунок насоса для декарбонізованої води

Необхідно підібрати насос для перекачування води при температурі 20°C з баку в апарат, що працює під надлишковим тиском 0,6 МПа. Геометрична висота підйому води 2,5 м. Довжина трубопроводу на лінії всмоктування 2 м, на лінії нагнітання 3 м. На лінії нагнітання є 2 відведення під кутом 90° з радіусом повороту, рівним 6 діаметрам труби, і 2 нормальних вентиля. На всмоктувальній ділянці трубопроводу встановлено 2 відведення під кутом 90° з радіусом повороту, рівним 6 діаметрам труби, і 2 прямооточних вентиля. Розрахунок проводимо за [7].

Продуктивність фільтру $Q = 133,65 \text{ м}^3/\text{год} = 0,037 \text{ м}^3/\text{с}$.

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

$$d = \sqrt{4Q/(\pi\omega)} = \sqrt{4 \cdot 0,037 / (3,14 \cdot 2)} = 0,154 \text{ м}.$$

Приймаємо сталевий трубопровід ВГП 150x4,5. Фактична швидкість води в трубі:

$$\omega = 4Q/(\pi d^2) = 4 \cdot 0,037 / (3,14 \cdot 0,15^2) = 2,1 \text{ м/с}.$$

Приймають, що трубопровід сталевий, корозія незначна.

Визначимо втрати на тертя і місцеві опори. Знаходимо критерій Рейнольдса:

$$\text{Re} = \omega d \rho / \mu = 2,1 \cdot 0,15 \cdot 998 / (1,005 \cdot 10^{-3}) = 31543,2,$$

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк. 54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

де μ - динамічна в'язкість води, Па·с.

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

$$e = \Delta / d = 2 \cdot 10^{-4} / 0,15 = 0,0013$$

Далі одержують:

$$560 \cdot 1 / e = 420000; \quad 10 \cdot 1 / e = 7500; \quad 7500 < Re < 420000.$$

Таким чином в трубопроводі має місце змішане тертя (виконується умова $10 \cdot 1 / e < Re < 560 \cdot 1 / e$) і розрахунок λ слід проводити за формулою:

$$\lambda = 0,11(e + 68 / Re)^{0,25} = 0,11(0,0013 + 68 / 315432)^{0,25} = 0,022.$$

При значеннях $Re > 560 \cdot 1 / e$: $\lambda = 0,11e^{0,25}$.

Визначають 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 $d = 0,15$ м; $\xi_\alpha = 0,42$,
- 3) відведення: коефіцієнт $A = 1$, коефіцієнт $B = 0,09$; $\xi_3 = 0,09$.

Сума коефіцієнтів місцевих опорів у всмоктувальній лінії:

$$\Sigma \xi = \xi_1 + 2 \cdot \xi_2 + 2 \cdot \xi_3 = 0,5 + 0,84 + 0,18 = 1,52.$$

Втрачений напір у всмоктувальній лінії знаходять за формулою:

$$h_{\pi} = \left(\lambda \frac{l}{d_e} + \sum \xi_{M.C.} \right) \frac{\omega^2}{2g},$$

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

$$h_{\pi.BC} = \left(0,022 \frac{2}{0,15} + 1,52 \right) \frac{2,1^2}{2 \cdot 9,81} = 0,41 \text{ м.}$$

Для нагнітальної лінії:

- 1) відведення під кутом 90° : $\xi_1 = 0,09$
- 2) нормальні вентиля: для $d = 0,15$ м $\xi_2 = 4,4$.
- 3) вихід з труби: $\xi_3 = 1$.

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Сума коефіцієнтів місцевих опорів в нагнітальній лінії :

$$\Sigma \xi = 2\xi_1 + 2\xi_2 + \xi_3 = 2 \cdot 0,09 + 2 \cdot 4,4 + 1 = 9,98 .$$

Втрачений напір в нагнітальній лінії:

$$h_{\text{П.НАГ}} = (0,022 \cdot 3 / 0,15 + 9,98) \cdot (2,1^2 / (2 \cdot 9,81)) = 2,38 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору знаходять за формулою:

$$h_{\text{втр}} = h_{\text{П.ВС}} + h_{\text{П.НАГ}} = 0,41 + 2,38 = 2,79 \text{ м.}$$

Далі розраховуємо напір насоса за формулою:

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

де p_1 - тиск в апараті, з якого перекачується рідина, p_2 - тиск в апараті, в який подається рідина, різниця тисків $p_2 - p_1$ дорівнює надмірному тиску, Па;
 H_{Γ} - геометрична висота підйому рідини.

$$H = 0,6 \cdot 10^6 / (998 \cdot 9,81) + 2,5 + 2,79 = 67 \text{ мм.вод.ст.}$$

Необхідний напір при заданій продуктивності забезпечується відцентровими насосами.

Корисна потужність насоса розраховується за формулою:

$$N_{\text{П}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = 998 \cdot 9,81 \cdot 0,043 \cdot 67 = 24380,53 \text{ Вт} = 24,38 \text{ кВт.}$$

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:

$$N = N_{\text{П}} / (\eta_{\text{Н}} \cdot \eta_{\text{ПЕР}}) = 24,38 / (0,6 \cdot 1) = 41 \text{ кВт}$$

Заданим подачі і напору більше всього відповідає відцентровий насос марки Х 90/85, для якого $Q = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$, $H = 70 \text{ м}$, $\eta_{\text{Н}} = 0,65$. Насос забезпечений електродвигуном АО2-82-2 номінальною потужністю $N_{\text{Н}} = 55 \text{ кВт}$, $\eta_{\text{ДВ}} = 0,9$. Частота обертання валу $n = 48,3 \text{ с}^{-1}$.

6.2.2 Насоси - дозатори розчину NaOH

На одну регенерацію кожного із двох аніонітових фільтрів першої ступені потрібно подати $2,33 \text{ м}^3$ розчину NaOH. Приймаємо до установки два насоси – дозатори типу НД 2500/10, продуктивністю $2,5 \text{ м}^3 / \text{год}$, напір нагнітання 100

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

мм.вод.ст. з електродвигуном ВАО – 32 – 4, продуктивністю 3 кВт, а також один резервний [9].

На одну регенерацію кожного із двох аніонітових фільтрів другої ступені потрібно подати 0,85 м³ розчину NaOH. Приймаємо до установки два насоси – дозатори типу НД 1000/10, продуктивністю 1 м³/год, напір нагнітання 100 мм.вод.ст. з електродвигуном ВЛО – 31 – 4, продуктивністю 2,2 кВт, а також один резервний [9].

6.2.3 Насоси – дозатори розчину H₂SO₄

На одну регенерацію кожного із двох каніонітових фільтрів I ступеня потрібно подати 0,33 м³ розчину H₂SO₄. Приймаємо до установки два насоси – дозатори типу НД 400 / 16, продуктивністю 0,4 м³ / год, напір нагнітання 160 мм.вод.ст. з електродвигуном ВАО – 21 – 4, продуктивністю 1,1 кВт, а також один резервний [9].

На одну регенерацію кожного із двох каніонітових фільтрів II ступеня потрібно подати 0,12 м³ розчину H₂SO₄. Приймаємо до установки два насоси – дозатори типу НД 400 / 16, продуктивністю 0,4 м³ / год, напір нагнітання 160 мм.вод.ст. з електродвигуном ВАО – 21 – 4, продуктивністю 1,1 кВт, а також один резервний [9].

6.2.4 Вентилятор для декарбонізатора

Вентилятор для декарбонізатора має забезпечувати витрату повітря 5345,6 м³/год та опір проходу повітря:

$$\Delta P = 96 \text{ мм. вод. ст.} = 941,45 \text{ Па.}$$

Обираємо вентилятор ВЦ 4-75 №4 продуктивністю 7000 м³/год, опором проходу повітря до 2000 Па з електродвигуном АИР132М2 потужністю 11 кВт і частотою обертання 3000 об/хв [27].

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

7 АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ

Автоматизація приводить до поліпшення основних показників ефективності виробництва: збільшення кількості, поліпшення якості та зниження собівартості виробленої продукції, підвищення продуктивності праці. Упровадження автоматичних систем керування забезпечує високу якість продукції, зменшення браку та відходів виробництва, зменшення витрат сировини й енергії, зменшення чисельності технічного персоналу, зниження капітальних витрат на будівництво споруд, подовження термінів міжремонтного устаткування, покращення екологічної ситуації [25].

7.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації

Впровадження спеціальних автоматичних пристроїв сприяє безаварійній роботі устаткування, виключає випадки травмування. Виходячи з особливостей перебігу процесу знесолення води на іонітових фільтрах (детальний опис схеми наведено у розділі 4), слід передбачити такий рівень автоматизації:

- контроль рівня рідини в баках з розчинами кислоти та лугу;
- контроль і сигналізація зміни перепадів тиску на іонообмінних фільтрах;
- контроль та регулювання витрати води на розпушування та промивання фільтрів;
- контроль та регулювання витрати розчинів кислоти та лугу на регенерацію іонітів;
- контроль витрати повітря в декарбонізаторі;
- контроль та регулювання витрати води з бака освітленої води та з бака декарбонізованої води;
- контроль рН у баці-нейтралізаторі;
- контроль рН у баці знесоленої води.

