ЗМІСТ

стор.

ВСТУП 12

1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА..... 14

1.1 Очищення води коагулянтами 14

1.2 Очищення води іонообмінним методом 15

1.3 Зворотний осмос..... 17

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ 20

2.1 Характеристика продукції..... 20

2.2 Характеристики сировини..... 20

2.3 Характеристика допоміжних матеріалів..... 21

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА. ХІМІЗМ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ 24

3.1 Суть методу і сфери його застосування..... 24

3.2 Фізико-хімічні основи іонообмінного процесу..... 27

3.3 Регенерація іонітів 31

4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ 34

5 ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ З СИРОВИНИ,..... 38

НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ 38

5.1 Розрахунок освітлювача 38

5.2 Розрахунок механічних фільтрів 41

6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ 43
6.1 Розрахунок та вибір основного обладнання..... 43
6.1.1 Розрахунок фільтра змішаної дії 43
6.1.2 Розрахунок аніонітового фільтра другого ступеня 48
6.1.3 Розрахунок Н- катіонітового фільтра другої ступіні..... 51
6.1.4 Розрахунок декарбонізатора 54
6.1.5 Розрахунок аніонітового фільтра першої ступені 55
6.1.6 Розрахунок Н-катіонітового фільтра першої ступіні 58
6.2 Розрахунок та вибір допоміжного технологічного обладнання..... 60
7 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ВІДДІЛУ ГЛИБОКОГО ЗНЕСОЛЕННЯ ВОДИ 64
7.1 Аналіз технологічного процесу як об’єкта автоматизації та обґрунтування задач автоматизації 65
7.2 Опис розробленої схеми автоматизації схеми відділення 67
глибокого знесолення води 67
7 СТАНДАРТИЗАЦІЯ, МЕТРОЛОГІЯ ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ З ЗАЛУЧЕННЯМ СТАНДАРТІВ ISO..... 70
9 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВІДДІЛЕНЯ ГЛИБОКОГО 73
ЗНЕСОЛЕННЯ ВОДИ 73
9.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються у відділенні глибокого знесолення води..... 73
9.2 Можливі варіанти екологізації виробництва 74
9.3 Екологічний моніторинг..... 76
9.4 Розрахунок екологічних платежів 77
10 ОБ’ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ 79

10.2 Характеристика підйомно-транспортного устаткування 82
10.3 Конструктивне рішення будівлі і її елементів 84
10.4 Ситуаційний план та його опис 88
11 ОХОРОНА ПРАЦІ 93
11.1.1 Повітря робочої зони 93
11.1.2 Виробниче освітлення 96
11.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій 97
11.1.4 Електробезпека 98
11.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання 100
11.1.6 Пожежна безпека 100
11.1.7 Розрахунок аерації цеху 103
11.2 Аналіз небезпеки об’єкта 104
12 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ВІДДІЛЕННЯ 109
ЗНЕСОЛЕННЯ ВОДИ 109
12.1 Теоретичні основи розрахунку собівартості відділення 110
глибокого знесолення води 110
12.2 Економічні розрахунки собівартості підготовки знесоленої води 113
ВИСНОВКИ 119
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 120

ВСТУП

Теплові електростанції здавна набули широкого застосування у теплоенергетиці. Вони не тільки виробляють електроенергію, але і є джерелом теплової енергії в централізованих системах теплопостачання у вигляді пари та гарячої води, у тому числі і для забезпечення гарячого водопостачання та отеплення жилих будівель та промислових об’єктів.

З промислової точки зору, ТЕЦ являється домінуючим електрогенеруючим підприємством у вітчизняній та закордонній енергетиці. На долю теплових електростанцій припадає близько 70 % електрогенеруючих потужностей в Україні, а з урахуванням атомних електростанцій, де так само реалізуються паротурбінні технології, встановлена потужність становить приблизно 90 %. Але велика частина сучасних електростанцій у даний час потребує модернізації технології.

На станціях, що відносяться до теплоелектроцентралей, передбачається попереднє очищення води до норм якості оптимальних для подачі її до котельного відділу.

Норми якості підживлювальної води залежать від типу сучасних котлів та тиску. У цій воді повинні бути відсутні завислі речовини, солі, що створюють твердість води, розчинений кисень, так як наявність цих речовин сприяє утворенню накипу, спінюванню котельної води, виносу солей з паром та корозію.

Очищення води для котлів у більшості випадків здійснюють за комбінованою системою, що складається з двох фаз обробки – попереднього очищення та іонного обміну. Ця система дозволяє досягти практично повного знесолення води, що є необхідною вимогою у подальшому її використанні.

До проведення процесу хімічного знесолення передбачається попередня підготовка поверхневої води, а саме: видалення завислих і органічних речовин, феруму та вільної вуглекислоти. Ці процеси ефективно проводять в

освітлювачах – стадія вапнування і коагуляції з подальшим фільтруванням на механічних фільтрах.

Метою даного дипломного проекту є розробка схеми глибокого знесолення води з використанням фільтра змішаної дії.

1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА

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

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

При складанні схеми водопідготовки необхідно обирати методи та режими, які найбільш ефективні для видалення домішок.

1.1 Очищення води коагулянтами

Нині в процесах водопідготовки широко використовується коагуляція. Її застосовують для зниження вмісту завислих і колоїдно-дисперсних домішок під дією сил тяжіння. Проте домішки, які обумовлюють каламутність і колірність природних вод, мають малі розміри і їх осадження відбувається надзвичайно повільно. Дрібнодисперсні колоїдні частинки ще більше ускладнюють процес осадження. Тому для прискорення процесів відокремлення вказаних домішок шляхом осадження, фільтрування або флотації здійснюють їх коагуляцію.

Коагуляцією домішок води називають процес агломерації найдрібніших колоїдно-дисперсних частинок, що відбувається внаслідок їх взаємного

злипання. Коагуляція завершується утворенням крупних агрегатів-пластівців, які відокремлюються від води, що очищається.

Завислі домішки води в більшості випадків мають одинакові заряди, що обумовлює виникнення міжмолекулярних сил відштовхування і їх агрегативну стійкість. У технології підготовки води прагнуть порушити агрегативну стійкість домішок і в результаті здійснити повне або часткове їх видалення. Це досягається додаванням до води коагулянтів: сульфатів алюмінію, феруму (II і III), хлориду алюмінію і феруму (III), алюмінату натрію, оксохлориду алюмінію, гідроксосульфату алюмінію, гідроксосульфату алюмінію або інших речовин, які сприяють порушенню агрегативної стійкості [2].

Воду, що очищається, підлуговують, якщо лужний резерв недостатній для задовільного гідролізу коагулянтів. Для підлуговування води і зв'язку утвореного під час гідролізу агресивного оксиду вуглецю (IV) застосовують гідроксид і карбонат натрію, карбонат кальцію і вапно, а також в невеликих кількостях аміак і аміачну воду. В процесі підлуговування значення pH підтримують в межах 6,5 … 7,5. Це сприяє зменшенню залишкового вмісту алюмінію і заліза в очищеній воді і зменшенню їх корозійних властивостей.

Одним з найбільш істотних параметрів технологічного процесу очищення води коагуляцією є доза коагулянта і порядок введення реагентів. Її оптимальна величина залежить від властивостей дисперсної системи (води, що очищається): температури, кількості завислих і колоїдно-дисперсних речовин, колірності, йонного складу дисперсного середовища, значенням pH та інших фізико-хімічних показників. В разі недостатнього дозування коагулянта або його неправильного введення у воду, що очищається, не досягають необхідного ефекту очищення, а в разі його надлишку, поряд з перевитратою дорого коштовного реагенту, в деяких випадках може погіршитись коагуляція.

1.2 Очищення води іонообмінним методом

Іонообмінні установки призначенні для знесолення та очистки вод від йонів металів, а також інших забруднень до заданої концентрації.

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

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

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

Іонообмінну очистку проводять послідовним фільтруванням через катіоніти (у водній формі) та аніоніти (в гідроксильній формі). При контакті води з Н-катіонітом проходить обмін на H^+-йони катіоніту. У результаті Н-катіонування підвищується кислотність води. При фільтруванні її через OH^--аніоніт проходить процес обміну аніонів кислот на OH^--йони аніоніту [3].

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

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

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

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

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

1.3 Зворотний осмос

Метод зворотного осмосу заснований на наступному явищі. Якщо в посудині між прісною і солоною водою помістити напівпроникну перегородку, здатну пропускати воду і затримувати гідратовані іони розчинних у воді солей, то можна спостерігати, як прісна вода починає надходити у відсік з солоною водою. Перетікання чистої води відбувається внаслідок різниці концентрації рідини по обидва боки перегородки. Через деякий час рівень прісної води стане помітно нижче рівня солоного розчину. Різниця рівнів після встановленої рівноваги характеризує осмотичний тиск розчиненої речовини. Процес мимовільного перетікання менш концентрованого розчину в більш концентрований через напівпроникну перегородку називають осмосом. Якщо створювати в солоному розчині тиск, що перевищує осмотичний, то виникає перетікання молекул прісної води в напрямку, зворотному її природному руху, тобто вода з розчину починає перетікати через перегородку в прісну воду. Такий процес відомий під назвою зворотного осмосу. Таким чином, опріснення солоної води методом зворотного осмосу ґрунтується якраз на процесі перетікання молекул чистої води з розчину при створенні тиску, що перевищує осмотичний, в напрямку від розчину до прісної води через напівпроникну перегородку [4].

Напівпроникна перегородка вибирається з таким розрахунком, щоб через її пори могли проходити молекули води, але не могли проходити іони солей, розчинених у солоній воді. Оскільки іони солей в розмірі приблизно в 1,5 рази більше, ніж молекули води, то це здійснити (в технічному сенсі) цілком можливо. Так як молекули води здатні протікати через пори, занадто вузькі для проходження іонів солей, то це явище називається ще й гіперфільтрацією. Тому в літературі метод опріснення води зворотним осмосом деякі дослідники називають методом опріснення води гіперфільтрацією.

Установки такого типу можуть бути виконані у вигляді металевих плит, стягуючих пакети пластин з пористої бронзи, по обидва боки яких розташовані напівпроникні перегородки – мембрани. Солона вода подається під тиском порядку 10,0 МПа в простір між двома мембранами. Пористі бронзові плити витримують величезний тиск і одночасно служать дренажною системою, через яку проходить прісна вода.

Зворотний осмос якісно відрізняється від відомого в практиці водопідготовки та хімічної технології процесу фільтрування. При фільтруванні природних і стічних вод, що представляють гетерогенні системи, зазвичай необхідно затримувати зважені частки різного ступеня дисперсності (діаметром не менше 10 нм). Зворотно-осмотичній обробці піддаються в основному гомогенні системи – істинні розчини, в яких речовина, що затримується представлена у вигляді молекул та іонів. Ця характерна особливість обумовлюється відмінностями як за типом - фільтруючих середовищ, так і за величиною тисків, під дією яких протікають процеси. Величина пор в зворотноосмотичних мембранах значно менше, ніж в середовищах, використаних для фільтрування, що обумовлює значні втрати напору при продавлюванні навіть дистильованої води. При продавлюванні розчину через напівпроникні мембрани виникає (практично відсутня при фільтруванні) додаткова протидіюча сила – різниця осмотичних тисків вихідного розчину і фільтрату, величина якої може бути порівнянна з величиною робочого тиску, що діє на вихідний розчин.

Принципова відмінність процесів фільтрування та зворотного осмосу полягає також у тому, що в першому процесі частинки, що видаляються з води залишаються або на поверхні, або в об'ємі фільтруючого середовища, який або періодично міняють (наприклад, патронні і намивні фільтри), або очищають зворотним промиванням (наприклад, освітлювальні фільтри). На противагу цьому затримувані речовини в ідеалі не повинні сорбуватися ні на поверхні, ні в об'ємі зворотно-осмотичних мембран. Так як сорбція (утримування) розчиненої речовини мембранами практично відсутня, необхідно постійне її видалення від поверхні мембран, в іншому випадку на поверхні мембран відбуватиметься його накопичування, яке супроводжується підвищенням осмотичного тиску розчину. У випадку ідеальної напівпроникності мембран при досягненні осмотичним тиском величини, рівної прикладеному гідростатичного тиску, рушійна сила процесу стане рівною нулю, і процес проходження розчинника припиниться. При неповному затриманні розчиненої речовини мембраною – її кількість біля поверхні збільшиться і призведе до збільшення її проникнення в фільтрат. Зростання концентрації розчиненої речовини біля поверхні мембран припиниться в цьому випадку при досягненні рівності сольових потоків, спрямованих до мембрани і від неї. Таким чином, якщо розчинена речовина від поверхні неідеальної напівпроникної мембрани не відводиться, то процес продавлювання розчину не припиниться, однак, концентрація розчинених речовин в фільтраті стане рівною їх концентрації у вихідному розчині.

Отже, попереднє очищення природної води є обов'язковою стадією при технологічній водопідготовці і забезпечує ефективність інших методів очищення. При реконструкції діючих теплоцентралей, та будівництві нових доцільно починати з розробки саме цієї стадії. В основу дипломного проекту покладено схему глибокого знесолення води іонообмінним методом.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

2.1 Характеристика продукції

Продукцією цеху знесолення води для котельного відділу відповідно є вода після певних стадій освітлення та знесолення. Характеристики продукту на виході з цеху представленні у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Норми якості знесоленої води

Показники якості води	Знесолена вода	Показники якості води	Знесолена вода
Завислі частки, мг/дм^3	< 0,1	Сульфати, мг/дм^3	-
Солевміст, мг/дм^3	7-8	Кремнієва к-та,мг/дм^3	0,050÷0,060
Твердість, мг-екв/дм^3	0,001÷0,005	Окиснюваність, мг/дм^3	< 0,1
Лужність, мг-екв/дм^3	-	pH	8,0÷9,5
Хлориди, мг/дм^3	-	Ферум, мкг/дм^3	50

2.2 Характеристики сировини

Вихідна вода потрапляє на ТЕЦ з берегової насосної станції, розташованої на березі Русанівського каналу. Вона подається в турбінний цех, де попередньо підігрівається до температури 40˚С (±1) в конденсаторі турбіни.

Склад води є не постійним. Він залежить від сезону, опадів, водного транспорту та стічних вод заводів розташованих вище за течії. У таблиці 2.2 показано приблизну характеристику вихідної та вже освітленої води.