Параметри регулювання та контролю подано у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Параметри регулювання та контролю виробництва

№	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування параметра, що вимірюється або регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Н-катионовий фільтр I ст.	Перепад тиску	0,3...0,35 МПа	Контроль, сигналізація
2	Н-катионовий фільтр II ст.	Перепад тиску	0,3...0,35 МПа	Контроль, сигналізація
3	Аніонітовий фільтр I ст.	Перепад тиску	0,45...0,5 МПа	Контроль, сигналізація
4	Аніонітовий фільтр II ст.	Перепад тиску	0,45...0,5 МПа	Контроль, сигналізація
5	Бак знесоленої води	Рівень	3 м	Контроль
6	Бак знесоленої води	pH	7	Контроль
7	Баки з відпрацьованими регенераційними розчинами	Рівень	3 м	Контроль
8	Бак регенераційної кислоти	Рівень	3 м	Контроль
9	Бак регенераційного луку	Рівень	3 м	Контроль
10	Перед Баком-нейтралізатором	Співвідношення витрат	-	Контроль, регулювання
11	Бак-нейтралізатор	Рівень	3 м	Контроль
12	Бак-нейтралізатор	pH	< 7	Контроль
13	Дозування кислоти	Витрата	1200 дм³/год	Контроль, регулювання
14	Дозування луку	Витрата	1000 дм³/год	Контроль, регулювання
15	Бак декарбонізованої води	Рівень	3 м	Контроль, регулювання
16	Баки промивочних вод	Рівень	2 м	Контроль, регулювання
17	Декарбонізатор	Витрата газу	40 м³/ год	Контроль
18	Бак освітленої води	Рівень	3 м	Контроль, регулювання

7.2 Опис розробленої схеми автоматизації процесу

Для нормальної роботи усього технологічного устаткування, мінімізації можливих людських помилок, збільшення продуктивності, підвищення якості продукту, стабілізації, контролю та реєстрації технологічних параметрів розроблено схему автоматизації, яка покликана вирішувати всі ці задачі.

Для контролю перепаду тиску та сигналізації в іонообмінних фільтрах розроблено відповідно контури 1, 2, 3, 4. Вони складаються з вимірювальних

перетворювачів різниці тисків (1-1, 2-1, 3-1, 4-1), вторинних показувальних та реєструвальних приладів із вбудованими пристроями сигналізації (1-2, 2-2, 3-2, 4-2). Контури включають лампи сигнальні світлодіодні із жовтим індикатором (HL1, HL2, HL3, HL4).

Контури 5 та 15 застосовують для контролю рівня в баці-нейтралізаторі та в баці знесоленої води відповідно, контури 13 та 14 – для контролю рівня розчинів кислоти та лугу в баках регенераційної кислоти та регенераційного лугу, а контури 16 – для контролю рівня в баці кислих вод. Ці контури складаються з вимірювальних пневматичних перетворювачів рівня (5-1, 15-1, 13-1, 14-1, 16-1), пневматичних показувальних та реєструвальних приладів (5-2, 15-2, 13-2, 14-2, 16-2).

Контроль та регулювання співвідношення витрат кислих та лужних вод здійснюється за допомогою контура 6, який має у своєму складі звужувальні пристрої (6-1, 7-1), пневматичні передавальні перетворювачі перепаду тиску (6-2, 7-2), пневматичний показувальний і реєструвальний прилад зі станцією керування (6-3), регулятор пневматичний пропорційно-інтегральний співвідношення (6-4), виконавчий механізм (6-5).

Контроль витрати повітря у декарбонізаторі забезпечує контур 8, до якого належать звужувальний пристрій (8-1), пневматичний передавальний перетворювач перепаду тисків (8-2), показувальний і реєструвальний прилад (8-3).

Контроль та регулювання рівня води в баках промивних вод, в баці освітленої води, в баці декарбонізованої води та в баці лужних вод здійснюють контури 9, 18, 19, 20, 21, 10, 17, які мають у своєму складі первинні пневматичні вимірювальні перетворювачі (9-1, 18-1, 19-1, 20-1, 21-1, 10-1, 17-1), прилади пневматичні вторинні показувальні (9-2, 18-2, 19-2, 20-2, 21-2, 10-2, 17-2), пневматичні регулювальні блоки (9-3, 18-3, 19-3, 20-3, 21-3, 10-3, 17-3), виконавчі механізми (9-4, 18-4, 19-4, 20-4, 21-4, 10-4, 17-4).

Контури 11, 22, 23, 24 забезпечують контроль та дистанційне керування витратами розчину кислоти та лугу. Вони складаються з таких ТЗА: первинні

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

перетворювачі витрати (11-1, 22-1, 23-1; 31-1), проміжні перетворювачі (11-2, 22-2, 23-2, 31-2), вторинні показувальні, реєструвальні прилади (11-3, 22-3, 23-3; 31-3), регулювальні блоки (11-4, 22-4, 23-4; 31-4), виконавчі механізми (11-5, 22-5, 23-5, 31-5).

У схемі є два контури 12, 25, які відповідають за контроль рН у баці зне-соленої води та у баці-нейтралізаторі. Ці контури мають такий склад: чутливі елементи заглибного виконання ДПг-4М з електродами скляними ЭСП-01-14 і регуляторами тиску РДС-1 (12-1, 25-1); перетворювачі високоомні П-215-М з цифровою індикацією результатів і пристроєм зв'язку з комп'ютером (12-2, 25-2); показувальні і реєструвальні прилади (12-3, 25-3).

Назва, тип моделі та характеристики приладів автоматизації описані у специфікації устаткування (додаток А).

У даному розділі отримано практичні знання та навички з таких питань:

- аналіз технологічного процесу з позицій автоматизації та кваліфікова-не формулювання завдання на автоматизацію технологічного процесу;
- засвоєння принципів дії та особливостей застосування основних типів первинних вимірювачів (датчиків) технологічних параметрів і вторинних приладів, а також засобів сигналізації;
- ознайомлення з алгоритмами керування та функціональними можли-востями автоматичних регуляторів;
- ознайомлення з особливостями конструкції та умовами експлуатації пристроїв безпосереднього впливу на технологічний процес (виконавчі ме-ханізми, регулювальні органи);
- читання та розроблення схем автоматизації хіміко-технологічних про-цесів на основі чинних стандартів;
- практичне відпрацювання підходів до вибору технічних засобів авто-матизації для створення систем автоматичного керування хімічними вироб-ництвами.

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

8 ЕКОНОМІКО – ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ ВИРОБНИЦТВА ЗНЕСОЛЕНОЇ ВОДИ

8.1 Схема організаційної структури підприємства

Схема організаційної структури цеху зображено на рисунку 8.1.

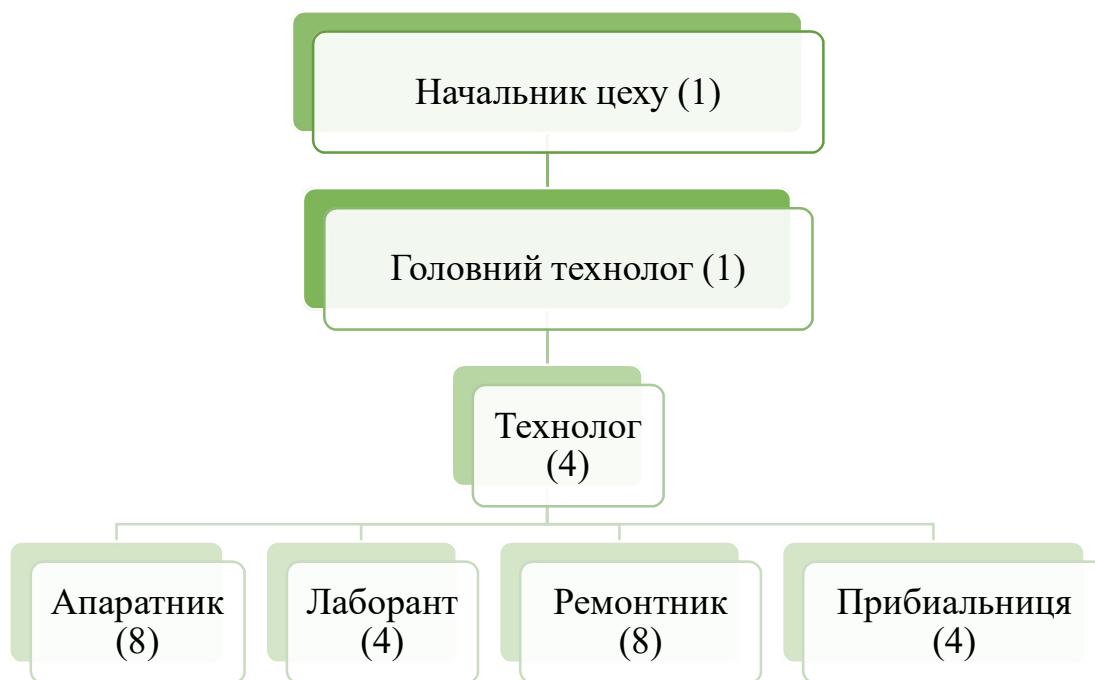


Рисунок 8.1 – Схема організаційної структури підприємства

Начальник цеху здійснює загальне керівництво виробничо-господарською діяльністю підприємства та складає та своєчасно представляє директору звітність про виробничу діяльність цеху.