Таблиця 2.2 – Норми якості вихідної та освітленої води

Показники якості води	Вихідна вода	Освітлена вода
Зважені частки, мг/дм^3	1 ÷10	До 8,0
Солевміст, мг/дм^3	120 ÷ 200	80 ÷120
Твердість, мг-екв/дм^3	3,0 ÷ 4,5	1,5 ÷ 2,0
Лужність, мг-екв/дм^3	2,5 ÷4,0	0,8 ÷1,0
Хлориди, мг/дм^3	8 ÷ 18	8 ÷18
Сульфати, мг/дм^3	160 ÷ 200	160 ÷200
Кремнієва к-та,мг/дм^3	8 ÷18	4 ÷10
Окиснюваність, мг/дм^3	5 ÷13	До 7,0
Ферум, мкг/кг	350 ÷ 900	300

Контроль за якістю вихідної та освітленої води виконується персоналом з періодичністю 1 раз на місяць.

2.3 Характеристика допоміжних матеріалів

У процесі коагуляційного очищення води використовуються вапняне молоко та коагулянт. Для їх приготування передбачено вапняне господарство та установки для приготування розчину коагулянту. Реагенти, що використовуються при коагуляції, і їх характеристику наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Реагенти, що використовуються у процесі коагуляції

№ п/п	Реагент, стандарт	Основна речовина, формула, сорт і % вміст
1	Купорос залізний технічний ГОСТ 6981-54	Коагулянт, $FeSO_4$ Марка А не менш ніж 53%
2	Вапно будівельне повітряне негашене ГОСТ 9179-70	Вапно, CaO Гідратна, 3-й сорт не менш ніж 50 %

Для видалення з води іонів розчинених солей застосовують триступінчате іонообмінне очищення. Як іонообмінні матеріали, що застосовують для знесолення води, використовують різні марки аніонітів. Перша ступінь фільтрів завантажена слабкоосновними і слабкокислотними іонітами. відповідно сильноосновними і сильнокислотними іонітами. Третя ступінь завантажена сумішшю сильних катіоніту і аніоніту. Різні іоніти та їх властивості наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Іонообмінні матеріали, що використовуються у процесах іонного обміну

№ п/п	Найменування, стандарт	Характеристика
1	КУ-2-8 ГОСТ 20298-74	Катіоніт сильнокислотний, робоча обмінна ємність 600 г-екв/м^3, висока механічна і термічна міцність, хімічна стійкість, легко регенерується
2	АН-31 ГОСТ 20301-74	Аніоніт слабкоосновний, робоча обмінна ємність 800 г-екв/м^3, не токсичний
3	АВ-17-8 ГОСТ 20301-74	Аніоніт сильноосновний, робоча обмінна ємність 650 г-екв/м^3, недостатньо стійкий до дії високих температур

У механічних фільтрах використовується в якості фільтруючого матеріалу полістирольні кульки з фракцією зерен 3-6 мм, ГОСТ Р 51263-99.

Використання такого матеріалу економічно вигідне, оскільки забезпечить менше навантаження на катіонітові фільтри в результаті збільшеної механічної та хімічної стійкості самого матеріалу [5].

Для регенерації катіонітів застосовують сульфатну кислоту, а для регенерації аніонітів – гідроксид натрію. Реагенти, що застосовуються для регенерації іонітів, і їх характеристики наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Реагенти, що використовуються для регенерації іонообмінних смол

№ п/п	Реагент, стандарт	Основна речовина, формула, сорт і % вміст
1	Кислота сульфатна технічна, ГОСТ 1382-69	H_2SO_4 1-й сорт 98,3%
2	Гідроксид натрію технічний, ГОСТ 2263-71	NaOH марка Д: "хімічний" 42%

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

Найбільш поширеним методом очищення водного теплоносія на даний час являється іонний обмін. Застосування саме даного методу дозволяє отримати воду необхідної якості для подачі на водогрійне устаткування.

Обробка води методом іонного обміну широко використовується в енергетиці завдяки ряду переваг:

1. Домішки, що видаляються з води, не утворюють осаду;
2. Відсутність необхідності у постійному дозуванні реагентів;
3. Однотипність конструкцій фільтрів;
4. Простота обслуговування.

3.1 Суть методу і сфери його застосування

Іонообмінні процеси ґрунтуються на вибірковому поглинанні одного або кількох компонентів з водних розчинів за допомогою іонітів. Іоніти – тверді, майже нерозчинні у воді та органічних розчинниках матеріали, що мають іонообмінні властивості.

До складу іонітів входять функціональні групи, здатні до іонізації та обміну з електролітами. В результаті іонізації функціональних груп утворюються фіксовані іони, які закріплені на каркасі і не переходять у розчин, та протиіони (обмінні іони). Кількість протиіонів еквівалентна кількості фіксованих іонів. Останні здатні переходити в розчин і обмінюватися з розчину на еквівалентну кількість інших іонів, що мають заряд з тим самим знаком.

Обмін між іонітами і одним розчином зазвичай здійснюється з перебігом хімічних реакцій між іонітом та хімічними сполуками, розчиненими у воді [6]:

$$Kat_1[R] + Kat_2An \leftrightarrow Kat_2[R] + K_1An, \qquad (3.1)$$

де [R] – каркас фіксованих іонів іонітів; K_1 – обмінний катіон іоніту; K_2A – розчинена у воді сполука з катіоном K_2 і аніонітом А.

Отже, до складу іоніту входять матриця, фіксовані іони та протиіони.

Іоніти за типом іоногенних груп у їх складі поділяють на нерозчинні кислоти – катіоніти і нерозчинні основи – аніоніти. Згідно зі ступенем іонізації, іоніти поділяються на сильно- і слабко кислотні катіоніти та сильно- і слабко основні катіоніти, що містять корбоксильні , сульфгідрильні та інші групи. До складу сильноосновних аніонітів входять групи амонієвих або сульфонієвих основ, а до слабкоосновних – аміногрупи з різним ступенем заміщення. Іоніти одночасно можуть містити різні кислотні та різні основні групи. Такі іоніти називають поліфункціональними (на відміну від монофункціональних, що містять лише один вид функціональних груп).

Катіоніти здатні до обміну катіонітів своїх іоногенних груп на катіони розчинених солей або водневі іони кислот [6]:

$$H[Kat] + NaCl \leftrightarrow Na[Kat] + HCl. \quad (3.2)$$

Аніоніти обмінюють аніони своїх іоногенних груп на аніони солей або кислот, що знаходяться в розчині:

$$[An]OH + HCl \leftrightarrow [An]Cl + H_2O. \quad (3.3)$$

Іонообмінну здатність іонітів характеризують статичною і динамічною обмінною ємністю іоніту.

Статична обмінна ємність – це кількість функціональних іоногенних груп, що припадають на одиницю маси або об’єму іоніту. За динамічних умов, тобто під час фільтрування розчину крізь шар іонітові до проскакування у фільтрат іонів, які вилучають, використовується лише частина статичної ємності іоніту – так звана динамічна обмінна ємність до проскакування. Після проскакування іонів у розчин концентрація їх у фільтраті поступово підвищується і досягає вихідної концентрації цих іонів у розчині. При цьому ємність залежить від концентрації іонів у воді та швидкості фільтрування води, коефіцієнта масообміну і довжини зони масообміну, вона також не дорівнює статичній ємності.

За природою матриці іоніти поділяють на неорганічні (мінеральні), органічні, природні та штучні (синтетичні). Природні мінеральні катіоніти належать до групи алюмосилікатів – цеоліти, глини, глауконіти (залізо алюмосилікати калію) та ін. До природних мінеральних аніонітів належать, наприклад, апатити $[Ca_5(PO_4)_3]F$ або гідроксоапатити $[Ca_5(PO_4)_3]OH$. Обмінна ємність цих іонітів невелика. В обмін вступає переважно зовнішня поверхня часточок іоніту. До синтетичних мінеральньих іонітів належать слабкокислотні алюмосилікати – пермутити. Обмінна ємність їх також невелика, проте в лужному середовищі може досягати 1,5-2 мг-екв/г [6]. Синтетичні мінеральні іоніти набухають у воді, після чого всі їхні іоногенні групи зерен беруть участь у іонному обміні.

Природними іонітами органічного походження є гумінові кислоти грунтів, гумінові кислоти вугілля, особливо бурого. Вони є слабкокислотними поліелектролітами. Для посилення кислотних властивостей і обмінної ємності вугілля проводять його сульфітацію у надлишку олеуму. Сульфовугілля є найдешевшим поліелектролітом, що має сильно- і слабкокислотні групи. У нейтральному середовищі об’ємна ємність іонітів невелика. Вони також характеризуються малими хімічною стійкістю і механічною міцністю.

За типом протиіонів катіоніти бувають у водневій формі (Н-формі), сольовій (натрієвій) і змішаній, аніоніти – в гідроксидній (ОН-формі), сольовій (сульфатній, хлорид ній та ін.) і змішаній, а амфоліти (залежно від умов середовища обмінюються як катіони, так і аніони) – у воднево-гідроксильній, воднево-сольовій, гідроксильно-сольовій і сольовій формах.

Іонобмінні процеси застосовуються для зм’якшення, опріснення і знесолення води, очищення стічних вод та різних розчинів, вловлювання і концентрування цінних металів із розбавлених водних розчинів, розділення суміші речовин у розчині, вловлювання і концентрування радіоактивних іонів, коригування мінерального складу очищення стічних вод у системах оборотного водопостачання тощо. Іоніти можна використовувати як сильно полярні

поглиначі, здатні вилучати органічні речовини з розчинів із низькою діелектричною проникністю.

3.2 Фізико-хімічні основи іонообмінного процесу

Кінетика іонообмінного процесу очищення води, як і будь-якого іншого гетерогенного хімічного 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 цього процесу визначає найповільніша стадія.

Кінетика хімічної реакції (стадія 3) описується рівнянням [6]:

$$-\frac{dc}{d\tau} = K(C_\tau - C_\infty), \tag{3.4}$$

або в інтегрованому вигляді

$$\lg(C_\tau - C_\infty) = \lg(1 - F) = -\frac{K\tau}{2{,}303}, \tag{3.5}$$

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 масо перенесення, який визначають графічно як тангенс кута нахилу початкової лінійної ділянки кривих:

$$K = -d\lg(1 - F)/d\tau. \tag{3.6}$$

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

що процес лімітується зовнішньою дифузією, рівняння набуває наступного вигдяду:

$$\lg(1 - F) = -\beta\tau/2{,}303, \tag{3.7}$$

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

Коефіцієнт дифузії через плівку $D_п$ визначають за рівнянням

$$D_п = 0{,}333\beta r_0\delta K_p, \tag{3.8}$$

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 $D_п$, можна визначити тривалість півобміну в разі зовнішньої дифузії

$$\tau_{1/2} = 0{,}23r_0\delta K_p/D_n. \tag{3.9}$$

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 очищувальної води, застосуванням дрібніших зерен іоніту та підвищенням температури розчину.

Якщо лімітуючою стадією іонного обміну є внутрішня дифузія, то процес можна інтенсифікувати підвищенням швидкості пропускання очищуваної води і збільшенням концентрації сорбованих іонів. 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 перемішується протитечією.

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

Розрахунок апарата для здійснення йонного обміну полягає у визначенні максимального вмісту домішок шаром іоніту заввишки H, перетином S, обмінною ємністю E_0 (визначаються за допомогою ізотерм сорбції) та певним гранулометричним складом для заданої швидкості фільтрування води відомої концентрації крізь іоніт. Ступінь обміну визначається об'ємною ємністю іоніту та його селективністю щодо іонів, які видаляють, тривалістю контактування води з іонітом $\tau_к$. Що вищі зазначені показники, то вищий ступінь обміну.

Тривалість контактування води з іонітом визначають згідно з рівнянням [6]:

$$\tau_к = H\varepsilon/\upsilon = V_\varepsilon S_\upsilon \,, \qquad (3.10)$$

де ε – порозність шару (для зернистих іонітів 0,40 – 0,45) ; υ – швидкість пропускання очищуваної води, м/год; H – висота шару іоніту, м; S_υ – площа перерізу іоніту в апараті, м^2; V – об'м пропущеної води крізь іоніт, м^3.

Питоме навантаження q – об'єм води, пропущеної крізь одиницю об'єму шару іоніту впродовж 1 год, визначають за формулою

$$q = \upsilon/\tau_к \varepsilon V_ш = \upsilon/\tau_к SH \,, \qquad (3.11)$$

де $V_ш$ – об'єм шару іоніту, що дорівнює добутку SH.

У технології очищення стічних вод і водопідготовки зазвичай $\tau_к = 1 \dots 10$ хв, $\upsilon = 10 \dots 100$ м/год і $q = 5 \dots 100$ год [6].

За підвищеної концентрації домішок, а також у разі сповільненої швидкості обміну ці значення змінюються в таких межах: $\tau_к = 10 \dots 120$ хв, $\upsilon = 1 \dots 10$ м/год і $q = 1 \dots 5$ год. Моделювання процесу іонного обміну здійснюють на моделях:

– на стадії лабораторних досліджень застосовують шар іоніту з $V_ш = 5 \dots 100$ см^3;

– під час дослідних випробовувань – 200…1000 см^3;

– під час дослідно-промислових випробовувань – понад 1 дм^3.

Для визначення основних параметрів іонообмінної установки визначають сумарну площу перетину іонообмінних апаратів $S_{заг}$ (м^2) згідно з витратою очищуваної води Q (м^3/год) та оптимальною швидкістю (м^3/(м^2·год)) фільтрування крізь псевдозріджений шар іоніту $\upsilon_{опт}$:

$$S_{заг} = Q/\upsilon_{опт} \ . \qquad (3.12)$$

Загальна кількість іонів, яку потрібно вилучити за 1 год, залежить від їх початкової $C_п$ і кінцевої $C_к$ концентрації (мг-екв/дм^3) і дорівнює $Q(C_п - C_к)$. для поглинання цієї кількості іонів треба використати певну кількість повітряно-сухого іоніту з динамічною ємністю $E_Д$ (мг-екв/кг):

$$M_{іон} = Q(C_п - C_к)/E_д \ , \qquad (3.13)$$

де $M_{іон}$ = необхідна кількість повітряно-сухого іоніту, кг/год.

Якщо тривалість робочого циклу іонообмінного апарата між двома регенераціями дорівнює τ (год), то загальне його навантаження $M_{заг}$ становить:

$$М_{заг} = М_{іон}\tau \ . \qquad (3.14)$$

Об’єм завантаження іонообмінного апарата до утворення псевдозрідженого шару W_1 (м^3):

$$W_1 = М_{заг}/d_н \ , \qquad (3.15)$$

де $d_н$ – насипна щільність іоніту, кг/м^3.

Оскільки сумарна площа іонообмінних апаратів визначається оптимальною швидкістю фільтрування, то висота набряклого шару іоніту H_1 (м) до псевдозрідження:

$$H_1 = W_1/S_{заг} \ , \qquad (3.16)$$

Слід зазначити, що оптимальне відношення висоти псевдозрідженого шару $H_2/H_1 =$ 1,5, то величину H_2 (м) визначають за формулою:

$$H_2 = 1{,}5W_1/S_{заг} \ . \qquad (3.17)$$

Якщо задатися діаметром іонообмінного апарата D_a, то число апаратів:

$$n_a = \frac{4S_{заг}}{\pi D_a^2}\,. \qquad (3.18)$$

Потім розраховують об’єм регенераційних розчинів і місткостей для них.