Головний технолог відповідає за керівництво технологічним процесом, забезпечує виконання виробничих завдань, слідкує за технічно правильною експлуатацією обладнання та виконання графіку їх ремонту, координує роботу всіх присутніх в цеху. Також координує роботу технологів та усуває проблеми, які пов'язані з технологією процесу. Працює лише одну зміну, але у разі необхідності викликається на підприємство.

Технолог слідкує за технологічним процесом та відповідає за його роботу у необхідному режимі. У разі невідповідності технологічного процесу заданому режиму він приймає рішення щодо усунення проблем. Також технолог складає відповідну документацію, яку передає головному технологу.

Апаратник слідкує за показниками приладів, переключає фільтри на регенерацію, промивання та розпушування, слідкує за витратами реагентів. У разі порушень звертається до технолога.

Лаборант відповідає за хімічний аналіз води, що надходить до баку освітленої води, та знесоленої води. Також проводить аналіз води після кожного фільтру і за даними аналізу визначає, коли фільтр переключити на регенерацію.

Для прибирання виробничих приміщень у кожну зміну присутня прибиральниця.

Ремонтник відповідає за справність обладнання, тому виконує періодичну перевірку та ремонт у разі необхідності.

8.2 Класифікація виробничих процесів підрозділу

Виробничі процеси на підприємстві залежно від їх ролі у виготовленні продукції поділяються на наступні види: основні, допоміжні, підсобні, бічні.

До основних процесів належать:

1. Контроль води, що надходить після механічних фільтрів.
2. Пропускання води крізь Н-катіонітовий фільтр I ступені.
3. Пропускання води крізь Н-катіонітовий фільтр II ступені.
4. Пропускання води крізь декарбонізатор.
5. Пропускання води крізь аніонітовий фільтр I ступені.
6. Пропускання води крізь аніонітовий фільтр II ступені.
7. Контроль води після аніонітового фільтра II ступеня.

До допоміжних процесів належать:

1. Регенерація, промивання та розпушування всіх фільтрів.
2. Ремонт обладнання.
3. Підготовка обладнання перед запуском.

До підсобних належать – процеси, що пов'язані з обслуговування основних та допоміжних процесів та не виготовляють продукцію:

1. Закупівля реагентів для аналізу води.

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк. 63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

2. Закупівля та доставка регенераційних розчинів.
3. Транспортування вихідної води з відділення попереднього очищення трубопроводами.
4. Транспортування трубопроводами знесоленої води у подальше відділення.

До бічних належить – видалення відходів виробництва, тобто збір кислих та лужних вод після регенерації та направлення їх у відділення попереднього очищення.

8.3 Організація технічного обслуговування і ремонту обладнання

Система планово-попереджувальних ремонтів включає в себе три види ремонтних робіт: капітальні, середні та поточні ремонти.

Тривалість капітальних ремонтів для всього технологічного обладнання складає $t_K = 72$ год, середніх ремонтів $t_C = 12$ год, поточних ремонтів $t_{II} = 1$ год.

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

Кількість капітальних ремонтів:

$$a_K = (365 \cdot 24) / 8760 = 1.$$

Кількість середніх ремонтів:

$$a_C = 365 \cdot 24 / 1440 - 1 = 5.$$

Кількість поточних ремонтів:

$$a_{II} = 365 \cdot 24 / 360 - 1 - 5 = 18.$$

Час простою обладнання у всіх видах ремонтів:

$$T_{пр} = 1 \cdot 72 + 5 \cdot 12 + 18 \cdot 1 = 150 \text{ год.}$$

Ефективний фонд часу роботи обладнання:

$$T_{\text{еф}} = 8760 - 150 = 8610 \text{ год.}$$

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

8.4 Оптимальний вид руху предметів праці та середньорічна тривалість виробничого циклу

Тривалість основних операцій знесолення води, умовно прийнявши, що за один ВЦ виробляється 10 м^3 води, наведена в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Тривалість основних операцій

№ стадії	Назва стадії	Тривалість, хв
1	Пропускання води крізь Н-катіонітовий фільтр I ступені	4,5
2	Пропускання води крізь Н-катіонітовий фільтр II ступені	4,5
3	Пропускання води крізь декарбонізатор	4,5
4	Пропускання води крізь аніонітовий фільтр I ступені	5
5	Пропускання води крізь аніонітовий фільтр II ступені	5

Продуктивність установки $120 \text{ м}^3/\text{год}$ або $2880 \text{ м}^3/\text{добу}$.

Для даного підприємства для забезпечення заданої продуктивності та безперервного виробництва обираємо паралельний ВРПП. Графік цього ВРПП зображено на рисунку 8.2.

Випуск продукції становить:

$$B = 2880/10 = 288 \text{ ум. партій/добу.}$$

Тривалість виробничого циклу:

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

де t_{max} – тривалість найдовшої операції, хв:

$$T_{\text{ВЦ}} = 23,5 + (288 - 1) \cdot 5 = 1458,5 \text{ хв.} = 24,3 \text{ год.}$$

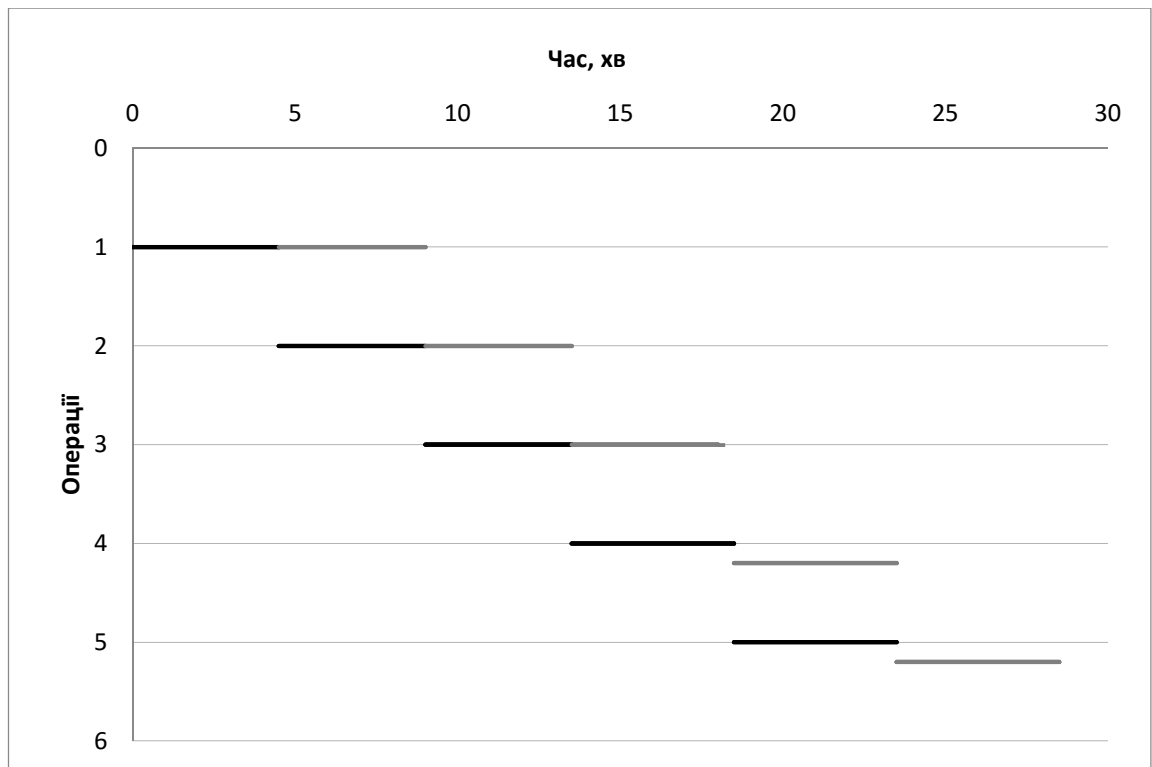


Рисунок 8.2 – Паралельний ВРПП

За попередніми розрахунками, що наведені в розділі 5, обрано по два фільтри кожного виду: один основний + резервний, який буде працювати, коли основний фільтр регенеруватиметься, проходить стадії промивання та розпушування, а також у разі ремонту; та один декарбонізатор. Простій після декарбонізатора компенсується встановленням баку декарбонізованої води.

Протягом доби при паралельному ВРПП підприємство може виготовити партій води очищеної:

$$n = \frac{T_{\text{ВЦ}}^{\text{пар.}} - \sum t_i}{t_{\text{max}}} + 1 = \frac{1458,5 - 23,5}{5} + 1 = 288.$$

Підприємство працює 365 днів на рік, тривалість зміни 8 годин. У році 52 тижні. Тривалість роботи відділення за рік 8760 год.

Середньорічна тривалість виробничого циклу:

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{СР}} = \frac{24 \cdot D_{\text{к}}}{T_{\text{підпр. за рік}}} \cdot T_{\text{ВЦ}}^{\text{факт.}},$$

де 24 – кількість годин у добі;

$D_{\text{кал}}$ - кількість календарних днів у році;

$T_{\text{вц}}$ - тривалість виробничого циклу, год;

$T_{\text{підпр. за рік}}$ - тривалість роботи підприємства за рік, год:

$$T_{\text{вц}}^{\text{ср}} = \frac{24 \cdot 365}{8610} \cdot 24,3 = 24,7 \text{ год.}$$

За один цикл підприємство випускає 288 умовних партій води знесоле-
ної, кожна по 10 м^3 (тобто 2880 м^3 за виробничий цикл).