3.3 Регенерація іонітів

Процес регенерації іонообмінних смол є оберненим до процесу сорбції іонів з очищуваної води і полягає у відновленні початкової іонної форми смоли. Регенерацію іонітів здійснюють хімічним (реагентним), термохімічним і електрохімічним способами. Найуніверсальнішим та найефективнішим є хімічний спосіб регенерації, для здійснення якого застосовують розчини мінеральних кислот, лугів, солей та органічні розчинники.

Регенерацію катіонітів проводять промиванням кислотою (якщо Н-катіоніт) або розчином хлориду натрію (якщо Na-катіоніт):

$$2Me[Kat] + H_2SO_4 \leftrightarrow 2H[Kat] + Me_2SO_4\,; \qquad (3.19)$$

$$Me[Kat] + NaCl \leftrightarrow Na[Kat] + MeCl\,. \qquad (3.20)$$

Регенерація слабкоосновних аніонітів відбувається фільтруванням крізь шар аніоніту 2 – 4 %-х водних розчинів NaOH, Na_2CO_3 або NH_4OH:

$$[An]_2SO_4 + 2NaOH \leftrightarrow 2[An]OH + Na_2SO_4. \qquad (3.21)$$

Сорбція іонів з очищуваної води відбувається за прямою реакцією, а десорбція цих іонів з іоніту – за зворотною, внаслідок чого іоніт набуває робочої А-форми.

Отже, для здійснення регенерації іоніту потрібно цю реакцію змістити вліво, що досягається введенням у рівноважну систему електроліту з іонами А. Останній сприяє додатковій сорбції іонів А на іоніті та переходу відповідної кількості іонів В з іоніту в розчин. Це спричинює максимальну регенерацію іоніту. Що більша вибірковість іоніту до іонів В, то важче вони десорбуються і тим більше іонів А потрібно вводити в розчин. Відношення витрати реагенту, потрібного для досягнення заданого ступеня регенерації іоніту, до

теоретичної витрати (в еквівалентах), яка відповідає повній ємності певної маси іоніту, називається питомою витратою реагенту на регенерацію μ.

Кількісну характеристику ефективності регенерації визначають за коефіцієнтом розподілу іонів $К_{р.р}$ застосовують рівняння [6]:

$$К_{р.р} = \sum_{i=1}^{n} \frac{C_i}{\bar{C}_i}, \quad (3.22)$$

де C_i і $\bar{C}_i$ – відповідно концентрації і-го іона в регенераційному розчині та фазі іоніту в умовах рівноваги; n – число видів іонів.

Значення $К_{р.р}$ визначають за статичних умов за стехіометричної або будь-якої іншої витрати регенерувального розчину. Коефіцієнт розподілу іонів визначають за формулою

$$\eta = К_{р.р} 100/(К_{р.р} + 1) . \quad (3.23)$$

і він характеризує відношення кількості іонів, вилучених з іоніту, до початкового їх вмісту в іоніті, %.

Ступінь регенерації іоніту залежить від величини питомої витрати реагенту на регенерацію μ і пов'язаний співвідношенням

$$\eta = 1 - (1 - \eta_0)^{\mu} , \quad (3.24)$$

де η_0 – ступінь регенерації іоніту за стехіометричного співвідношення іонів у смолі та об'ємі регенераційного розчину оптимальної концентрації за сталої швидкості фільтрування 1 – 3 м/год.

Величина $К_{р.р}$ дає змогу характеризувати ефективність регенерації іоніту за різних умов. Так, за $\sum_{i=1}^{n} C_i = 0$ і $К_{р.р} = 0$ іоніт не регенерується. Якщо $0 < К_{р.р} < 0{,}5$, регенерація незадовільна, а коли $0{,}5 < К_{р.р} < 1$ регенераційна здатність розчину здебільшого вважається задовільною. Якщо $\sum_{i=1}^{n} C_i = \sum_{i=1}^{n} \bar{C}_i$, $К_{р.р} = 1$, здатність до регенерації добра і дорівнює його сорбційній здатності. І нарешті, якщо $\sum_{i=1}^{n} C_i > \sum_{i=1}^{n} \bar{C}_i$, $К_{р.р} > 1$, значенням $К_{р.р} = 1 \ldots 9$ відповідають $\eta = 50 \ldots 90$ % і за $К_{р.р} = 9 \ldots 99$, $\eta = 90 \ldots 99$ %. У разі ідеальної регенерації $К_{р.р} \to \infty$ [6].

Найвища ефективність регенерації досягається тоді, коли процес регенерації супроводжується утворенням слабкоіонізованих іонітів та сполук. У

цьому разі витрати реагентів наближаються до стехіометричних, а за «чистого» іонного обміну вони значно вищі. Для забезпечення повноти регенерації іонообмінних смол часто потрібний значний надлишок реагенту щодо стехіометрично необхідної кількості, що призводить до значних втрат невикористаних кислот і лугів з відпрацьованими регенераційними розчинами та до потреби їх нейтралізації. З метою запобігання цьому слід застосовувати протитечійний або багатопорційний спосіб регенерації. Витрати на нейтралізацію надлишкового реагенту в цьому разі зводяться до мінімальних. Для раціонального використання регенераційних розчинів доцільно здійснювати регенерацію двох іонообмінних фільтрів, установлених послідовно, що сприяє значному зменшенню об’єму регенераційних розчинів.

З метою підвищення економічної ефективності іонообмінного процесу та запобігання забрудненню довкілля регенераційні розчини потрібно утилізувати. Для цього використовують різні способи. Для регенерації іонітів пропонують використовувати реагенти, які в основному виробництві можуть бути сировиною або допоміжним матеріалом. У цьому разі регенераційні розчини можуть бути повернені в основне виробництво без спеціальної підготовки. Регенерацію іоніту можна здійснювати також розчинами реагентів, які є відходами на цьому виробництві, з подальшим подаванням його на змішування з основним потоком відходів виробництв.

Оброблення регенераційних розчинів можна здійснювати також хімічними, фізичними або біологічними агентами. З хімічних агентів використовують окисники, осаджувачі, газоутворювачі, іоніти тощо; з фізичних – низькі і високі температури, електричний струм, УФ-випромінювання та ін. Найбільшого ефекту досягають тоді, коли відновлюють регенерувальний розчин з одночасною утилізацією вилучених домішок. Коли цього зробити не вдається, регенерувальний розчин утилізують окремо.

4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

Підігріта до 40°С (±1) вода під напором подається до баку вихідної води 1, далі за допомогою насосів сирої води або насосів водоструминних ежекторів надходить в освітлювач 2. В освітлювачі поступово також дозуються реагенти, а саме: коагулянт $FeSO_4$ (з мішалки коагулянту 4) та вапняне молоко $Ca(OH)_2$ (з мішалки $Ca(OH)_2$ 3). Дозовані розчини реагентів роздільно вводяться в нижню частину освітлювача – камеру змішування за допомогою тангенціально розташованих сопел. Обертальний рух води сповільнюється за допомогою перфорованих вертикальних перегородок, а вирівнювання швидкості підйому води здійснюється горизонтальними решітками. Тверда фаза, що виділяється, підтримується водою у зваженому стані, причому максимальний рівень осаду підтримується на 1,5 м нижче верхнього збірного пристрою, у результаті чого утворюється захисний шар освітленої води. Основна частина води, піднімаючись, проходить шар зваженої фази і захисну зону, звільняючись при цьому від суспензії, збирається в кільцевому жолобі і виводиться з освітлювача. Менша частина води (10 – 15%) з верхньої частини зваженого шару разом із твердою фазою надходить через шламоприймальні вікна в шламоущільнювач, у якому через відсутність висхідного руху шлам відстоюється, частково зневоднюється і видаляється по лінії постійної чи періодичної продувки. Звільнена від осаду вода відводиться від шламоущільнювача і подається по трубопроводу в збірний жолоб освітлювача. Для видалення піску, що накопичується, і інших грубодисперсних домішок у нижній частині освітлювача роблять періодичну продувку.

Коагулянт подається на спеціально захищену від корозії механічну мішалку 4 разом з водою для змішування до концентрованого розчину. Після змішування через тканинних фільтр подається до освітлювача за допомогою насоса-дозатора.

Після попереднього гасіння вапна та очищення його від нерозчинених домішок вапняне молоко разом з водою подається на механічну мішалку 3

для отримання потрібної концентрації. Далі насосами-дозаторами поступово перекачується до освітлювача 2.

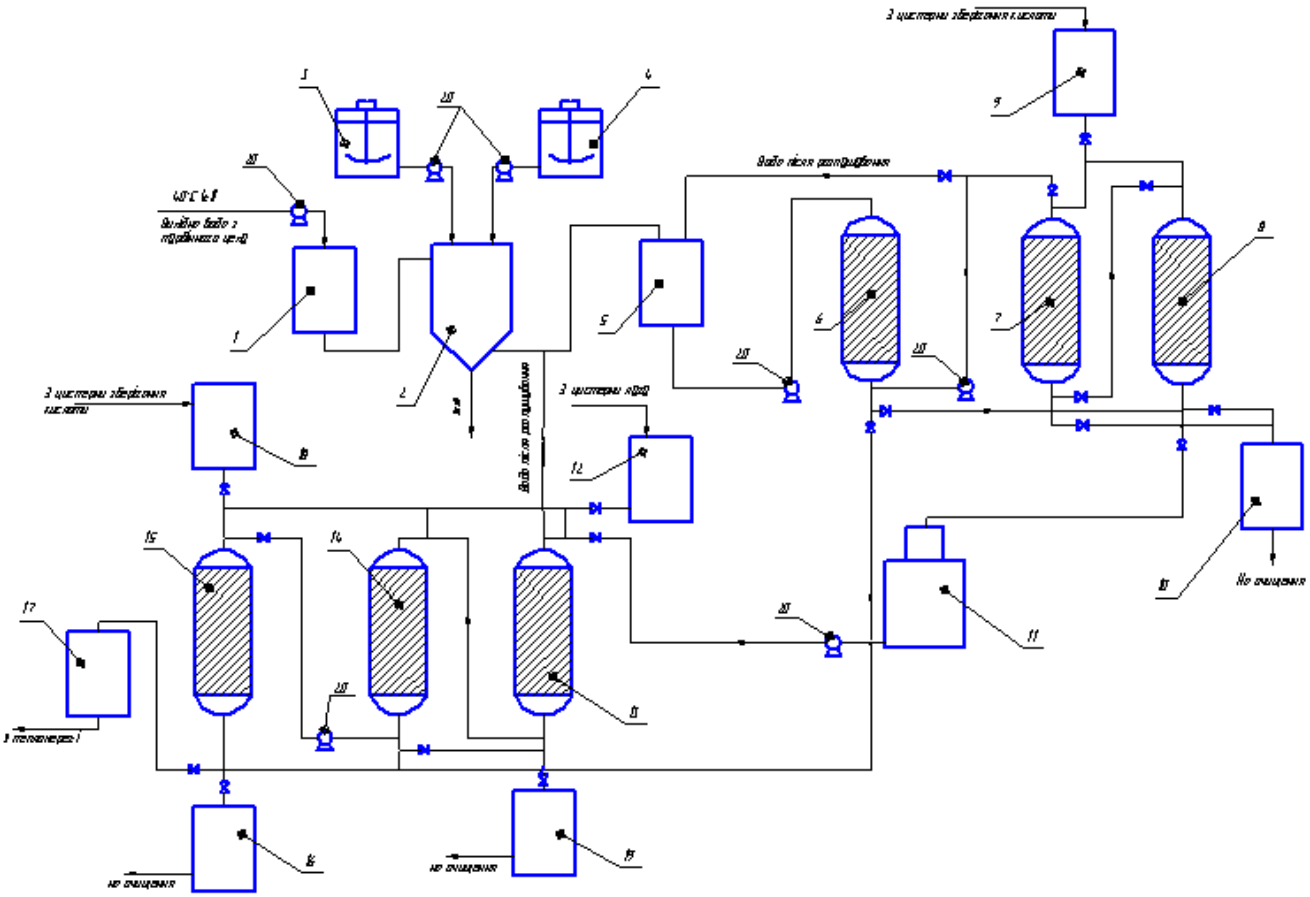
Після освітлювача вода збирається в баку вапнованої води 5, звідки насосом подається на ряд механічних фільтрів 6, де очищується від дрібнодисперсних домішок, які не осіли в освітлювачі.

З фільтру фільтрат частково подається на розпушування іонітових фільтрів, а основна частина поступає на Н-катіонітовий фільтр І ступеню, потім на аніонітовий фільтр І ступеню 8.

Регенерація Н-катіонітових фільтрів обох ступеней проходить паралельно. Регенерують фільтри 8 %-вою сульфатною кислотою. Кислота у цеху зберігається в цистернах у концентрованому вигляді, потім подається до проміжного баку зберігання кислоти 9, де змішується з водою до потрібної концентрації. Після регенерації катіонітів розчин потрапляє до баку відпрацьованої кислоти 10, а далі на очищення.

При протіканні води через Н-катіонітові фільтри в процесі розкладання гідрокарбонатних солей виділяється CO_2, що видаляється в спеціальному дегазаторі продуванням через воду повітря і розбризкуванням води. Струмені води стікають по насадці декарбонізатора 11 зверху вниз, а назустріч їм вентилятором подається повітря, що несе разом із власним потоком і пухирці вуглекислого газу. Декарбонізована вода насосом подається на Н-катіонітовий фільтр відповідно ІІ ступеню 13, а потім на аніонітовий фільтр ІІ ступеню 14, регенерацію якого проводять розчином лугу. Подібно до приготування регенеруючого розчину кислоти, концентрований луг в цеху зберігається у цистерні, потім насосами надходить до проміжного баку лугу 12, де змішується з водою до потрібної концентрації. Регенерація аніонітових фільтрів також проходить паралельно, а потім відпрацьований розчин збирається в бак 19, далі подається на очищення.

Схема відділення знесоленння води представлена на рисунку 4.1.



1 – бак вихідної води; 2 – освітлювач; 3 – механічна мішалка вапна; 4 – механічна мішалка коагулянту; 5 – бак освітленої води; 6 – механічний фільтр; 7 – Н-катіонітовий фільтр I ступені; 8 – аніонітовий фільтр I ступені; 9, 18 – проміжний бак кислоти; 10, 16, 19 – бак відпрацьованого регенеруючого розчину; 11 – декарбонізатор; 12 –проміжний бак лугу; 13 – Н-катіонітовий фільтр II ступені; 14 – аніонітовий фільтр II ступені; 15 – іонітовий фільтр змішаної дії; 17 – бак знесоленої води; 20 – насоси

Рисунок 4.1 – Технологічна схема відділення знесоленння води

Для більш повного знесолення та запобігання аварійних ситуацій проскоку іонів солей у очищену воду, у відділі встановлено іонітовий фільтр змішаної дії 15. Регенерація цього фільтру проводиться 8 %-ною сульфатною кислотою, що подається з баку проміжної кислоти 18, та 8 %-ним розчином лугу з проміжного баку лугу 12.

Повністю відпрацьована кислота після регенерації надходить у бак 16. Після іонообмінного фільтру змішаної дії вода направляється до баку знесоленої води 17, де у воду додають тринатрійфосфат для запобігання корозії апаратури.

5 ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ З СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

Враховуючи те, що основними апаратами обрано іонітові фільтри, то в даному розділі розраховуються апарати, що беруть участь в очищенні води до її подання на іонітову установку: освітлювач та механічний фільтр. А також розраховуються витратні коефіцієнти на даних етапах водопідготовки.

5.1 Розрахунок освітлювача

Склад вихідної води, мг-екв/дм^3:

$[Ca^{2+}]$ = 3,2; $[HCO_3^-]$ = 2,9;

$[Na^+]$ = 0,4; $[NO_3^-]$ = 0;

$[Mg^{2+}]$ = 0,9; $[SO_4^{2-}]$ = 15,8.

Продуктивність установки без урахування витрати води на власні потреби освітлювача і механічних фільтрів складає:

$$Q = 600 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Приймаємо дозу коагулянту 0,7 мг-екв/дм^3, залишкову лужність не менш 0,7 мг-екв/дм^3.

Дозу вапна визначаємо за рівнянням [5]:

$$Д_{в.} = [CO_2]_{в.в.} + [HCO_3^-]_{в.в.} - [HCO_3^-]_{зал.} + Д_{к.}\ .$$

де $[CO_2]_{в.в.} = CO_{2\ в.в.} / E_{CO2}$,

де $CO_{2\ в.в.}$ - вміст вільної вуглекислоти у вихідній воді, мг/дм^3; E_{CO2} - еквівалентна маса CO_2, мг-екв/моль; $Д_{к.}$ - доза коагулянту, мг-екв/дм^3.

$$Д_{в.} = 21/22 + 2,9 - 0,7 + 0,7 = 3,85 \text{ мг-екв/дм}^3.$$

Вапном осаджується HCO_3^- у кількості :

$$[HCO_3^-]_{осадж.} = [HCO_3^-]_{в.в.} - [HCO_3^-]_{зал.}\ ,$$

$$[HCO_3^-]_{осадж.} = 2,9 - 0,7 = 2,2 \text{ мг-екв/дм}^3.$$

У першу чергу з катіонів осаджується Ca^{2+} . При прийнятому дозуванні вапна кількість кальцію в оброблюваній воді дорівнює кількості кальцію у вихідній воді плюс внесене з вапном [5]:

$$[Ca^{2+}]_{вап.в.} = [Ca^{2+}]_{в.в.} + Д_{в.} = 3,2 + 3,85 = 7,05 \text{ мг-екв/дм}^3 .$$

Кальцій осаджується у вигляді $CaCO_3$, зв'язуючись з іонами HCO_3^- у кількості 2,2 мг-екв/дм^3 .

Залишковий вміст кальцію у вапнованій воді :

$$[Ca^{2+}]_{зал.} = [Ca^{2+}]_{вап..в.} - [HCO_3^-]_{осадж.} = 7,05 – 2,2 = 4,85 \text{ мг-екв/дм}^3 .$$

Вміст Na^+ і Mg^{2+} залишається незмінним.

Вміст сульфатів збільшується за рахунок дозування коагулянту $FeSO_4$:

$$[SO_4^{2-}]_{вап.в.} = [SO_4^{2-}]_{в.в.} + Д_{к.} ,$$

$$[SO_4^{2-}]_{вап.в.} = 15,8 + 0,7 = 16,5 \text{ мг-екв/дм}^3.$$

Вміст хлоридів у воді не змінюється.

Кількість шламу, що утвориться при вапнуванні з коагуляцією, визначається за рівнянням:

$$Q_{ш.} = C_{вап.в.} + 50 \cdot (Ж_{Ca}^{в.} + Д_{в.}) + 56 \cdot \alpha_{д.} \cdot Д_{в.} + 78 \cdot Д_{к.} ,$$

де $C_{зв.р.}$ -кількість зважених речовин у вихідній воді, г/м^3; $\alpha_{д.}$ - кількість домішок у вапняному молоці, що дозується (20-50%), частки од.

$$Q_{ш.} = 10 + 50 \cdot (3,2 +3,85) + 56 \cdot 0,5 \cdot 3,85 + 78 \cdot 0,7 =419,025 \text{ г/м}^3.$$

Величина продувки освітлювача визначається за формулою:

$$p = (Q_{ш.} - C_{зв.р.}^{зал.}) \cdot 100 / 1000 / \delta_{ср.} ,$$

де $C_{зв.р.}^{зал.}$ - залишковий вміст зважених речовин у воді після освітлювача, г/м^3; $\delta_{ср.}$ - середня концентрація зважених речовин в шламоущільнювачі, г/дм^3.

$$p = (419,025 – 0,5) \cdot 100/1000/27 = 1,55 \%.$$

Отже, із продувкою видаляється наступна кількість води:

$$V_{H2O}^{прод.} = Q \cdot 1,1 \cdot p / 100 = 600 \cdot 1,1 \cdot 1,55/100 = 10,23 \text{ м}^3\text{/год}.$$

Витрата вапна у вигляді $Ca(OH)_2$ визначається за формулою:

$$Q_{в.}^{доб.} = 24 \cdot 28,04 \cdot Q \cdot 1,1 \cdot Д_{в.}/1000 = 24 \cdot 28,04 \cdot 600 \cdot 1,1 \cdot 3,85/1000 =$$

$$= 1709{,}99 \text{ кг/добу}$$

Витрата вапняного молока на добу визначається:

$$V_{в.}^{доб.} = Q_{в.}^{доб.} \cdot 100/1000/C_{в.м.}/\rho_{в.м.},$$

де $C_{в.м.}$ - масова концентрація вапняного молока, % ; $\rho_{в.}$ - густина вапняного молока, кг/м^3;

$$V_{в.}^{доб.} = 1709{,}99 \cdot 100/5/1040 = 32{,}88 \text{ м}^3\text{/добу.}$$

Кількість води для приготування вапняного молока:

$$V_{H2O}^{в.м.} = (V_{в.}^{доб.} \cdot \rho_{в.м.} - Q_{в.}^{доб.})/24 = (32{,}88 \cdot 1040 - 1709{,}99)/24 =$$

$$= 1353{,}55 \text{ кг/год} = 1{,}35 \text{ м}^3\text{/год.}$$

Витрата 5%-го вапняного молока на один освітлювач

$$Q_{в.}^{1} = V_{в.}^{доб.} / 24/ N,$$

де N -кількість освітлювачів, шт.

$$Q_{в.}^{1} = 32{,}88/24 = 1{,}37 \text{ м}^3\text{/год.}$$

Витрата коагулянту визначається за формулою:

$$Q_{к.}^{доб.} = 24 \cdot Q \cdot 1{,}1 \cdot E_к \cdot q_{к.}/1000,$$

де $E_к$ - еквівалентна маса безводного коагулянту $FeSO_4$, г-екв/моль; $q_{к.}$ - максимально необхідна доза коагулянту, мг-екв/дм^3;

$$Q_{к.}^{доб.} = 24 \cdot 600 \cdot 1{,}1 \cdot 78 \cdot 0{,}7/1000 = 864{,}86 \text{ кг/добу.}$$

Витрата 5%-го розчину коагулянту визначається за формулою:

$$V_{к.}^{доб.} = Q_{к.}^{доб.} \cdot 100/1000/C_{к.}/\rho_{к.},$$

де $C_{к.}$ - концентрація безводного коагулянту, %; $\rho_{к.}$ - густина 5%-го розчину коагулянту, кг/м^3;

$$V_{к}^{доб.} = 864{,}86 \cdot 100/5/1048 = 16{,}5 \text{ м}^3\text{/добу.}$$

Кількість води для приготування розчину коагулянту:

$$V_{H2O}^{к} = (V_{к}^{доб} \cdot \rho_{к.} - Q_{к}^{доб})/24 = (16{,}5 \cdot 1048 - 864{,}86)/24 =$$

$$= 684{,}68 \text{ кг/год} = 0{,}68 \text{ м}^3\text{/год.}$$

Витрата 5%-го розчину коагулянту на один освітлювач:

$$V_{к.}^{1} = V_{к.}^{доб.} / 24/ N,$$

$$V_{к.}^{1} = 16,5/24 = 0,69 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Сумарна витрата води на власні нестатки освітлювача:

$$V_{в.н.}^{осв.} = V_{H2O}^{прод} + V_{H2O}^{в.м.} + V_{H2O}^{к} =$$

$$= 10,23 + 0,44 + 1,35 + 0,68 = 12,26 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Для забезпечення заданої продуктивності приймаємо до установки один освітлювача ВТИ-630, продуктивністю по 630 м^3/год, і один резервний.

5.2 Розрахунок механічних фільтрів

Необхідна площа фільтрування приблизно визначається за формулою:

$$F' = Q_0/\ \omega = (600 + 12,25) \cdot 1,1/10 = 67,35 \text{ м}^2 .$$

де Q_0 - продуктивність фільтрів за проясненою водою з урахуванням витрати води на власні нестатки, м^3/год; ω - швидкість фільтрування при нормальному режимі роботи фільтрів, м/год.

Виходячи з розумінь експлуатаційної надійності, число одночасно працюючих фільтрів однакового діаметра приймається не менше трьох. Необхідна площа фільтрування кожного фільтра визначається за формулою:

$$f' = F' / n ,$$

де n - число фільтрів.

$$f' = 67,35/8 = 8,41 \text{ м}^2.$$

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

Встановлюємо дев’ять стандартних однокамерних фільтри площею фільтрування f = 9,1 м^2, діаметром D = 3400 мм, висотою шару 1000 мм, один з яких резервний [5].

Витрата води на розпушення кожного фільтра, визначається за формулою:

$$q_{розп} = f \cdot i \cdot t_{розп} \cdot 60/1000 ,$$

де f - площа фільтрування кожного фільтра, м^2; i - інтенсивність розпушення фільтра, дм^3/(с·м^2); $t_{розп}$ - тривалість розпушення фільтра, хв;

$$q_{розп} = 9{,}1 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 60/1000 = 27{,}3\ м^3.$$

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

$$Q_{відм} = f \cdot \omega \cdot t_{відм} /60\ ,$$

де ω - швидкість фільтрування, м/год; $t_{відм}$ - тривалість відмивання фільтра, хв;

$$q_{відм} = 9{,}1 \cdot 4 \cdot 10/60 = 6{,}07\ м^3.$$

Годинна витрата води на власні нестатки усіх фільтрів визначається за формулою:

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

де m - кількість відмивань кожного фільтра на добу, приймається рівним 1-3;

$$q_г = (27{,}3 + 6{,}07) \cdot 1 \cdot 8/24 = 11{,}12\ м^3/год.$$

Продуктивність фільтрів з урахуванням витрати води на їхні власні потреби визначається за формулою:

$$Q_{в.н.} = Q0 + q_г = 612{,}25 + 11{,}12 = 623{,}37\ м^3/год.$$

Дійсна швидкість фільтрування при роботі усіх фільтрів дорівнює:

$$\omega_n = Q_{в.н.}/n/f = 623{,}37/8/9{,}1 = 8{,}56\ м/год\ .$$

а під час вимикання одного з фільтрів на промивання:

$$\omega_{n-1} = Q_{в.н.} / (n - 1) \cdot f = 623{,}37/(8 - 1)/9{,}1 = 9{,}79\ м/год\ .$$

Приймаємо до установки 9 механічних фільтрів площею фільтрування по 9,1 $м^2$.

6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

6.1 Розрахунок та вибір основного обладнання

Основними апаратами у відділені глибокого знесолення води для котельні ТЕЦ обрані іонообмінні фільтри. У даному розділі представленні основні розрахунки агрегатів та їх кількість за заданою потужністю 600 $м^3$/год.

6.1.1 Розрахунок фільтра змішаної дії

Для задоволення потреби підприємства в знесоленій воді установці знесолення необхідно щогодини виробляти 600 $м^3$ знесоленої води. Для розрахунку установки необхідно розрахувати спочатку фільтр змішаної дії, аніонітовий і катіонітовий фільтри другої ступені, а потім аніонітовий і катіонітовий фільтри першої ступені.

Фільтр змішаної дії (ФЗД) - це апарат для одержання глибоко знесоленої води. Швидкість фільтрування через змішану шихту складає 40 – 50 м/год.

ФЗД являє собою циліндричну посудину зі сферичними днищем і кришкою, що працює під тиском 0,6 МПа, з нижнім, середнім і верхнім дренажно-розподільними пристроями.

Відключають фільтр на регенерацію при збільшенні вмісту кремнєкислоти більш 30 мкг/$дм^3$, катіону натрію - більш 20 мкг/$дм^3$. Після розпушення, поділу й ущільнення іонітів проводять регенерацію. Через шар аніоніту подають луг NaOH концентрацією 4% зі швидкістю 5 м/год; через шар катіоніту - 4% розчин H_2SO_4 зі швидкістю 5 м/год [5].

Періодичний поділ іонітів для регенерації і наступне перемішування їх висувають особливі вимоги до фізичної характеристики завантажених у фільтри іонітових матеріалів (механічна міцність, розходження в густинах іоні-

тів, форма частинок і ін.). Найбільш придатними для завантаження ФЗД є катіоніт КУ-2-8 і аніоніт АВ-17-8.

Продуктивність установки 600 $м^3$/год.

Визначимо необхідну площу фільтрування (F) при швидкості фільтрування ω= 50 м/год [7]:

$$F = Q / \omega,$$

де Q - продуктивність , $м^3$/год;

$$F = 600 / 50 = 12\ м^2.$$

Вибираємо стандартний фільтр ФЗД 2.6-6, із площею фільтрування f = 5,307 $м^2$, з висотою фільтруючого шару $h_{ш.}$ = 1200 мм при співвідношенні К : А = 1:1 [5,7].