Таким чином, у рік підприємство планово випускає води очищеної:

$$V_{\text{рік}} = n_{\text{год}} \cdot T_{\text{р}};$$

де $T_{\text{р}}$ - тривалість роботи підприємства за рік, год;

$n_{\text{год}}$ - кількість продукції, що випускається за годину, м^3 :

$$V_{\text{рік}} = 120 \cdot 8610 = 1033200 \frac{\text{м}^3}{\text{рік}}.$$

8.5 Графік роботи підприємства, графік змінності

Підприємство працює безперервно. Для забезпечення безперервності
процесу створюємо графік змінності, що включає 4 бригади. Одна бригада
включає: технолог (1), апаратник (2), лаборант (1), ремонтник (2), прибира-
льниця (1). Графік змінності бригад наведено у таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – Графік змінності бригадних працівників

Дата Бригада	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	Пн	Вт
I	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В
II	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1
III	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2
IV	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3

Тривалість змін:

- 1) 8:00-16:00;
- 2) 16:00-00:00;
- 3) 00:00-8:00.

Перерва працівників становить 60 хв і відбувається в процесі виробництва в можливий для цього час.

Начальник цеху, головний технолог працюють лише в одну першу зміну. Графік змінності наведено у таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 - Графік змінності начальника цеху, головного технолога

Дата Бригада	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд
1	1	1	1	1	1	В	В	1	1	1	1	1	В	В

Чисельність працюючих явочна на першу зміну, чоловік:

$$Ч_{яв} = 9.$$

Для другої і третьої змін (з 16:00 до 00:00 та з 00:00 до 8:00), чоловік:

$$Ч_{яв} = 7.$$

Тривалість змінообороту 16 днів.

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

Чисельність працівників за списком:

$$Ч_{\text{сп.}} = Ч_{\text{яв}} \cdot K_{\text{перерах.}};$$

де

$$K_{\text{перерах.}} = \frac{T_{\text{відділу}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац.}}^{\text{рік}}} = \frac{8610}{2190} = 4.$$

$$Ч_{\text{сп}} = 30 \text{ осіб.}$$

8.6 Визначення порядку технічного контролю: об'єкти, суб'єкти, види і методи контролю, виконавці

Не менш важливою складовою частиною виробництва є контроль якості виготовленої продукції.

У розробленому цеху об'єктами технологічного контролю є: вихідна вода, вода для отримання технологічної пари, технологічний процес, працівники підприємства.

Види контролю якості у даному цеху:

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

Вхідний та поточний контроль виконує лаборант, вихідний – лаборант та апаратник.

Вхідний контроль виконує лаборант, аналізуючи проби сировини, які надходять з попереднього відділу очищення. Сировиною процесу є вода освітлена після механічних фільтрів попереднього очищення води. Аналіз сировини виконують хімічними методами, де контролюють загальну твердість, солевміст, вміст іонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- та SO_4^{2-} . Контроль проводиться кожні 45 хвилин. Результати записуються в базу даних ПК та ведеться журнал вхідного контролю.

Поточний контроль включає себе контроль за концентрацією проскоку після фільтрів і проводить його лаборант, визначаючи лужність за фенолфталейном для Н-катионітових фільтрів, а для аніонітових фільтрів контролюючи лужність та концентрацію кремнієвої кислоти. Коли досягається концентрація проскоку, то фільтр вимикається на регенерацію. Також лаборант визначає твердість води після кожного фільтру. Відбір проби проводиться кожні 2 години. При початку досягнення концентрації проскоку, відбір проби проводиться частіше, тобто кожні 20-40 хвилин.

Вихідний: проводиться кожні 30 хвилин та після кожної промивки фільтрів. Знесолену воду перевіряють за аналогічними параметрами, що і вхідну освітлену воду. Це виконує лаборант в лабораторії. Також перевіряється рН води у баці знесоленої води спеціальними засобами автоматизації. За цим слідкує апаратник. Результати записуються в базу даних ПК та у журнал вихідного контролю. За результатами оформлюється паспорт якості.

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

м. Київ, вул. Гната Хоткевича, 20
www.tec4.kiev.ua

Паспорт № 146725

Найменування продукту: вода знесолена

Знак відповідності

Цех знесолення води для парових котлів

Показники якості води	Значення показника
рН води	7...7,5
Загальна твердість, не більше	0,2 ммоль/дм ³
Розчинений кисень, не більше	0,1 мг/дм ³
Вільна вуглекислота, не більше	10 мг/дм ³
Завислі речовини	відсутні

Дата виготовлення _____

Дата проведення аналізу _____

Лаборант _____

(підпис)

Головний технолог _____

(підпис)

Об'єктами технічного контролю є сировина і матеріали. За технічним рівнем, частина контролю проводиться вручну, працівниками виробничої лінії та частина автоматично. Відповідальний за автоматизацію підпорядковується технологу, який присутній на зміні.

Працівники проходять вхідний технічний контроль, який визначає відповідність їх до їхнього кваліфікаційного рівня.

Технологічне обладнання перевіряється на стадії його закупки, та кожної робочої зміни перед запуском технологічної лінії, ремонтниками, апаратником чи технологом.

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

8.7 Економічний розрахунок собівартості відділення знесолення води

Основні фонди відділення знесолення води наведено у таблиці 8.4.

Таблиця 8.4 – Основні фонди відділення знесолення води

№	Назва	Кількість, од.	Вартість загальна, грн
1	Приміщення	400 м ²	1 000 000
2	Н-катіонітовий фільтр I ступені ФІПа I-2,6-0,6	2	600 000
3	Н-катіонітовий фільтр II ступені ФІПа II-2,0-0,6	2	330 000
4	Аніонітовий фільтр I ступені ФІПа I-3,0-0,6	2	700 000
5	Аніонітовий фільтр II ступені ФІПа II-2,6-0,6	2	500 000
6	Декарбонізатор	1	200 000
7	Бак на 500 м ³	2	1 200 000
8	Бак на 400 м ³	1	520 000
9	Бак на 300 м ³	1	440 000
10	Бак на 200 м ³	3	1 035 000
11	Бак на 100 м ³	1	240 000
12	Бак на 50 м ³	1	140 000
13	Бак на 5 м ³	2	110 000
14	Насос-дозатор НД 400/16	4	8 000
15	Насос-дозатор НД 1000/10	2	4 000
16	Насос-дозатор НД 2500/10	2	4 000
17	Насос декарбонізованої води	2	44 000
18	Вентилятор ВЦ 4-75 №4 з електродвигуном АИР132М2	1	9 920
19	Труби ВГП 150х4,5 (довжина 6 м)	10	9 800
Всього			7 094 720

Кількість посад і заробітну плату працівників наведено в таблиці 8.5.

Таблиця 8.5 – Заробітна плата працівників

Посада	Кількість	З/п грн. за місяць	Всього грн. на місяць
Начальник цеху	1	7 000	7 000
Головний техно-лог	1	7 000	7 000
Технолог	4	6 000	24 000
Апаратник	8	4 500	36 000
Лаборант	4	4 000	16 000
Ремонтник	8	4 000	32 000
Прибиральниця	4	2 000	8 000
Всього			130 000

$$ЗП_{\text{рік}} = 130\,000 \cdot 12 = 1\,560\,000 \text{ грн./рік.}$$

$$\text{Нарахування} = ЗП_{\text{рік}} \cdot 0,22 = 343\,200 \text{ грн./рік.}$$

$$\text{ФОП} = 1,37 \cdot ЗП_{\text{рік}} = 1,22 \cdot 1\,560\,000 = 1\,903\,200 \text{ грн./рік.}$$

Розрахуємо витрати електроенергії.

Період роботи підприємства за рік $\tau = 8760$ год.

$$C_{\text{ел}} = \sum (T_{\text{рег}} \cdot \tau) \cdot P_{\text{обл}}^{\text{річ}},$$

де $T_{\text{рег}}$ – тарифна ставка за регульованим тарифом. Згідно тарифів на електроенергію від 24.05.2016 №826 [28] для першого класу напруги ціна за $1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 156,82$ копійок, тобто $T_{\text{рег}} = 1,57 \text{ грн./}(кВт \cdot \text{год.})$;

$P_{\text{обл}}^{\text{річ}}$ – річна потужність обладнання, 73,4 кВт (сумарна по всьому технологічному обладнанню):

$$C_{\text{ел}} = (1,57 \cdot 8610) \cdot 73,4 = 992199,18 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Вартість оборотних засобів наведено у таблиці 8.6.

Амортизація розраховується за формулою: $A = \text{Вартість} \cdot N_a / 100$ (грн/рік).

Амортизаційні відрахування представлені в таблиці 8.7.

Таблиця 8.6 – Розрахунок вартості оборотних засобів відділення знесолення води

Оборотні засоби	Кількість	Ціна	Вартість, грн/рік
Сульфатна кислота (92 %)	648876,93 кг/рік	7 грн./кг	44 542 138
Гідроксид натрію рідкий (42%)	1656107,2 кг/рік	2,85 грн./кг	47 199 06
Катіоніт КУ-2-8-Н	21,58 т/рік	15000 грн/т	323 700
Аніоніт АВ-17	2,2 т/рік	36 грн/кг	79 200
Аніоніт АН-31	9,4 т/рік	42000 грн/т	394 800
Електроенергія	73,4 кВт	$T_{\text{пер}} = 1,57$ грн./(кВт год)	992 199,18
Реагенти для аналізу	-	-	100 000
Ремонт обладнання	-	-	100 000
Всього, грн/рік			11 251 943,18

Таблиця 8.7– Амортизаційні відрахування відділення знесолення води

Найменування об'єкта	Вартість, грн.	Норма амортизації, %	Сума відрахувань грн./рік
1	2	3	4
Приміщення	1 000 000	5	5000
Н-катіонітовий фільтр I ступені ФІПа I-2,6-0,6	600 000	20	120000
Н-катіонітовий фільтр II ступені ФІПа II-2,0-0,6	330 000	20	66000
Аніонітовий фільтр I ступені ФІПа I-3,0-0,6	700 000	20	140000
Аніонітовий фільтр II ступені ФІПа II-2,6-0,6	500 000	20	100000
Декарбонізатор	200 000	20	40000
Бак на 500 м ³	1 200 000	10	120000
Бак на 400 м ³	520 000	10	52000
Бак на 300 м ³	440 000	10	44000
Бак на 200 м ³	1 035 000	10	103500
Бак на 100 м ³	240 000	10	24000
Бак на 50 м ³	140 000	10	14000
Бак на 5 м ³	110 000	10	11000
Насос-дозатор НД 400/16	8 000	10	800
Насос-дозатор НД 1000/10	4 000	10	400
Насос-дозатор НД 2500/10	4 000	10	400
Насос декарбонізованої води	44 000	10	400

Продовження таблиці 8.7

1	2	3	4
Вентилятор ВЦ 4-75 №4 з електродвигуном АИР132М2	9 920	10	992
Трубопровід ПМТ-150 (довжина 6 м)	9 800	5	490
Всього	7 094 720	—	891 982

Собівартість одного кубометру знесоленої води становить:

$$C = \frac{1903200 + 11251943,18 + 891982}{120 \cdot 8610} = 13,6 \text{ грн/м}^3.$$

Випуск продукції за рік:

$$B = 120 \cdot 8610 = 1\,033\,200 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Капіталовкладення:

$$K = \text{ОФ} + \text{Об.З} = 7094720 + 1903200 + 11251943,18 = 20\,249\,863,18 \text{ грн.}$$

Собівартість за рік:

$$C = A + \text{Об.З} = 891982 + 1903200 + 11251943,18 = 14\,047\,125,18 \text{ грн/рік.}$$

Ринкова ціна за 1 м³ знесоленої води 18 грн.

Прибуток:

$$\Pi = \text{Ц} - C = 18 \cdot 1\,033\,200 - 14\,047\,125,18 = 4\,550\,474,83 \text{ грн/рік.}$$

Рентабельність:

$$P = \Pi / C \cdot 100\% = (4\,550\,474,83 / 14\,047\,125,18) \cdot 100\% = 32,39 \text{ \%}.$$

Економічний ефект:

$$E = \Pi / K = 4\,550\,474,83 / 20\,249\,863,18 = 0,22.$$

Період повернення капіталовкладень:

$$T = 1/E = 1/0,22 = 4,45 \text{ роки.}$$

Фондовіддача:

$$\text{ФВ} = B / \text{ОФ} = 18 \cdot 1\,033\,200 / 7\,094\,720 = 2,62 \text{ грн/грн.}$$

Фондоємність:

$$\text{ФС} = 1 / \text{ФВ} = 1 / 2,62 = 0,38 \text{ грн/грн.}$$

Розраховані ТЕП представлені у таблиці 8.8.

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 8.8 – Техніко-економічні показники відділення знесолення води

Показники ТЕП	Розрахунок	Розмірність
Випуск продукції	1 033 200	м ³ /рік
Чисельність персоналу	$\text{Ч}_{\text{ЯВ1ЗМ}} = 9, \text{Ч}_{\text{ЯВ}} = 7, \text{Ч}_{\text{СП}} = 30$	осіб/добу
Капіталовкладення	$K = 20\,249\,863,18$	грн.
Собівартість	$C = 14\,047\,125,18$	грн./рік
Прибуток	$\Pi = 4\,550\,474,83$	грн./рік
Рентабельність	$P = 32,39$	%
Економічний ефект	$E = 0,22$	грн. /грн.
Період повернення капіталовкладень	$T = 4,45$	роки
Фондовіддача	$\Phi B = 2,62$	грн. /грн.
Фондоємність	$\Phi \text{Є} = 0,38$	грн. /грн.

У даному розділі дипломної роботи розраховані техніко-економічні показники відділення знесолення води. За розрахунками собівартість 1 м³ знесоленої води становить 13,6 грн, термін повернення капіталовкладень $T_{\text{пов}} = 4,45$ роки, коефіцієнт економічної ефективності $E = 0,26$, що свідчить про доцільність створення даного підприємства.

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

У відділенні знесолення води сировиною є освітлена вода, що надходить після механічних фільтрів, а допоміжними матеріалами є розчини сульфатної кислоти та гідроксиду натрію, катіоніт КУ-2-8-Н, аніоніти АВ-17 та АН-31. У цеху встановлено апарати, що працюють під тиском. Внутрішньоцеховий транспорт представлений промисловими трубопроводами.

Як видно з технологічної частини проекту, на об'єкті використовуються шкідливі речовини, а також електрична, теплова, механічна енергії, енергії хімічної реакції.

Всі проектні рішення прийняті з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки.

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

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

9.1.1 Повітря робочої зони

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99, роботи у цеху відповідно до витрат фізичної енергії належать до категорії середньої важкості Па та Пб. У таблиці 9.1 наведені прийняті проектом значення параметрів мікроклімату виробничих приміщень для двох періодів року.

Температура внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля), технологічного обладнання зовнішніх поверхонь технологічного устаткування, огорожуючих конструкцій не повинна перевищувати більш ніж на ± 2 °С оптимальні величини температури повітря для даної категорії робіт [21].

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 9.1 – Санітарні норми мікроклімату в робочій зоні виробничих приміщень згідно ДСН 3.3.6.042-99

Період року	Категорія робіт	Температура, °C			Відносна вологість повітря, %		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	Фактична		Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
			Нижня межа	Верхня межа				
Холодний	Па	18-20	15-17	23-24	40-60	75	0.2	< 0.3
	Пб	17-19	13-15	21-23	40-60	75	0.2	< 0.4
Теплий	Па	21-23	17-18	27-29	40-60	65	0.3	0.2-0.4
	Пб	20-22	16-17	27-29	40-60	70	0.3	0.2-0.5

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

$$t_{\text{новоб.}} = t_{\text{оп.р.з.}} + 2^{\circ}\text{C} = 18 + 2 = 20^{\circ}\text{C} \text{ - в холодний період року;}$$

$$t_{\text{новоб.}} = t_{\text{оп.р.з.}} + 2^{\circ}\text{C} = 21 + 2 = 23^{\circ}\text{C} \text{ - в теплий період року.}$$

де $t_{\text{оп.р.з.}}$ – нормативне значення температури повітря робочої зони, °C.

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

Технологією виробництва зумовлено наявність наступних шкідливих речовин у робочій зоні: розчин сульфатної кислоти – для регенерації Н- катіонітофих фільтрів та розчин гідроксиду натрію – для регенерації аніонітофих фільтрів. Коротка санітарна характеристика проектного цеху приведена в таблиці 9.2.

Таблиця 9.2 – Коротка санітарна характеристика цеху

Найменування цеху	Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення	Група шкідливої речовини, характеристика шкідливої дії	ГДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони, мг/м ³	Клас небезпечності шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ	Засоби допідприємної допомоги	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони
Відділення знесолення води	H ₂ SO ₄	Подразнюючі	1	II	Спеціальний одяг, ГОСТ 27574 або ГОСТ 27575; захисні окуляри, тип Г по ГОСТ 12.4.013; резинові рукавиці, тип В, ГОСТ 20010; черевики типу В, ГОСТ 12.4.137	При вдиханні: свіже повітря, інгаляція 2% розчином соди; при опіках: промити мильною водою та слабим розчином соди; з очей змити водою	Гравіметричний та санітарно-хімічний, 1 раз на місяць
	NaOH		0,5	II	Респіратор РУ-60М, УК-2, РПК ГОСТ 12.4.10380; каски, ГОСТ 12.4.08784	Промити водою та обробити 5% розчином оцтової кислоти, а очі 2% розчином борної кислоти	

Для нормалізації мікроклімату застосовуємо змішану загальнообмінну вентиляцію для рівномірного повітрообміну.

Для контролю мікроклімату використовуються: термометри, психрометри та анемометри.

9.1.2 Виробниче освітлення

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

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006, зорова робота в цеху знесолення води належить до розряду IVб – середньої точності, оскільки працівникам необхідно слідкувати за показниками приладів [22]. У таблиці 9.3 наведено санітарно-гігієнічні норми параметрів освітлення.