Тривалість фільтроциклу ФЗД з обліком регенерованості шихти після пропуску 10^4 $м^3$ води на 1 $м^3$ суміші іонітів:

$$T + \tau = 10^4 \cdot f \cdot h_{ш.} \cdot n / Q,$$

де $h_{ш.}$ - висота шару, м; n - кількість фільтрів (n = 2);

$$T + \tau = 10^4 \cdot 5{,}307 \cdot 1{,}2 \cdot 2/600 = 212{,}28 \text{ год.}$$

Добове число регенерації фільтру:

$$m = 24 \cdot n / (T + \tau) = 24 \cdot 2 / 212{,}28 = 0{,}226.$$

Витрата 100%-вої H_2SO_4 на регенерацію:

$$\sigma_{кисл}^{100} = f \cdot h_{кат.} \cdot b_к \cdot E_{кат} / 1000,$$

де $h_{кат.}$ - висота шару катіоніту , м; $b_{к.}$ - питома витрата H_2SO_4, кг/$м^3$ [7]; $E_{кат}$ – ємність катіоніту , г-екв/$м^3$;

$$\sigma_{кисл}^{100} = 5{,}307 \cdot 0{,}6 \cdot 70 \cdot 600 / 1000 = 133{,}74 \text{ кг.}$$

Витрата технічної 98,3%-вої кислоти (ρ = 1835,6 кг/$м^3$):

$$\sigma_{кисл}^{98{,}3} = 133{,}74 \cdot 100 / 98{,}3 = 136{,}05 \text{ кг} = 0{,}074\ м^3.$$

Добова витрата 98,3%-ної H_2SO_4 на регенерацію:

$$\sigma_{кисл}^{доб.} = \sigma_{кисл}^{98{,}3} \cdot m = 136{,}05 \cdot 0{,}226 = 30{,}75 \text{ кг/доб.}$$

Для регенерації використовують 4%-ний розчин сірчаної кислоти (ρ = 1025 кг/$м^3$):

$$\sigma_{кисл}^{4} = 136{,}05 \cdot 100 / 4 = 3401{,}25 \text{ кг} = 3{,}318 \text{ м}^3.$$

Об'єм води для приготування 4%-вого розчину кислоти на одну регенерацію:

$$V_{H2O}^{кисл} = 3{,}318 - 0{,}074 = 3{,}244 \text{ м}^3.$$

Витрата 100%-вого NaOH на регенерацію

$$\sigma_{NaOH}^{100} = f \cdot h_{ан.} \cdot b_{л.} \cdot E_{ан} / 1000,$$

де $h_{ан.}$ - висота шару аніоніту, м; $b_{л.}$ - питома витрата лугу, кг/м^3 ; $E_{ан}$ - ємність аніоніту, г-екв/м^3 [7];

$$\sigma_{NaOH}^{100} = 5{,}307 \cdot 0{,}6 \cdot 100 \cdot 650 / 1000 = 206{,}97 \text{ кг}.$$

Витрата технічного 42%-вого розчину NaOH (ρ = 1449 кг/м^3):

$$\sigma_{NaOH}^{42} = 206{,}97 \cdot 100 / 42 = 492{,}79 \text{ кг} = 0{,}34 \text{ м}^3.$$

Добова витрата 42%-вого NaOH на регенерацію:

$$\sigma_{NaOH}^{доб} = \sigma_{NaOH}^{42} \cdot m = 492{,}79 \cdot 0{,}226 = 111{,}43 \text{ кг/доб}.$$

Для регенерації використовують 4%-вий розчин NaOH (ρ = 1043 кг/м^3):

$$\sigma_{NaOH}^{4} = 492{,}79 \cdot 100 / 4 = 12319 \text{ кг} = 11{,}81 \text{ м}^3.$$

Об'єм води для приготування 4%-вого розчину NaOH на одну регенерацію:

$$V_{H2O}^{NaOH} = 11{,}81 – 0{,}34 = 11{,}47 \text{ м}^3.$$

Витрата води на поділ змішаної шихти:

$$V_{розд.} = \omega_{розд.} \cdot f \cdot \tau_{розд.} / 60 ,$$

де $\omega_{розд.}$ - швидкість розділення змішаної шихти, м/год; $\tau_{розд.}$ - час поділу, хв.

$$V_{розд.} = 10 \cdot 5{,}307 \cdot 25/60 = 22{,}11 \text{ м}^3.$$

Об'єм води на встановлення зустрічних потоків води до початку регенерації:

$$V_{з.п.} = 2 \cdot \omega_{з.п.} \cdot f \cdot \tau_{з.п.} / 60,$$

де $\omega_{з.п.}$ - швидкість зустрічного потоку, м/год; $\tau_{з.п.}$ - час зустрічного потоку, хв.

$$V_{з.п.} = 2 \cdot 5 \cdot 5{,}307 \cdot 10/60 = 8{,}84 \text{ м}^3.$$

Витрата води на одночасне відмивання катіоніту й аніоніту зустрічними потоками:

$$V_{відм.} = 2 \cdot \omega_{відм.} \cdot f \cdot \tau_{відм.} / 60 = 2 \cdot 5 \cdot 5{,}307 \cdot 60/60 = 53{,}07 \text{ м}^3.$$

Витрата води на довідмивку змішаної шихти після перемішування її повітрям:

$$V_{довідм.} = f \cdot h_{ш.} \cdot a_{H2O},$$

де a_{H2O} - питома витрата води на відмивання, $м^3/м^3$; $h_{ш.}$ - висота шару, м;

$$V_{довідм.} = 5{,}307 \cdot 1{,}2 \cdot 5 = 31{,}84 \text{ м}^3.$$

Сумарна витрата води на власні нестатки ФЗД :

$$V_{\Sigma} = V_{розд.} + V_{з.п.} + V_{H2O}^{кисл} + V_{H2O}^{NaOH} + V_{відм.} + V_{довідм.} =$$

$$= 22{,}11 + 8{,}84 + 3{,}244 + 11{,}47 + 53{,}07 + 31{,}84 = 130{,}57 \text{ м}^3.$$

Годинна витрата води на власні нестатки ФЗД:

$$q^{ФЗД}_{в.н.} = m \cdot V_{\Sigma} / 24 = 0{,}226 \cdot 130{,}57/24 = 1{,}22 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Час пропуску регенераційного розчину кислоти при швидкості $\omega_{к.} = 5$ м/год:

$$\tau_{к.} = \sigma_{кисл}^{4} \cdot 60 / f / \omega_{к.} = 3{,}318 \cdot 60/5{,}307/5 = 7{,}50 \text{ хв}.$$

Час пропуску регенераційного розчину лугу при швидкості $\omega_{л.} = 5$ м/год:

$$\tau_{л.} = \sigma_{NaOH}^{4} \cdot 60 / f / \omega_{л.} = 11{,}81 \cdot 60/5{,}307/5 = 26{,}71 \text{ хв}.$$

Час довідмивки змішаної шихти при швидкості $\omega_{довідм.} = 10$ м/год:

$$\tau_{довідм.} = V_{довідм.} \cdot 60 / f / \omega_{довідм.} = 31{,}84 \cdot 60/5{,}307/10 = 36 \text{ хв}.$$

Сумарний час регенерації ФЗД з урахуванням часу перемішування шихти повітрям ($\tau_{перем.}$=30 хв.) і витрат часу на невраховані операції ($\tau_{неврах.}$=30 хв.).

$$\tau_{ФЗД} = \tau_{розд.} + \tau_{з.п.} + \tau_{л.} + \tau_{к.} + \tau_{відм.} + \tau_{перем.} + \tau_{довідм.} + \tau_{неврах.} =$$

$$= 25 + 10 + 7{,}50 + 26{,}71 + 60 + 30 + 36 + 30 = 225{,}21 \text{ хв. (4год)}$$

Об’єм набряклих катіоніту й аніоніту у фільтрах :

$$V^{вол.}_{кат.} = V^{вол.}_{ан.} = 0{,}5 \cdot f \cdot h_{ш.} \cdot (n + 1) =$$

$$= 0{,}5 \cdot 5{,}307 \cdot 1{,}2 \cdot 2 = 6{,}37 \text{ м}^3.$$

Об'єм катіоніту й аніоніту в повітряно-сухому стані:

$$V^{сух.}_{кат.} = V^{вол.}_{кат.} / K^{наб.}_{кат.} = 6,37/2,06 = 3,09\ м^3;$$

$$V^{сух.}_{ан.} = V^{вол.}_{ан.} / K^{наб.}_{ан.} = 6,37/2,24 = 2,84\ м^3,$$

де $K^{наб.}_{кат.}$ і $K^{наб.}_{ан.}$ - коефіцієнти набрякання відповідно катіоніту й аніоніту.

Маса повітряно-сухих іонітів, завантажених у фільтри:

$$M^{сух.}_{кат.} = V^{сух.}_{кат.} \cdot \rho^{сух.}_{кат.},$$

$$M^{сух.}_{ан.} = V^{сух.}_{ан.} \cdot \rho^{сух.}_{ан.},$$

де $\rho^{сух.}_{кат.}$ і $\rho^{сух.}_{ан.}$ – насипна густина відповідно катіоніту та аніоніту, т/м^3;

$$M^{сух.}_{кат.} = 3,09 \cdot 0,70 = 2,16\ т;$$

$$M^{сух.}_{ан.} = 2,84 \cdot 0,74 = 2,1\ т.$$

Витрата катіоніту та аніоніту за перший рік експлуатації при температурі до 40 °С (втрати катіоніту складають 15%, аніоніту - 10%):

$$\Delta M_{кат.} = 0,15 \cdot M^{сух.}_{кат.} = 0,15 \cdot 2,16 = 0,324\ т;$$

$$\Delta M_{ан.} = 0,1 \cdot M^{сух.}_{ан.} = 0,1 \cdot 2,1 = 0,21\ т.$$

Витрата катіоніту й аніоніту за кожний наступний рік (втрати катіоніту складають 10%, аніоніту - 5%):

$$\Delta M^{рік}_{кат.} = 0,1 \cdot M^{сух.}_{кат.} = 0,1 \cdot 2,16 = 0,216\ т;$$

$$\Delta M^{рік}_{ан.} = 0,05 \cdot M^{сух.}_{ан.} = 0,05 \cdot 2,1 = 0,105\ т.$$

Повна кількість катіоніту (термін служби - 5 років), якого треба заготовити для роботи ФЗД впродовж 5 років:

$$M^{повн.}_{кат.} = M^{сух.}_{кат.} + 0,15 \cdot M^{сух.}_{кат.} + (5 - 1) \cdot 0,1 \cdot M^{сух.}_{кат.} =$$

$$= 1,55 \cdot M^{сух.}_{кат.} = 1,55 \cdot 2,16 = 3,348\ т.$$

Повна кількість аніоніту (термін служби – 8 років), якого треба заготовити для роботи ФЗД протягом 8 років:

$$M^{повн.}_{ан.} = M^{сух.}_{ан.} + 0,1 \cdot M^{сух.}_{ан.} + (8 - 1) \cdot 0,05 \cdot M^{сух.}_{ан.} =$$

$$= 1,45 \cdot M^{сух.}_{ан.} = 1,45 \cdot 2,1 = 3,045\ т.$$

Приймаємо до установки два фільтри змішаної дії з внутрішньою регенерацією ФЗДВр-2,6-6, D = 2600 мм, будівельна висота 5030 мм і один резервний.

6.1.2 Розрахунок аніонітового фільтра другого ступеня

Аніонітовий фільтр другого ступеня призначений для поглинання з частково знесоленої води аніонів вуглекислоти, кремнієвої кислоти, що залишилися а також залишків аніонів сильних кислот, очно через аніонітовий фільтр першої ступіні.

Сильноосновний аніоніт, крім поглинання аніонів слабких кислот, має здатність затримувати деякі органічні сполуки, не вилучені з води при коагуляції і фільтруванні через попередні фільтри, причому процес насичення аніоніту органічними речовинами практично необоротний. Це приводить до помітної втрати здатності аніоніту поглинати аніони слабких кислот, тобто до неможливості подальшого використання [5].

Частково відновити ємність поглинання аніоніту, через затримані органічні речовини, можна шляхом обробки останнього розчином солі чи сульфатної кислоти.

Солевміст води, що надходить на аніонітовий фільтр другої ступіні:

Na^{+} = 0,4 мг-екв/дм^3; SO_4^{2-} = 16,5 мг-екв/дм^3;

Mg^{2+} = 0,105 мг-екв/дм^3; Cl^{-} = 1,5 мг-екв/дм^3;

Ca^{2+} = 18,92 мг-екв/дм^3; CO_3^{2-} = 0,002 мг-екв/дм^3;

SiO_3^{2-} = 0,054 мг-екв/дм^3.

Продуктивність з урахуванням витрати на власні нестатки складає:

$$Q = Q + q^{ФЗД}_{в.н.} = 600 + 1,22 = 601,22 \approx 601,3 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Визначимо необхідну площу фільтрування, при швидкості фільтрування ω=28 м/год [7], за формулою:

$$F = Q / \omega,$$

де Q – продуктивність установки, м^3/год;

$$F = 601,3/28 = 21,478 \text{ м}^2.$$

Вибираємо площу стандартного фільтра $f_{а.}$ = 7,07 м^2, діаметром D = 3000 мм, $h_{ш.}$ = 1,5 м [7]. Тоді дійсна швидкість фільтрування буде дорівнювати:

$$\omega_{ф.} = Q / f_{а.} / n,$$

де n – кількість постійна працюючих фільтрів;

$$\omega_{ф.} = 601,3/7,07/4 = 21,26 \text{ м/год.}$$

Кількість аніоніту АВ-17-8, яку необхідно завантажити у фільтри, у тому числі й у резервний:

$$V_{ан.}^{вол.} = Q_{доб.} \cdot (SiO_3^{2-} + CO_3^{2-}) / E_{ан},$$

де $Q_{доб.}$ – добова продуктивність фільтрів;

$$Q_{доб.} = 24 \cdot 601,3 + 24 \cdot 601,3 /n = 17317,44 \text{ м}^3\text{/доб};$$

SiO_3^{2-} , CO_3^{2-} - концентрації іонів SiO_3^{2-} і CO_3^{2-} у воді, мг-екв/ дм^3; $E_{ан.}$ – обмінна ємність аніоніту, г-екв/м^3;

$$V_{ан.}^{вол.} = 17317,44 \cdot (0,054 + 0,002)/650 = 1,49 \text{ м}^3.$$

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

$$V^{сух.}_{ан.} = V^{вол.}_{ан.} / K^{наб.}_{ан.} =1,49/2,24 = 0,67 \text{ м}^3,$$

де $K^{наб.}_{ан.}$ – коефіцієнт набрякання аніоніту.