Таблиця 9.3 – Санітарні норми параметрів освітлення

Розряд зорової роботи	Штучне освітлення					Природне освітлення	Суміщене освітлення		
	Освітленість, лк			Сукупність нормованих величин показника освітленості і коефіцієнта пульсації		КПО, %			
	При системі комбінованого освітлення		При системі загального освітлення			При верхньому або комбінованому освітленні	При боковому освітленні	При верхньому або комбінованому освітленні	При боковому освітленні
IVб	500	200	200	40	20	4	1,5	2,4	0,9

Проектом передбачені наступні системи освітлення за функціональним призначенням: робоча, аварійна, охоронна. Згідно ДБН В.2.5-28-06, використовується напруга 220 В. Для аварійного освітлення використовують лампи розжарювання та люмінесцентні лампи.

Нижче приведений розрахунок системи загального електричного освітлення цеху методом коефіцієнта використання світлового потоку.

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

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

де:

- F – світловий потік однієї лампи, лм;
- E – нормована освітлюваність, $E = 200$ лк;
- S – площа приміщення, $S = 400 \text{ м}^2$ (приміщення 20х20 м);
- z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, $z = 1,1$;
- k – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп, $k = 1,3$;
- n – кількість світильників, $n = 80$;
- u – коефіцієнт використання світлового потоку;
- m – число люмінесцентних ламп у світильнику, $m = 2$.

Коефіцієнт світлового потоку визначається залежно від показника приміщення i , коефіцієнтів відбиття стін та стелі [24]. Розрахуємо показник приміщення, врахувавши висоту світильника над робочою поверхнею 3 м:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{20 \cdot 20}{3 \cdot (20 + 20)} = 3,33$$

Приймаємо коефіцієнти відбиття стелі і стін 50 % та 30 % відповідно.

Визначаємо коефіцієнт світлового потоку за [24]: $u = 0,56$.

Таким чином, необхідний світловий потік однієї лампи:

$$F = 200 \cdot 400 \cdot 1,1 \cdot 1,3 / (80 \cdot 0,56 \cdot 2) = 1277 \text{ лм}.$$

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

Відповідно до розрахованого світлового потоку ($F = 1277$ лм), необхідного для забезпечення заданої освітленості, обираємо тим лампи ЛДЦ потуж-

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

жністю 30 Вт і визначимо електричну потужність всієї освітлювальної системи:

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

де W – потужність освітлювальної системи, Вт;

P – потужність однієї лампи, $P = 30$ Вт;

$$W = 30 \cdot 80 \cdot 2 = 4800 \text{ Вт.}$$

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

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

9.1.3 Захист від виробничого шум та вібрацій

Основними джерелами шуму та вібрацій на об'єкті, що проектується, є насоси-дозатори, їх електродвигуни, фільтри, а також насос для перекачування декарбонізованої води. Додатковий шум можуть створювати трубопроводи з великими швидкостями руху рідини та система вентиляції.

Допустимий рівень звуку, згідно ДСН 3.3.6-037-99, становить 80 дБА на постійних робочих місцях. Згідно з ДСН 3.3.6.037-99 у відділі знесолення води рівень звуку складає 75-80 дБА, що задовільняє вимогам.

Для зменшення рівня шуму передбачено встановлення насосів в спеціальних закритих камерах, щоб зменшити їх шум та вібрацію при їх роботі, а також заміну підшипників кочення на ковзання, що забезпечить зниження шуму на 10-15 дБА. Проектом передбачено застосування примусового змащування поверхоть, що труться.

На проектуваному підприємстві будуть використані такі звукопоглинаючі матеріали: мінераловатні акустичні плити, пористий полівінілхлорид та пориста штукатурка. Також передбачені індивідуальні засоби захисту та раціональні режими праці та відпочинку. Індивідуальний захист забезпечують противошумні шоломи та навушники.

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Для контролю шуму застосовують шумоміри, а вібрації – прилад ВШВ-003.

9.1.4 Електробезпека

Проектом прийнято, що електрообладнання в цеху знесолення споживає струм від трьохфазної чотирьохпровідної мережі змінного струму частотою 50 Гц з глухозаземленою нейтраллю напруги 380 / 220 В.

Основними причинами ураження електричним струмом є:

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

Електричне устаткування має ізолюючі кожухи. Основним захистом від ураження струмом є ізоляція проводів, справність ізоляції безперервно контролюється пристроєм УАКИ. При живленні електроустаткування трьохфазною мережею з глухозаземленою нейтраллю напруги до 1000 В, як ефективний колективний захист від ураження електричним струмом, передбачено занулення корпусів електричного обладнання [23].

Розрахуємо рівні струму та напруги, що протікають через людину при однофазному дотику людини до неізольованих струмопровідних частин електрообладнання за наступними формулами:

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

$$U_{\text{л}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}},$$

де $R_{\text{л}} = 2000 \text{ Ом}$ – опір тіла людини;

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

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

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

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Згідно з ГОСТ 12.1.038-82 гранично допустимі значення становлять:

- в аварійному режимі при $\tau > 1$ с: $I_{\text{л}} = 6$ мА і $U_{\text{д}} = 36$ В змінного струму
- при нормальному режимі при $\tau \leq 10$ хв/добу: $I_{\text{л}} = 0,3$ мА і $U_{\text{д}} = 2$ В.

Тоді:

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

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

Порівнюючи розрахункові значення $I_{\text{л}}$ і $U_{\text{дот}}$ з нормативними, можна зробити висновок, що експлуатація таких установок та порушення вимог ПБЕ є небезпечною для здоров'я і життя людини, що може супроводжуватися електричними травмами з важкими наслідками.

Для захисту працюючих на проектуваному підприємстві передбачаються наступні заходи:

- використання занулення, захисне відключення електроустановок, при виникненні небезпеки ураження електричним струмом, вирівнювання потенціалу;
- застосування з'єднувальних провідників зі справною ізоляцією;
- проектом передбачені огорожувальні пристрої, суцільні огорожі для електроустановок;
- допуск до роботи по видаленню несправностей лише людей, які пройшли спеціальну підготовку;
- передбачено застосування електрозахисних засобів: діелектричні коври, діелектричні рукавиці, діелектричне взуття, ізолювальні підставки, плакати та знаки безпеки;
- проектом передбачена попереджувальна сигналізація та попереджувальні знаки встановлені в місцях наближених до місць, які знаходяться під напругою.

Вимірювання опору заземлюючих пристроїв проводиться щорічно. Опір ізоляції перевіряється один раз в 3 роки [23].

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

9.1.5 Безпека технологічного процесу і обслуговування обладнання

При роботі в цеху потенційно можлива небезпека розриву трубопроводів водопідготовчої установки, причинами цього є: гідравлічні удари, різке коливання тиску, дефекти металу.

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

Біля насосів можуть виникати такі аварійні ситуації: можливість захвату частинами, що обертаються, одягу, рук, ніг, волосся, що призводить до травм (вивихи, переломи, струс).

Проектом передбачено основні заходи безпеки ведення технологічного процесу:

- виключено безпосередній контакт працюючих з шкідливими речовинам;
- виключення безпосереднього контакту працюючих з апаратами та застосування автоматичного контролю і регулювання;
- все устаткування цеху обладнано необхідною запірною арматурою, запобіжними клапанами, манометрами, показниками рівня рідини;
- своєчасне проведення технічного обслуговування та ремонту;
- до самостійної роботи в цеху допускаються особи, що досягли 18 років, професійно підготовлені, пройшли медичний огляд, вступний інструктаж та інструктаж на робочому місці з охорони праці;
- передбачено своєчасне видалення відходів виробництва, які можуть бути джерелом потенційно небезпечних виробничих факторів;
- у приміщенні цеху передбачена укомплектована аптечка для надання першої медичної допомоги, в якій знаходяться перманганат калію, сода, йод, розчин борної кислоти, а також бинт, вата та мазі від опіків;
- зберігання верхнього одягу передбачено в спеціальній шафі;
- робота в цеху має проводитися в халаті або спецодязі, при необхідності користуються гумовими рукавицями, фартухом та окулярами.

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

9.2 Пожежна безпека

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

Можливі причини загорянь та вибухів у цеху:

- електричні іскри (удару і тертя деталей машин і обладнання) можуть виступити джерелом займання горючих речовин і матеріалів;
- джерелом пожеж і вибухів може бути прямий удар блискавки в будівлю;
- механічне пошкодження електромережі, електропроводки;
 - перевантаження електродвигунів.

Проектом передбачено наступні методи захисту:

- плавкі запобіжники та автоматичні вимикачі, з метою захисту електрообладнання від перевантажень;
- для уникнення іскор удару чи тертя необхідні рухомі частини обладнання своєчасно змащуються;
- від прямого удару блискавки будівля захищена груповими стрижньовими блискавковідводами;
- забезпечення будинків і приміщень необхідними і безпечними шляхами евакуації людей (в приміщенні присутні два евакуаційні виходи);
- у коридорах на шляхах евакуації персоналу передбачені протидимові та протипожежні перегородки;
- для гасіння пожежі передбачена стаціонарна система пожежогасіння багатократною повітряно-механічною піною, водогінна мережа, змонтована у вигляді стояків. Використовуються вогнегасники типу ВХП – 10, ВВ-2, сухий пісок, азбестові ковдри;
- протипожежне забезпечення виконане у вигляді пожежного гідранта;
- Встановлюється охоронно-пожежна сигналізація автоматичного типу ПТІМ на висоті 6-10 метрів від рівня підлоги.