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

$$M^{сух.}_{ан.} = V^{сух.}_{ан.} \cdot \rho^{сух.}_{ан.},$$

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

$$M^{сух.}_{кат.} = 0,67 \cdot 0,74 = 0,49 \text{ т.}$$

Тривалість фільтрування:

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

де $h_{ш.}$ – висота шару матеріалу, що завантажується, м; $E_{ан.}$ – обмінна ємність аніоніту, г-екв/м^3; C – кількість аніонів слабких кислот, що надходять на аніонітовий фільтр, г-екв/дм^3 ;

$$\tau = 7,07 \cdot 1,5 \cdot 650 \cdot 4 / 601,3 /(0,054 + 0,002) = 808,85 \text{ год.}$$

Добове число регенерації:

$$m = 24 \cdot n / \tau = 24 \cdot 4 / 808{,}85 = 0{,}117.$$

Витрату 100%-го NaOH для однієї регенерації визначимо за формулою:

$$\sigma^{100}_{NaOH} = f_{а.} \cdot h_{ш.} \cdot b \cdot E_{ан.} / 1000,$$

де b – питома витрата лугу, кг/м^3;

$$\sigma^{100}_{NaOH} = 7{,}07 \cdot 1{,}5 \cdot 100 \cdot 650 / 1000 = 689{,}33 \text{ кг}.$$

Для приготування регенераційного розчину використовують 42%-й розчин NaOH (ρ = 1449 кг/м^3). На одну регенерацію його витрачають у кількості, яку можна визначити за формулою :

$$\sigma^{42}_{NaOH} = 689{,}33 \cdot 100 / 42 = 1641{,}25 \text{ кг} = 1{,}13 \text{ м}^3.$$

Добова витрата 42%-ного розчину NaOH розраховується за формулою :

$$\sigma^{доб.}_{NaOH} = \sigma^{42}_{NaOH} \cdot m = 1641{,}25 \cdot 0{,}117 = 192{,}41 \text{ кг}.$$

Регенерацію робимо 4%-ним розчином лугу (ρ = 1043 кг/м^3). Її кількість визначається за формулою :

$$\sigma^{4}_{NaOH} = 1641{,}25 \cdot 100 / 4 = 41031{,}25 \text{ кг} = 39{,}34 \text{ м}^3.$$

Кількість води, необхідна для приготування 4%-ного розчину NaOH, визначається за формулою :

$$V_{H2O} = 39{,}34 - 1{,}13 = 38{,}21 \text{ м}^3.$$

Тривалість пропуску регенераційного розчину при швидкості потоку $\omega_{рег.}$ =5 м/год [7]:

$$t_1 = \sigma_{NaOH}{}^{4} / f_а / \omega_{рег.} = 39{,}34/7{,}07/5 = 1{,}11 \text{ год}.$$

Витрата води на відмивання :

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

де a – це питома витрата води на відмивання, м^3/м^3;

$$V_{відм.} = 7{,}07 \cdot 1{,}5 \cdot 9 = 95{,}45 \text{ м}^3.$$

Тривалість відмивання при швидкості потоку $\omega_{відм.}$ = 10 м/год:

$$t_2 = V_{відм.} / f_а / \omega_{відм.} = 95{,}45/7{,}07/10 = 1{,}35 \text{ год}.$$

Витрата води на розпушення:

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

де t_3 – тривалість розпушення, хв; i – інтенсивність подачі води, кг/(с*м^2);

$$V_{розп.} = 7{,}07 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 60 /1000 = 12{,}73 \text{ м}^3.$$

Загальна тривалість регенерації:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 = 1{,}11 + 1{,}35 + 10/60 = 2{,}63 \text{ год.}$$

Сумарна витрата води на регенерацію:

$$V\sum_{H2O} = V_{H2O} + V_{відм.} + V_{розп.} = 38{,}21 + 95{,}45 + 12{,}73 = 146{,}39 \text{ м}^3.$$

Годинну витрату води на власні нестатки визначимо за формулою:

$$q_{H2O} = V\sum_{H2O} \cdot m / 24 = 146{,}39 \cdot 0{,}117/24 = 0{,}715 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Приймаємо до установки 4 аніонітові фільтри II ступіні, шифр ФІПа-II-3,0-6, D = 3000 мм, будівельна висота 4385 мм і один резервний.

6.1.3 Розрахунок Н- катіонітового фільтра другої ступіні

Годинна продуктивність: $Q = 601{,}3 + 0{,}715 \approx 602{,}02$ м^3/год.

Тип матеріалу, що завантажується - КУ-2-8. Його обмінна ємність 600 г-екв/м^3.

Визначимо необхідну площу фільтрування, при швидкості фільтрування ω=18 м/год [7], за формулою:

$$F = Q / \omega,$$

де Q - продуктивність установки, м^3/год;

$$F = 602{,}02 / 18 = 33{,}45 \text{ м}^2$$

Вибираємо площу стандартного фільтра $f_{к.} = 5{,}31$ м^2, діаметром D =3 м, $h_{ш.} = 1{,}5$ м [7]. Тоді дійсна швидкість фільтрування визначається за формулою:

$$\omega_{ф.} = Q / f_{к.} / n,$$

де n - кількість постійно працюючих фільтрів;

$$\omega_{ф.} = 602{,}02/5{,}31/7 = 16{,}2 \text{ м/год.}$$

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

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

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

$$Q_{доб.} = 24 \cdot 602,02 + 24 \cdot 602,02/8 = 16254,54 \text{ м}^3/\text{доб};$$

$Na^+_{зал.}$ - залишкова концентрація іонів Na^+ у воді після першої ступіні, мг-екв/дм^3; $E_{кат.}$ - обмінна ємність катіоніту , г-екв/м^3;

$$V_{кат.}^{вол.} = 16254,54 \cdot 0,15/ 600 = 4,06 \text{ м}^3.$$

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

$$V^{сух.}_{кат.} = V^{вол.}_{кат.} / K^{наб.}_{кат.} = 4,06/2,06 = 1,97 \text{ м}^3,$$

де $K^{наб.}_{кат.}$ - коефіцієнт набрякання катіоніту.

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

$$M^{сух.}_{кат.} = V^{сух.}_{кат.} \cdot \rho^{сух.}_{кат},$$

де $\rho^{сух.}_{кат.}$ - насипна густина катіоніту, т/м^3;

$$M^{сух.}_{кат.} = 1,97 \cdot 0,7 = 1,38 \text{ т};$$

Тривалість фільтрування визначається за формулою:

$$\tau = f_к \cdot h_{ш.} \cdot E_{кат.} \cdot n / Q / C ,$$

де C - залишкова концентрація іонів Na^+ у воді після першої ступіні;

$$\tau = 5,31 \cdot 1,5 \cdot 600 \cdot 7/ 602,02 / 0,15 = 370,45 \text{ год.}$$

Добове число регенерацій визначається за формулою:

$$m = 24 \cdot n / \tau = 24 \cdot 7/ 370,45 = 0,45 \text{ рег/доб.}$$

Витрата 100%-ї H_2SO_4 на регенерацію визначається за формулою:

$$\sigma_{кисл}^{100} = f_к \cdot h_{ш.} \cdot b \cdot E_{кат} / 1000,$$

де b -питома витрата H_2SO_4, кг/м^3;

$$\sigma_{кисл}^{100} = 5,31 \cdot 1,5 \cdot 70 \cdot 600 / 1000 = 334,53 \text{ кг.}$$

Витрата технічної 98,3%-вої кислоти на одну регенерацію (ρ = 1835,6 кг/м^3) визначається як:

$$\sigma_{кисл}^{98,3} = 334,53 \cdot 100 / 98,3 = 340,32 \text{ кг} = 0,185 \text{ м}^3.$$

Витрата 4%-вого розчину сульфатної кислоти (ρ = 1025 кг/м^3) визначається як:

$$\sigma_{кисл}^{4} = \sigma_{кисл}^{98,3} \cdot 100 / 4 = 340,32 \cdot 100 / 4 = 8508 \text{ кг} = 8,3 \text{ м}^3.$$

Об'єм води для приготування 4%-вого розчину сульфатної кислоти на одну регенерацію визначається як:

$$V_{H2O} = 8,3 – 0,185 = 8,12 \text{ м}^3 .$$

Тривалість пропуску регенераційного розчину при швидкості потоку $\omega_{рег.}$ =5 м/год [7]:

$$t_1 = \sigma_{кисл}{}^4 / f_к / \omega_{рег.} = 8,3/5,31/5 = 0,31 \text{ год.}$$

Витрата води на відмивання визначається за формулою:

$$V_{відм} = f_к \cdot h_ш \cdot a,$$

де а - питома витрата води на відмивання, $м^3/м^3$;

$$V_{відм} = 5,31 \cdot 1,5 \cdot 9 = 71,69 \text{ м}^3.$$

Тривалість відмивання при швидкості відмивочного потоку $\omega_{відм.}$ = 10 м/год визначається за формулою:

$$t_2 = V_{відм.} / f_к / \omega_{відм.} = 71,69/5,31/10 = 1,35 \text{ год.}$$

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

$$V_{розп} = f_к \cdot t_3 \cdot i \cdot 60 / 1000 = 5,31 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 60 / 1000 = 9,56 \text{ м}^3,$$

де t_3 - час розпушення, хв.

Загальна тривалість регенерації визначається за формулою:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 = 0,31 + 1,35 + 10/60 = 1,83 \text{ год.}$$

Сумарна витрата води на регенерацію визначається за формулою:

$$V = V_{H2O} + V_{відм} + V_{розп} = 8,12 + 71,69 + 9,56 = 89,37 \text{ м}^3.$$

Годинна витрата води на власні нестатки визначається за формулою:

$$q = V \cdot m / 24 = 89,37 \cdot 0,45/24 = 1,68 \text{ м}^3/\text{год.}$$

З цього випливає, що вихідної води повинно надходити на 1,68 $м^3$/год більше для задоволення нестатків Н-катіонітових фільтрів другої ступіні.

$$Q = 602,02 + 1,68 = 603,7 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Приймаємо до установки 7 катіонітових фільтри II ступіні, шифр ФІПа-II-2,6-6, D = 2600 мм, будівельна висота 4015 мм і один резервний.

6.1.4 Розрахунок декарбонізатора

Продуктивність Q = 603,7 $м^3$/год.

Температура води - 20 °С.

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

$$CO_3^{2-} = 1,3 \text{ мг-екв/дм}^3.$$

Вміст CO_2 у воді, що подається на декарбонізатор:

$$C^п_{CO2} = 1,3 \cdot 44 = 57,2 \text{ мг/дм}^3.$$

Залишковий вміст вуглекислоти у воді з декарбонізатора, приймають 5 $мг/дм^3$:

$$C^д_{CO2} = 5 \text{ мг/дм}^3.$$

Кількість вуглекислоти, що підлягає видаленню в декарбонізаторі:

$$G = Q*(C^п_{CO2} - C^д_{CO2}) / 1000 =$$

$$= 603,7*(57,2 - 5) / 1000 = 31,45 \text{ кг/год.}$$

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

$$F = G / K_ж / \Delta C_{ср.},$$

де G - кількість вуглекислоти, що підлягає видаленню в декарбонізаторі, кг/год; $K_ж$ - коефіцієнт десорбції вуглекислоти, $м^3/(м^3*год)$ [8]); $\Delta C_{ср.}$ - середня сила десорбції, кг/$м^3$ [8];

$$F = 31,5/0,4/0,015 = 5252,19 \text{ м}^2.$$

Визначимо об’єм насадки при безладному завантаженні кілець:

$$V = F / a = 5252,19 / 204 = 25,74 \text{ м}^3,$$

де а - питома поверхня кілець Рашига 25х25х3 мм при безладному завантаженні, $м^2/м^3$.

Площа поперечного перерізу декарбонізатору:

$$f = Q / 60,$$

де 60 - оптимальна густина зрошення насадки, $м^3/(м^2*год)$;

$$f = 603,7 / 60 = 10,06 \text{ м}^2.$$

Висота насадки:

$$h = V / f = 25,74/10,06 = 2,56 \text{ м.}$$

Витрата повітря дорівнює:

$$V_{пов.} = Q \cdot b,$$

де b - питома витрата повітря при насадці з кілець Рашига, приймається: при пом'якшенні - 25, при знесоленні - 40 $м^3/м^3$;

$$V_{пов.} = 603,7 \cdot 25 = 15092,5 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Сумарний опір проходу повітря через декарбонізатор:

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

де δ- опір насадки з кілець Рашига 25х25х3 мм на 1 м висоти шару, мм вод. ст.; С - опір проходу повітря конструктивних елементів декарбонізатора, мм вод. ст.;

$$\Delta P = 25*2,78 + 40 = 109,5 \text{ мм вод. ст [8].}$$

6.1.5 Розрахунок аніонітового фільтра першої ступені

Продуктивність установки 603,7 $м^3$/год.

Визначимо необхідну площу фільтрування для двох фільтрів, при швидкості фільтрування 10 м/год, за формулою:

$$F = Q / \omega = 603,7 / 10 = 60,37 \text{ м}^2.$$

Приймаємо 2 стандартних фільтри D = 3000 мм, $h_{ш.}$ = 2,5 м, f = 7,07 $м^2$.

Тоді дійсна швидкість фільтрування розраховується за формулою:

$$\omega_д = Q / f / n = 603,7/7,07/9 = 9,49 \text{ м/год.}$$

Як завантаженний матеріал приймаємо слабкоосновний аніоніт АН- 31. Його розрахункова обмінна ємність $E_{ан}$ = 800 г-екв/$м^3$.

Кількість аніоніту АН-31, яку необхідно завантажити у фільтри, у тому числі й у резервний, визначаємо за формулою:

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

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

$$Q_{доб.} = 24 \cdot 603,7 + 24 \cdot 603,7/9 = 16098,67 \text{ м}^3/\text{доб};$$

SO_4^{2-} і Cl^- - концентрації іонів SO_4^{2-} і Cl^- у воді, мг-екв/ дм^3; $E_{ан.}$ - обмінна ємність аніоніту, г-екв/м^3;

$$V_{ан.}^{вол.} = 16098,67 \cdot (16,5 + 1,5) / 800 = 362,22 \text{ м}^3.$$

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

$$V^{сух.}_{ан.} = V^{вол.}_{ан.} / K^{наб.}_{ан.} = 362,22/2,32 = 156,13 \text{м}^3,$$

де $K^{наб.}_{ан.}$ - коефіцієнт набрякання аніоніту.