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк. 85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Існуюча довжина евакуаційних шляхів та ширина дверей відповідає ДБН-В 2.5.28 2006 “Протипожежні норми”. В таблиці 9.4 наведені показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів.

Таблиця 9.4 - Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів.

Реагенти, що використовують у виробництві	Агрегатний стан речовини за н.у.	Показники пожежо- та вибухонебезпеки			Вогнегасні засоби	Категорія приміщення за ОНТП 24 - 86	Клас приміщення (зони) і зовнішніх установок за ПУЕ	Категорія об'єкту і тип зони за устроєм блискавкозахисту згідно СН 305 - 77
		Горючість	Температура спалахування, °С	Температура самоспалахування, °С				
Гума	Тверде	Горить	220	400	ОХП – 10	Д	П – Па	IIIa
Машин-не масло	Рідина	Горить	180	380	Порошок ПСБ і СН-2			

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

10 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВІДДІЛЕННЯ ЗНЕСОЛЕННЯ ВОДИ

Технологічний процес знесолення води, як і будь-який виробничий процес, супроводжується утворенням відходів.

Метою даного розділу є аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються, наведення можливих шляхів екологізації виробництва, екологічний моніторинг та розрахунок екологічних платежів.

У даному дипломному проекті наведено схему знесолення води іонообмінним методом для подальшої її подачі на парові котли.

10.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються у відділенні знесолення води

У процесі знесолення води іонообмінним методом відбувається утворення великої кількості рідких відходів – стічних вод після промивання, розпушування та регенерації іонітів, наявні і тверді відходи, утворення яких пов'язано з коротким терміном експлуатації іонітів (заміна раз на рік).

В таблиці 10.1 наведена характеристика твердих та рідких відходів, що утворюються в процесі знесолення води.

Таблиця 10.1 – Характеристика твердих відходів та рідких стоків виробництва

№	Найменування відходів	Кількість, м ³ (т)		Метод очищення
		На 1 м ³ готової продукції	За рік	
1	Кислі регенераційні води	0,032	33744,22	Нейтралізація
2	Лужні регенераційні води	0,038	39695,81	
3	Іоніти	$3,156 \cdot 10^{-5}$	33,18	Переробка або як загрузка для механічних фільтрів

10.2 Можливі варіанти екологізації виробництва

Кислі регенераційні води після всіх катіонітових фільтрів збирають у баці кислих вод, а лужні води – у баці лужних вод. Нейтралізація кислих і

лужних вод відбувається в баці-нейтралізаторі. Води після розпушення і промивання після всіх іонітних фільтрів разом з нейтралізованими регенераційними водами спрямовуються в освітлювач, що знаходиться у відділенні попереднього очищення.

Для регенерації Н-катіонітових фільтрів використовуємо сульфатну кислоту, а не хлоридну, бо сульфатна кислота не димить.

Відмивні кислі води потрапляють в бак кислих вод на очисні споруди. У тому числі і утворені при регенерації солей важкорозчинні сполуки сульфат кальцію (гіпс). Для запобігання "гіпсування" матеріалу, тобто для запобігання випадання кристалів гіпсу на зернах катіоніту необхідно накладати наступні умови:

- а) швидкість пропуску розчину через фільтр від 5 до 10 м/год;
- б) безперебійну подачу води для розбавлення;
- в) міцність регенераційних розчинів, особливо в початковий період не більше 2%;
- г) дотримання швидкості пропуску води через фільтр при відмиванні матеріалу після регенерації.

Також при регенерації Н-катіонітових фільтрів I ступені, насичених переважно катіонами твердості, в деяких випадках найбільш доцільна регенерація 20-25 %-ою нітратною кислотою. Отримані при цьому розчини після нейтралізації вапняком містять нітрат кальцію, який є високоякісним азотним добривом, а при нейтралізації надлишку кислоти аміаком являє собою ще більш цінну суміш кальцієвої та амонієвої селітр. З такого розчину твердий продукт може бути отриманий випаровуванням води в розпилюючих сушарках та потім бути гранульованим. Але треба приймати до уваги, що регенерація Н-катіонітових фільтрів 20 %-им розчином нітратної кислоти можлива лише тоді, коли всі апарати та трубопроводи, що контактують з нітратною кислотою, виготовлені з нержавіючої сталі, яка достатньо стійкою до кислоти.

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Декарбонізація води призначена для видалення з неї розчиненої вугільної кислоти для того, щоб скоротити витрати луку на регенерацію аніонітових фільтрів. Видалення вуглекислоти відбувається в декарбонізаторі.

Регенерацію аніонітових фільтрів I та II ст. Проводять одночасно. Регенераційна вода спочатку подають на фільтр II ст., а потім на фільтр I ст.

Обирають такі іони, які можуть регенеруватися як лугами, так і розчинами слабких основ, а саме розчинум аміаку або карбонатом амонію. В останньому випадку можлива утилізація витіснених з аніоніту аніонів у вигляді амонійних солей – азотні добрива. До того ж застосування слабоосновних аніонітів дозволяє значно зменшити витрати знесоленої води на власні потреби утсановки, тобто на приготування регенераційних розчинів та відмивання аніоніту після регенерації.

У процесі роботи високоосновні аніоніти, адсорбують органічні домішки, які містяться у воді, що веде до збільшення питомих витрат луку на регенерацію і зменшенню ємності поглинання. Для вимивання органічних речовин з аніонітів застосовують лужний розчин кухонної солі з концентрацією $10 \div 12 \%$. Перед пропуском розчину кухонної солі через аніоніт, необхідно провести регенерацію аніоніту розчином луку, щоб уникнути небезпеки виділення на зернах аніоніту поглиненої кремнієвої кислоти у вигляді важко-видаляемого гелю.

Оскільки необхідна повнота регенерації іонообмінних смол вимагає значного надлишку реагенту понад стехіометрично необхідної кількості, то у відпрацьованих розчинах міститься велика кількість невикористаних кислот та луку. Необхідність нейтралізації цього надлишку реагентів призводить до збільшення вартості продуктів, які утилізуються, і в багатьох випадках робить утилізацію відпрацьованих розчинів зовсім економічно недоцільною. Вихі з цього положення полягає в протivotочному або багатопорційному режимі регенерації. При цьому весь необхідний об'єм можливо більш концентрованого реагентного розчину поділяється на декілька порцій (зазвичай, на 3 або 4), які фільтрують через іонообмінний фільтр послідовно та збирають

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

ці води в окремих баках. На утилізацію виводять лише ту порцію розчину, в якій співвідношення концентрації витісненого із смоли та регенеруючого іонів максимальне, а, отже, мінімальні витрати на нейтралізацію надлишкового реагенту. Решта порцій регенераційного розчину використовується в новому циклі для регенерації іоніта в порядку, що відповідає збільшенню в розчині надлишку невикористаного реагенту. Тому свіжий реагент витрачається тільки на приготування однієї порції розчину, яку використовують для завершення регенераційного циклу.

Також після повного використання іонітів, коли вони вже втратили свою іонообмінну здатність, можна використовувати потім як загрузку для механічних фільтрів. Іншим способом їх утилізації є спалювання іонітної смоли. При цьому залишкова зола може надалі виступати замість активованого вугілля чи як каркасна основа, наприклад, для активного мулу у процесі біоочищення води.

10.3 Розрахунки та вибір обладнання за обраним рішенням

Приймаємо бак кислих вод, у якому збираються кислі регенераційні води після всіх катіонітових фільтрів збирають у баці кислих вод, та бак лужних вод, куди надходять лужні води. Нейтралізація кислих і лужних вод відбувається в баці-нейтралізаторі. Води після розпушення і промивання після всіх іонітних фільтрів збираються в одному баці, а потім разом з нейтралізованими регенераційними водами спрямовуються в освітлювач, що знаходиться у відділенні попереднього очищення.

Розрахунок баків як допоміжного обладнання наведено у розділі 6. Поставач обраних резервуарів – ООО «НПП “Укрпромтехсервіс”», електронна адреса: <http://www.upts.com.ua/>.

10.4 Екологічний моніторинг

Щоб отримання неперервну і повну інформацію щодо стану довкілля, необхідно розвивати і вдосконалювати систему екологічного моніторингу,

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

який має забезпечувати достовірну оцінку зазначеного стану та обґрунтування керівних рішень, які стосуються його поліпшення.

Для отримання статистичних даних про вміст шкідливих речовин у стічних водах, викидах на підприємстві здійснюється систематичний відбір проб та їх аналіз. У рамках даного проекту передбачено аналіз сировини, знесоленої води та проміжний контроль якості після кожного з фільтрів. Також проводиться вимірювання рН у баці-нейтралізаторі за допомогою засобів автоматизації, контроль співвідношення витрат кислих та лужних вод при нейтралізації та визначення концентрації солей сульфатної та кремнієвої кислоти. Відбір проби відбувається щодня в баках кислих та лужних вод. Метод якісного визначення солей кремнієвої кислоти базується на осадженні іонів SiO_3^{2-} іоном барію. При взаємодії даних іонів утворюється білий осад силікату барію BaSiO_3 . Цей метод можна застосовувати і до визначення вмісту іонів сульфатної кислоти. При взаємодії іонів SO_4^{2-} з іоном Ba^{2+} утворюється білий, нерозчинний в кислотах і лугах осад сульфату барію BaSO_4 .

10.5 Розрахунок екологічних платежів

Величина плати за скид стічних вод з понаднормованими забрудненнями розраховується Водоканалом за формулою, грн./добу:

$$\text{ПС} = T \cdot V_{\text{дог}} + 5T \cdot V_{\text{пдог}} + V_{\text{пз}} \cdot \text{КК} \cdot \text{НП},$$

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

$V_{\text{дог}}$ - обсяг скинутих підприємством стічних вод у межах, обумовлених договором або нормою, м^3 ;

$V_{\text{пдог}}$ - обсяг скинутих підприємством стічних вод понад обсяги, обумовлені договором або нормою, м^3 ;

$V_{\text{пз}}$ - обсяг скинутих підприємством стічних вод з понаднормативними забрудненнями, м^3 ;

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

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

НП - встановлений норматив плати за скид нормативних забруднень у міську каналізацію, грн./м³.

Але у межах даного проекту усі стічні води після регенерації, промивання та розпушування іонітових фільтрів надходять у відділення попереднього очищення води, то потреба в розрахунках платежів відпадає.

Щодо твердих відходів, то сума податку, який стягується за розміщення відходів $P_{рв}$ обчислюється за формулою [30]:

$$P_{рв} = \Sigma (H_{пi} \cdot M_{лi} \cdot K_t \cdot K_o),$$

де $H_{пi}$ – ставки податку в поточному році за тону і-того виду відходів, грн;

$M_{лi}$ – обсяг відходів і-того виду, т;

K_t – коригуючий коефіцієнт, який враховує розташування місця розміщення відходів;

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

Маса відпрацьованих іонообмінних смол, т/рік:

$$M_{від} = 2,2 + 9,4 + 1,36 + 20,22 = 33,18 \text{ т/рік.}$$

Отже:

$$P_{рв} = 7,52 \cdot 33,18 \cdot 3 \cdot 3 = 2\,245,62 \text{ грн/рік.}$$

У даному розділі дипломного проекту визначено основні види відходів та їх характеристика. Також запропоновано метод екологізації відділення. Наведено основні методи аналізу стоків в межах екологічного моніторингу діяльності відділення. Розраховано суму екологічного податку, який складає 2 245,62 грн/рік.

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті розроблено цех виробництва знесолення води іонообмінним методом. Наведено обґрунтування даного методу та його фізико-хімічні основи. Представлено технологічну схему знесолення води та її опис. Також охарактеризовано сировину, готову продукцію та допоміжні матеріали.

Виконано розрахун основного та допоміжного обладнання. Проектом передбачено наступні основні апарати: 2 катіонітові фільтри першої ступені ФІПа І-2,6-0,6; 2 катіонітові фільтри другої ступені ФІПа ІІ-2,0-0; 2 аніонітові фільтри першої ступені ФІПа І-3,0-0,6; 2 аніонітові фільтри другої ступені ФІПа ІІ-2,6-0,6; декарбонізатор Б236.

Представлено схему автоматизації процесу, в якій передбачено контроль перепаду тиску на фільтрах, контроль рівня рідини в баках, контроль та регулювання витрати розчинів кислоти та лугу на регенерацію іонітових фільтрів та води на розпушування і промивання фільтрів. Також в баці-нейтралізаторі та в баці знесоленої води передбачено контроль рН.

У розділі екологічної безпеки виробництва наведено аналіз та джерела виникнення відходів, надано можливі варіанти утилізації стоків та твердих відходів. Здійснено розрахунок екологічних платежів за рік, які становлять 2 245,62 грн/рік.

На основі аналізу шкідливих та небезпечних факторів у розділі охорони праці розглянуто безпечні умови проведення виробничого процесу. Обрано заходи з охорони праці; розраховано виробниче освітлення; досліджено виробничий шум та вібрацію; забезпечено електробезпеку; безпеку технологічного процесу і обслуговування обладнання та пожежну безпеку.

За даними економічних розрахунків питома собівартість 1 м³ знесоленої води становить 13,6 грн/м³.

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Фільтри іонітні прямоточні (ФИПа) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://techenergochim.com.ua/ru/vodopodgotovitelnoe_oborudovanie-promyshlennye_filtry-ifp.html
2. Громогласов, А. А. Водоподготовка: Процессы и аппараты: Учеб. пособие для ВУЗов / А. А. Громогласов, А. С. Копылов, А. П. Пильщиков и др.; Под ред. О. И. Мартыновой, - М.: Энергоатомиздат, 1990. – 272 с., ил.
3. Лифшиц, О. В. Справочник по водоподготовке котельных установок. Изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Энергия, 1976. – 288 с., ил.
4. Густина гідроксиду натрію [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.novedu.ru/sprav/pl-naoh.htm>
5. Декарбонізатори [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.bryzzgi.ru/non_standard_equipment/73-dekarbonizatory.html
6. Густина сульфатної кислоти [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.novedu.ru/sprav/pl-h2so4.htm>
7. Концевой, С. А. Обладнання виробництв неорганічних речовин / С. А. Концевой, А. Л. Концевой – НТУУ «КПІ», 2015. – 128 с.
8. Знесолення води [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://garantus.at.ua/index/znesolennja_vodi/0-85
9. Насоси-дозатори «Ригахиммаш» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.bryzzgi.ru/standard_equipment/69-nasosy-dozatory-zavoda-rigakhimmash.html
10. Запольський, А.К., Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник – К.: Вища школа, 2005. – 671 с. ISBN 966-642-234-4.
11. Перевірка котлової води. Як якість води впливає на роботу котла [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://simvolt.ua/perevrka-kotlovo-vodi.-yak-yakst-vodi-vpliva-na-robotu-kotla-ua.html>

12. Іонообмінна смола катіоніт КУ-2-8-Н (ГОСТ 20298-74) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://techpro.in.ua/products/produkt4>
13. ГОСТ 20298-74 Смолы ионообменные. Катиониты. Технические условия [Текст]. — Действующий от 01.01.1976. — М.: Межгосударственный стандарт союза СССР, 1976. — 15 с.
14. Аніоніт АВ-17-8 ГОСТ 20301-74 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://ecofilter.com.ua/prod/resins/cng/ab178.htm>
15. ГОСТ 20301-74 Смолы ионообменные. Аниониты. Технические условия [Текст]. — Действующий от 01.01.1976. — М.: Государственный стандарт союза СССР, 1976. — 24 с.
16. ГОСТ 2184-2013 Кислота серная техническая. Технические условия [Текст]. — Действующий от 01.01.2015. — М.: Межгосударственный стандарт Российской Федерации, 2014. — 36 с.
17. ГОСТ Р 55064-2012 Натр едкий технический. Технические условия [Текст]. — Действующий от 01.10.2013. — М.: Национальный стандарт Российской Федерации, 2013. — 46 с.
18. Очищення води [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://junction.in.ua/381>
19. Мінаєва, В.О. Іонний обмін та іонообмінна хроматографія / В.О. Мінаєва — Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2013. — 128 с.
20. Тема 7. Фізико-хімічні методи очищення стічних вод. 7.1 Іонообмінний метод [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://lubbook.net/book_353_glava_26_Tema_7.F%D1%96ziko_%E2%80%933_kh%D1%96m%D1%96ch.html
21. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Текст]. — Чинний від 01.12.99. — К.: ПОСТАНОВА № 42,1999. — 12 с.
22. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення
23. Макаров, Г. В. Охорона праці в хімічній промисловості [Текст] / Г. В. Макаров, А. Я. Васин, Л. К. Мариніна. - М.: Хімія, 1989. - 497 с.

24. Жидецький В.Ц. практикум з охорони праці. [Текст]- Львів, Афiша, 2000-352с.
25. Лукiнюк М. В. Контроль i керування хiмiко-технологiчними процесами: у 2 кн. Кн. 1: Методи та технiчнi засоби автоматичного контролю хiмiко-технологiчних процесiв [Текст] : навч. посiб. для студ. вищ. навч. закл., якi навчаються за напрямом: «Хiмiчна технологiя та iн-женерiя» / М. В. Лукiнюк. – К.: НТУУ «КПi», 2012. – 336 с. : iл. – Бiблiгр.: с. 328–330. – 300 пр. – ISBN 978-966-622-530-9.
26. Лукiнюк, М.В. Контроль i керування хiмiко-технологiчними прцесами: У 2 кн. Кн. 2. Керування хiмiко-технологiчними процесами [Текст] : навч. посiб. для студ. вищ. навч. закл., якi навчаються за напрямом пiдготовки «Хiмiчна технологiя та iнженерiя» / М. В. Лукiнюк. — К.: НТУУ «КПi», 2012. — 336 с. : iл. — Бiблiгр.: с. 328-330. — 300 пр. — ISBN 978-966-622-520-0, ISBN 978-966-622-531-6.
27. Вентилятор вiдцентровий ВЦ-4-75 №4, ООО «СИСТЕМАКС» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://systemax.com.ua/p31750019-ventilyator-tsentrobezhyj-vts.html>
28. Тарифи на електричну енергiю [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://kyivenergo.ua/ru/ee-company/tarifi>
29. ООО «НПП “Укрпромтехсервiс”» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.upts.com.ua/?pid=586>
30. Податковий кодекс України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://srv.appu.org.ua/present/TaxCode/files/assets/basic-html/page315.html>

Додаток А

Додаток Б

Додаток В

					ХН 2114 1440 001 ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		