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

$$M^{сух.}_{ан.} = V^{сух.}_{ан.} \cdot \rho^{сух.}_{ан.},$$

де $\rho^{сух.}_{ан.}$ - насипна густина аніоніту, т/м^3;

$$M^{сух.}_{кат.} = 156,13 \cdot 0,72 = 112,41 \text{ т};$$

Тривалість фільтрування визначаємо за формулою:

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

де C - концентрація іонів ($SO_4^{2-} + Cl^-$), мг-екв/л;

$$\tau = 7,07 \cdot 2,5 \cdot 800 \cdot 9 / 603,7 / (16,5 + 1,5) = 11,71 \text{ год.}$$

Добове число регенерації визначаємо як:

$$m = 24 \cdot 9/11,71 = 18,45 \text{ рег./доб.}$$

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

$$\sigma_{NaOH}^{100} = f_a \cdot h_{ш.} \cdot b \cdot E_{ан} / 1000 = 7,07 \cdot 2,5 \cdot 70 \cdot 800 / 1000 = 989,8 \text{ кг.}$$

Витрата технічного 42%-ного гідроксиду натрію на одну регенерацію (ρ = 1449 кг/м^3) визначаємо за формулою:

$$\sigma_{NaOH}^{42} = \sigma_{NaOH}^{100} \cdot 100 / 42 = 989,8 \cdot 100 / 42 = 2356,67 \text{ кг} = 0,16 \text{ м}^3.$$

Добова витрата 42%-вого гідроксиду натрію визначаємо за формулою:

$$\sigma_{NaOH}^{доб} = \sigma_{NaOH}^{42} \cdot m = 2356,67 \cdot 18,45 = 43480,5 \text{ кг.}$$

На одну регенерацію буде потрібно наступна кількість 4%-ного регенераційного розчину (ρ = 1043 кг/м^3) визначаємо за формулою:

$$\sigma_{NaOH}^{4} = \sigma_{NaOH}^{42} \cdot 100 / 4 = 2356,67 \cdot 100 / 4 = 58916,67 \text{ кг} = 56,49 \text{ м}^3.$$

Кількість води на приготування регенераційного розчину визначається як:

$$V_{H2O} = 56,49 – 0,16 = 56,33 \text{ м}^3.$$

Тривалість пропуску регенераційного розчину, при швидкості потоку ω = 5 м/год, визначаємо за формулою:

$$t_1 = \sigma_{NaOH}^4 / f_a / \omega = 56,49/7,07/5 = 1,6 \text{ год.}$$

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

$$V_{відм.} = f_a \cdot h_{ш.} \cdot a = 7,07 \cdot 2,5 \cdot 8 = 141,4 \text{ м}^3.$$

Тривалість відмивання, при швидкості відмивочного потоку ω = 10 м/год, визначаємо за формулою:

$$t_2 = 141,4/7,07/10 = 2 \text{ год.}$$

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

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

де t_3 - тривалість розпушення, хв.;

$$V_{розп.} = 7,07 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 60 / 1000 = 12,73 \text{ м}^3.$$

Загальна тривалість регенерації визначається за формулою:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 = 1,6 + 2 + 10/60 = 3,77 \text{ год.}$$

Сумарна витрата води на власні нестатки визначається за формулою:

$$V_\Sigma = V_{H2O} + V_{відм} + V_{розп} = 56,33 + 141,4 + 12,73 = 210,46 \text{ м}^3.$$

Годинна витрата води на власні потреби визначається як:

$$q_{H2O} = 210,46 \cdot 18,45/24 = 161,79 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Приймаємо до установки 9 аніонітових фільтрів І ступіні, шифр ФІПа І-3,0-6, D = 3000 мм, будівельна висота 5470 мм і один резервний.

6.1.6 Розрахунок Н-катіонітового фільтра першої ступіні

Продуктивність Q = 603,7 + 161,79 = 765,5 $м^3$/год.

Необхідна площа фільтрування при швидкості фільтрування 10 м/год визначається за формулою:

$$F = Q / \omega ,$$

$$F = 765,5/10 = 76,55 \text{ м}^2.$$

Приймаємо стандартний фільтр D = 3000 мм, $h_{ш.}$ = 2,5 м, f = 7,07 $м^2$.

Тоді дійсна швидкість фільтрування визначається за формулою:

$$\omega_д = Q / f / n = 765,5/7,07/11 = 9,84 \text{ м/год.}$$

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

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

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

$$Q_{доб.} = 24 \cdot 765,5 + 24 \cdot 765,5/12 = 19903 \text{ м}^3\text{/доб};$$

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

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

$$V_{кат.}^{вол.} = 19903 \cdot (0,4 + 10,12 + 1,105) / 600 = 385,62 \text{ м}^3.$$

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

$$V^{сух.}_{кат.} = V^{вол.}_{кат.} / K^{наб.}_{кат.} = 385,62/2,06 = 187,19 \text{ м}^3,$$

де $K^{наб.}_{кат.}$ - коефіцієнт набрякання катіоніту.

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

$$M^{сух.}_{кат.} = V^{сух.}_{кат.} \cdot \rho^{сух.}_{кат},$$

де $\rho^{сух.}_{кат.}$ - насипна густина катіоніту , т/$м^3$;

$$M^{сух.}_{кат.} = 187,19 \cdot 0,7 = 131,03 \text{ т};$$

Тривалість фільтрування визначається за формулою:

$$\tau = f_{к.} \cdot h_{ш.} \cdot E_{кат} \cdot n / Q / C ,$$

де С - концентрація всіх катіонів;

$$\tau = 7{,}07 \cdot 2{,}5 \cdot 600 \cdot 11/ 765{,}5 / (1{,}105 + 0{,}4 + 10{,}12) = 13{,}11 \text{ год.}$$

Добове число регенерації визначається за формулою:

$$m = 24 * n / \tau = 24 * 11/13{,}11 = 20{,}14 \text{ рег./доб.}$$

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

$$\sigma_{кисл}^{100} = f_{к.} \cdot h_{ш.} \cdot b \cdot E_{кат} / 1000,$$

де b - питома витрата кислоти, кг/м^3;

$$\sigma_{кисл}^{100} = 7{,}07 \cdot 2{,}5 \cdot 70 \cdot 600 / 1000 = 742{,}35 \text{ кг.}$$

Для приготування регенераційного розчину використовується 98,3%-ва сульфатна кислота (ρ = 1835,6 кг/м^3). Її витрата на одну регенерацію розраховується за формулою:

$$\sigma_{кисл}^{98,3} = 742{,}35 \cdot 100 / 98{,}3 = 755{,}19 \text{ кг} = 0{,}41 \text{ м}^3.$$

Добова витрата 98,3%-вої сульфатна кислоти визначаємо за формулою:

$$\sigma_{кисл}^{доб.} = \sigma_{кисл}^{98,3} \cdot m = 755{,}19 \cdot 20{,}14 = 15209{,}49 \text{ кг.}$$

Регенерацію першої ступіні Н-катіонітового фільтра здійснюємо 4%-вим розчином сульфатної кислоти (ρ = 1025 кг/м^3). Його кількість визначаємо як:

$$\sigma_{кисл}^{4} = 755{,}19 \cdot 100 / 4 = 18879{,}7 \text{ кг} = 18{,}42 \text{ м}^3.$$

Кількість води на приготування 4%-ного розчину сульфатної кислоти визначається як:

$$V_{H2O} = 18{,}42 – 0{,}41 = 18{,}01 \text{ м}^3.$$

Тривалість пропуску регенераційного розчину при швидкості потоку $\omega_{рег.}$ =5 м/год [7] визначається за формулою:

$$t_1 = \sigma_{кисл}^{4} / f_{к.} / \omega_{рег.} = 18{,}01/7{,}07/5 = 0{,}61 \text{ год.}$$

Витрата води на відмивання визначається за формулою 6:

$$V_{відм} = f_{к.} \cdot h_{ш} \cdot a,$$

де а - питома витрата води на відмивання, м^3/м^3;

$$V_{відм} = 7{,}07 \cdot 2{,}5 \cdot 9 = 159{,}08 \text{ м}^3.$$

Тривалість відмивання при швидкості відмивочного потоку

$\omega_{відм.}$ = 5 м/год визначається за формулою:

$$t_2 = V_{відм.} / f_{к.} / \omega_{відм.} = 159{,}08/7{,}07/5 = 4{,}5 \text{ год.}$$

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

$$V_{розп.} = f_{к.} \cdot t_3 \cdot i \cdot 60 / 1000 = 7{,}07 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 60 / 1000 = 12{,}73 \text{ м}^3,$$

де t_3 - час розпушення, хв.

Загальна тривалість регенерації визначається за формулою:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 = 0{,}61 + 4{,}5 + 10/60 = 5{,}28 \text{ год.}$$

Сумарну витрату води на регенерацію визначаємо за формулою:

$$V\Sigma = V_{H2O} + V_{відм} + V_{розп} = 18{,}01 + 159{,}08 + 12{,}73 = 189{,}82 \text{ м}^3.$$

Годинна витрата води на власні нестатки визначається за формулою:

$$q_{H2O} = V\Sigma \cdot m / 24 = 189{,}82 \cdot 20{,}14/24 = 159{,}29 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Для задоволення власних нестатків установки вихідної води необхідно:

$$765{,}5 + 159{,}29 = 924{,}79 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Це складе:

$$924{,}79 \cdot 24 \cdot 365 = 8101160{,}4 \text{ м}^3/\text{рік.}$$

Приймаємо до установки 11 катіонітових фільтрів I ступіні, шифр ФІПа I-3,0-6, D = 3000 мм, будівельна висота 5470 мм і один резервний.

6.2 Розрахунок та вибір допоміжного технологічного обладнання

Бак сульфатної кислоти

Необхідна ємність для збереження 98,3%-ної сульфатної кислоти становить:

$$V_к^{доб} = \Sigma(V_{Ki}^{98,3} * m_i)/ \rho,$$

де $V_{Ki}^{98,3}$ - витрата кислоти для кожної ступіні на одну регенерацію, м^3; m_i –

добове число регенерацій для кожної ступіні; ρ - густина 98,3%-ного розчину кислоти, $м^3$/кг;

$$V_{Кі}^{доб} = (136,05 * 0,226 + 340,32 * 0,45 + 755,19 * 20,14)/1835,6 = 8,4\ м^3$$

Ємність баку для добового запасу кислоти з урахуванням коефіцієнта запасу:

$$V_к = 1,3 * V_{Кі}^{доб} = 1,3 * 8,4 = 11\ м^3.$$

Приймаємо до установки бак сульфатної кислоти V = 11 $м^3$.

Місячний запас кислоти:

$$V_{міс} = V_к * 30 = 330\ м^3.$$

Приймаємо до установки бак для зберігання кислоти об'ємом 350 $м^3$.

Необхідна ємність для зберігання 4%-ного розчину сульфатної кислоти становить:

$$V_к^{доб} * 100/4 = 210\ м^3$$

Встановлюємо бак для 4%-ного розчину кислоти об'ємом 250 $м^3$.

Бак гідроксиду натрію

Необхідна ємність для збереження 42%-ного гідроксида натрію складає:

$$V_{л.}^{доб} = \Sigma(V_{лі}^{42} \cdot m_i)/\rho,$$

де $V_{лі}^{42}$ - витрата лугу для кожної ступіні на одну регенерацію, $м^3$; m_i - добове число регенерацій для кожної ступіні; ρ - густина 42%-ного розчину лугу, кг/$м^3$;

$$V_л^{доб} = (2356,67 * 18,45 + 1641,25 * 0,117 + 492,79 * 0,226)/1449 = 30,22\ м^3$$

Ємність мірника для добового запасу лугу з урахуванням коефіцієнта запасу:

$$V_л = 1,3 \cdot V_{лі}^{доб} = 1,3 \cdot 30,22 = 39,28\ м^3.$$

Приймаємо до установки бак гідроксиду натрію V = 45 $м^3$.

Місячний запас лугу :

$$V_{міс} = V_л \cdot 30 = 1178,45\ м^3.$$

Приймаємо до установки бак зберігання лугу об'ємом 1200 $м^3$.

Необхідна ємність для зберігання 4%-ного гідроксиду натрію становить:

$$V_л^{доб} \cdot 100/4 = 755,5\ м^3.$$

Встановлюємо бак для 4%-вого розчину лугу об'ємом 800 $м^3$.

Бак кислих регенераційних вод

Кислі регенераційні води з усіх ступіней збираємо в один бак, об'єм якого визначаємо за формулою:

$$V_{кисл} = 1,3 \cdot \sum V_{кисл.} = 1,3 \cdot (3,318 + 8,3 + 18,42) = 39,05\ м^3.$$

Приймаємо до установки бак кислих регенераційних вод об'ємом 50 $м^3$.

Бак лужних регенераційних вод

Лужні регенераційні води збираємо в один бак, об'єм якого визначаємо за формулою:

$$V_{луж.} = 1,3 \cdot \sum V_{луж.і} = 1,3 \cdot (11,81 + 39,34 + 56,49) = 139,9\ м^3.$$

Приймаємо до установки бак лужних регенераційних вод об'ємом 175 $м^3$.

Насос проясненої води

Насос повинен подати 600 $м^3$/год води на знесолюючу установку. Напір насоса проясненої води повинний бути більше розрахованих втрат напору в тракті, що складаються з:

- висоти підйому й усмоктування, м вод. ст.....7;
- опору на вході у Н-катіонітові фільтри, м вод. ст.….....16;
- втрати в шайбах витратомірів, м вод. ст.....….....1,5;
- втрати напору в трубопроводах, м вод. ст.....….....4;
- втрати в регулювальному клапані на вході води в декарбонізатор,

м вод. ст.....….....12.

Сумарні втрати напору становлять 40,5 м вод. ст. = 0,405 МПа.

Приймаємо до установки насос типу Х280/42, Q = 280 $м^3$/год, Н = 42 м вод. ст. з електродвигуном АО2-92-4 потужністю 100 кВт.

Насос знесоленої води

Насос повинен забезпечити подачу 175 $м^3$/год знесоленої води в котельний цех. Втрати напору по цьому тракті складають:

- втрати в шайбах витратомірів, м вод. ст.....4,5;
- втрати напору в трубопроводах, м вод. ст.....5;
- висота підйому в деаератор, м вод. ст.....14;
- опір на вході в деаератор, м вод. ст.....…….....12.

Сумарні втрати напору складають 35,5 м вод. ст. = 0,355МПа.

Приймаємо до установки насос типу Х280/42, Q=280 $м^3$/год, Н= 42 м вод. ст. з електродвигуном АО2-92-4 потужністю 100 кВт.

7 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ВІДДІЛУ ГЛИБОКОГО ЗНЕСОЛЕННЯ ВОДИ

Щоб теплові електростанції працювали надійно й економічно, необхідно правильно організувати водний режим. Для цього слід запобігати утворенню відкладень на стінках поверхонь та їх корозії.

Природна вода містить механічні домішки, різні розчинені солі та гази, тому, потрапляючи у теплову мережу розчинені речовини, що містяться у воді, утворюють накип і шлам, а розчинені корозійно-активні гази (кисень і вуглекислий газ) викликають корозію стінок обладнання.

Особливо високі вимоги ставлять до якості води, яка використовується для виготовлення пару для котельні. Запобігти утворюванню накипу можна, лише видаливши розчинені у воді солі.

Наявні в воді домішки утворюють відкладення в арматурі трубопроводів. Це призводить до нещільності арматури, зниження економічності і потужності всієї підживлювальної мережі.

В даному дипломному проекті було розроблено схему установки глибокого знесолення води, яка більш детально представлена у пункті 4 «Описання технологічної схеми виробництва»

Вода з турбінного відділення за допомогою насосів поступає на стадію освітлення води. Після чого освітлена вода подається на ряд механічних фільтрів для утримання завислих домішок, що проскочили з освітлювача. Після механічних фільтрів вода направляється на Н-катіонітові фільтри першого та другого ступеня, що підключені послідовно.

Після стадії іонного обміну вода направляється на дегазатор, де вивільнюється карбонатна кислота.

Наступною стадією очищення води для потреб котельні є аніонові фільтри першого та другого ступеню, що також підключені послідовно. завершальним етапом підготовки попередньо очищеної води є фільтри змішаної дії, які вже практично повністю знесолюють воду.

Отже, пройшовши всі стадії вода глибоко знесолюється і стає придатною для подання у котли.

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

На підставі аналізу технологічного процесу підготовки очищеної води постають наступні задачі автоматизації:

– контроль рівня води у баку для збирання вихідної води;

– контроль і регулювання витрати вапняного молока та коагулянту в освітлювач;

– контроль рівня води в освітлювачі;

– контроль рівня води у баку для збирання освітленої води;

– контроль зміни перепадів тиску на фільтрах - як механічних, так і на іонообмінних;

– контроль рівня води на фільтрах;

– контроль рівня кислоти у баку з розчином кислоти та лугу;

– контроль pH у баку з розчином кислоти та лугу;

– контроль концентрації вугільної кислоти після Н-катіонітових фільтрів;

– контроль та регулювання тиску у трубопроводах після насосів для подачі води на фільтри;

– контроль та регулювання витрати розчинів кислоти та лугу;

– контроль та регулювання тиску у трубопроводах перед подачею води до дегазатору;

– контроль рівня води у баку очищеної води.

Параметри регулювання та контролю відділення очищення води наведено у таблиці 7.1 [9].

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 рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Бак вихідної води	Рівень	3 м	Контроль, сигналізація
2	Мішалка з вапном	Рівень	1,5 м	Контроль, сигналізація
3	Насос-дозатор вапна	Витрата	0,7 мг-екв/дм^3	Контроль, регулювання
4	Мішалка з коагулянтом	Рівень	1,5 м	Контроль
5	Насос-дозатор коагулянту	Витрата	0,7 мг-екв/дм^3	Контроль, регулювання
6	Освітлювач	Рівень	2,3 м	Контроль
7	Бак освітленої води	Рівень	3 м	Контроль
8	Трубопровід 1о	Тиск	до 0,6 МПа	Контроль, регулювання
9	Механічний фільтр	Перепад тиску	0,3…0,35 МПа	Контроль
10	Механічний фільтр	Рівень	1,05 м	Контроль
11	Трубопровід 1м	Тиск	до 0,6 МПа	Контроль, регулювання
12	Н-катіоновий фільтр І ст.	Перепад тиску	0,3…0,35 МПа	Контроль
13	Н-катіоновий фільтр І ст.	Рівень	3 м	Контроль
14	Н-катіоновий фільтр І ст.	Перепад тиску	0,3…0,35 МПа	Контроль, сигналізація
15	Н-катіоновий фільтр І ст.	Рівень	1,8 м	Контроль
16	Проміжний бак кислоти	Рівень	3 м	Контроль, сигналізація
17	Проміжний бак кислоти	pH	4	Контроль
18	Трубопровід 12	Витрата	18,24 м^3/год; 8,3 м^3/год; 3,23 м^3/год	Контроль, регулювання
19	Трубопровід 1к	Концентрація H_2CO_3	1…1,5 мг-екв/ дм^3	Контроль
20	Трубопровід 1к	Тиск	0,15…0,3 МПа	Контроль, регулювання

Продовження таблиці 7.1

1	2	3	4	5
21	Трубопровід 3	Тиск	0,15…0,3 МПа	Контроль, регулювання
22	Трубопровід 1г	Тиск	до 0,6 МПа	Контроль, регулювання
23	Аніонітовий фільтр І ст.	Перепад тиску	0,45…0,5 МПа	Контроль
24	Аніонітовий фільтр І ст.	Рівень	3 м	Контроль
25	Аніонітовий фільтр ІІ ст.	Перепад тиску	0,45…0,5 МПа	Контроль
26	Аніонітовий фільтр ІІ ст.	Рівень	1,8 м	Контроль
27	Трубопровід 1а	Тиск	до 0,6 МПа	Контроль, регулювання
28	Фільтр змішаної дії	Рівень	1,44 м	Контроль
29	Фільтр змішаної дії	Тиск	0,45…0,5 МПа	Контроль
30	Проміжний бак лугу	Рівень	3 м	Контроль
31	Проміжний бак лугу	pH	4	Контроль
32	Трубопровід 13	Витрата	56,49 дм^3/год; 39,34 дм^3/год; 11,81 дм^3/год	Контроль, регулювання
33	Баки з відпрацьованими регенераційними розчинами	Рівень	3 м	Контроль
34	Бак очищеної води	Рівень	3 м	Контроль

7.2 Опис розробленої схеми автоматизації схеми відділення глибокого знесолення води

Для нормальної роботи усього технологічного устаткування, мінімізації можливих людських помилок, стабілізації, контролю та реєстрації технологічних параметрів розроблено схему автоматизації.

Для контролю рівня у баках вихідної води з відпрацьованими регенераційними розчинами та у баках очищеної води застосовано відповідно контури 1, 21, 31, 42, 43, які складаються з первинних перетворювачів рівня (по-

зиції 1-1; 21-1, 31-1, 43-1; 42-1), проміжних перетворювачів (позиції 1-2; 21-2, 31-2, 43-2; 42-2) та приладів вторинних показувальних, реєструвальних із вбудованими пристроями сигналізації (позиції 1-3; 21-3, 31-3, 43-3; 42-3).

Для контролю та регулювання витрати вапна та коагулянту застосовано відповідно контури 2, 5, які складаються з первинних перетворювачів витрати (позиції 2-1, 5-1), проміжних перетворювачів (позиції 2-2, 5-2), приладів вторинних показувальних, реєструвальних (позиції 2-3, 5-3), регулювальних блоків (позиції 2-4, 5-4), пускачів магнітних безконтактних реверсивних (МП2, МП3), виконавчих механізмів (позиції 2-5, 5-5).

Для контролю та регулювання зміни тиску в фільтрах розроблено відповідно контури 9, 12, 15, 29, 33, 37. Вони складаються з вимірювальних перетворювачів різниці тисків (позиції 9-1, 12-1, 15-1, 29-1, 33-1, 37-1), вторинних показувальних та реєструвальних приладів з вбудованими пристроями сигналізації (позиції 9-2, 12-2, 15-2, 29-2, 33-2, 37-2).

Контури 19, 26 та 40 застосовують для контролю рівня розчинів кислоти та лугу в проміжних баках кислоти та лугу, що складаються з первинних перетворювачів рівнеміра (позиції 19-1, 26-1, 40-1), приладів вторинних пневматичних показувальних та реєструвальних (позиції 19-2, 26-2, 40-2).

Для контролю та регулювання витрати розчину кислоти та лугу розроблено відповідно контури 17, 20, 39; 28, 35, 46, які складаються з первинних перетворювачів витрати (позиції 17-1, 20-1, 39-1; 28-1, 35-1, 46-1), проміжних перетворювачів (позиції 17-2, 20-2, 39-2; 28-2, 35-2, 46-2), приладів вторинних показувальних, реєструвальних (позиції 17-3, 20-3, 39-3; 28-3, 35-3, 46-3), регулювальних блоків (позиції 17-4, 20-4, 39-4; 28-4, 35-4, 46-4), пускачів магнітних безконтактних реверсивних (МП10, МП11, МП18, МП21, МП24, МР29), виконавчих механізмів (позиції 17-5, 20-5, 39-5; 28-5, 35-5, 46-5).

Для контролю та реєстрування pH розчинів кислоти та лугів застосовано контури 18, 41; 27. Вони складаються з таких ТЗА: первинних вимірювальних перетворювачів (позиції 18-1, 41-1; 27-1), перетворювачів високоомних

(позиції 18-2, 41-2; 27-2), показувальних та реєструвальних приладів (позиції 18-2, 41-2; 27-2).

Для контролю концентрації вугільної кислоти після Н-катіонітового фільтру застосовано контур 24. Він складається з первинного перетворювача (позиція 24-1), проміжного вимірювального перетворювача (позиція 24-2), електронного показувального та реєструвального приладу (позиція 24-3).

Для контролю та регулювання тиску в трубопроводах перед фільтрами застосовано контури 8, 11, 14, 25, 32, 36, 44, 45 які складаються з первинних вимірювальних перетворювачів (позиції 8-1, 11-1, 14-1, 25-1, 32-1, 36-1, 44-1, 45-1), вторинних перетворювачів (позиції 18-2, 11-2,14-2, 25-2, 32-2, 36-2, 44-2, 45-2), показувальних та реєструвальних приладів (позиції 18-3, 11-3, 14-3, 25-3, 32-3, 36-3, 44-3, 45-3), регулювальних блоків (позиції 18-4, 11-4, 14-4, 25-4, 32-4, 36-4, 44-4, 45-4), пускачів магнітних безконтактних реверсивних (МП5, МП7, МП9, МП17, МП20, МП23, МП26, МП28), виконавчих механізмів (позиції 18-5, 11-5, 14-5, 25-5, 32-5, 36-5, 44-5, 45-5).

7 СТАНДАРТИЗАЦІЯ, МЕТРОЛОГІЯ ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ З ЗАЛУЧЕННЯМ СТАНДАРТІВ ISO

Метою даного розділу є наведення відомостей про стандарти на аніоніт АВ-17-8, катіоніт КУ – 2 – 8 –Н, гідроксид натрію і сульфатну кислоту .

При експлуатації цеху знесолення води для потреб ТЕЦ повинні бути забезпечені надійність і безпеку їх роботи, а також безперервна і економічна робота технологічного обладнання електростанцій при дотриманні вимог охорони навколишнього середовища.

Цех знесолення води для потреб ТЕЦ повинен задовольняти нормативні (проектні) вимоги по стійкості, міцності, довговічності.

Споруди і конструкції, що знаходяться під напором води, а також їх підстави повинні задовольняти нормативні (проектні) показники водонепроникності і фільтраційної міцності. Повинні охоронятися від пошкоджень, що викликаються несприятливими фізичними, хімічними і біологічними процесами, впливом навантажень і води. Пошкодження повині бути своєчасно усунені.

Дренажні системи для відводу профільтрованої води повинні бути в справному стані; вони повинні бути обладнані водомірними пристроями. Капітальний ремонт цеху знесолення води для потреб ТЕЦ повинен проводитися в залежності від їх стану без створення по можливості перешкод в роботі електростанції.

Їдкий натр приймають партіями. Партією вважають кількість продукту, однорідного за своїми якостями, оформленого одним документом про якість.

При постановці продукту в залізничних або автомобільних цистернах кожну цистерну вважають партією.

Документ має містити:

1. товарний знак і (або) найменування підприємства-виробника;
2. найменування марки і сорт продукту;
3. номер партії і дату виготовлення;

4. масу брутто і нетто;
5. результати проведених аналізів або підтвердження про відповідність продукту вимогам цих технічних умов;
6. позначення цього стандарту [16].

За аналогічними правилами приймається сульфатна кислота.

Приймання катіоніту і аніоніту повинно виконуватись партіями. За партію приймають кількість іоніту однієї марки, однорідного за своїми якісними показниками з єдиним документом про якість. Маса партії у перерахунку на сухий продукт повинна бути не більше 5 т. Документ повинен містити такі реквізити:

Документ має містити:

1. товарний знак і (або) найменування підприємства-виробника;
2. найменування марки і сорт продукту;
3. номер партії і дату виготовлення;
4. масу брутто і нетто;
5. результати проведених аналізів або підтвердження про відповідність продукту вимогам цих технічних умов;
6. позначення цього стандарту.

Катіоніт і аніоніт упаковується у поліетиленові мішки по ГОСТ 17811. Мішок зашивають машинним способом або зав'язують. Маса катіоніту в мішку не повинна перевищувати 50 кг. Допускається пакування катіоніту у поліетиленові бочки, бідони.

Проби аніоніту і катіоніту відбирають щупом довжиною близько 1000 мм і діаметром 20-25 мм, виготовлений з нержавіючої сталі. Щуп занурюють до дна мішка. Допускаєте відбір проб з мішків з допомогою вакуумного пристрою для відбирання проб. Відібрані проби об’єднують разом, ретельно перемішують і відбирають середню пробу масою не менше 0,5 кг. Середню пробу кладуть в чисту суху банку, що щільно закривається кришкою, на яку наклеюють етикетку з позначеннями: найменування та марки продукту, номера

партії і дати відбору проби. Перед кожним випробуванням пробу ретельно перемішують.

Таблиця 8.1 – Зведений список стандартів, використаних при виконанні проекту виробництва знесоленої води для потреб ТЕЦ

№	Назва сировини, матеріалів, продукції, апаратури	Номер і назва стандарту, технічних умов
1	Нержавіюча сталь	ГОСТ - 03Х17Н14М3
2	Аніоніт АВ-17-8	ГОСТ 20301-74
3	Катионит КУ – 2 – 8 -Н	ГОСТ 20298-74
4	Гідроксид натрію	ГОСТ 2263-79
5	Сульфатна кислота	ГОСТ 2184-77

В розділі було приведено відомості про стандарти на аніоніт АВ-17-8, катионит КУ – 2 – 8 –Н, гідроксид натрію і сульфатну кислоту .

9 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВІДДІЛЕНЯ ГЛИБОКОГО ЗНЕСОЛЕННЯ ВОДИ

Процес знесолення води на тепловій електростанції, як і будь-який виробничий процес, супроводжується утворенням відходів. Метою даного розділу є визначити та класифікувати відходи, розрахувати їх кількість та навести можливі варіанти екологізації виробництва.

У даному проекті наведено схему очищення води для подальшої її подачі на парові котли. Для використання поверхневих вод треба ретельно продумати етапи її очищення так як вихідна вода без попередньої обробки призводить до відкладення накипу та викликати корозію внутрішньої поверхні теплообмінного устаткування. Враховуючи проблеми утворення накипу необхідно дотримуватись вимог щодо допустимої твердості води, яка становить: для водогрійних котлів – 50 мкмоль/дм^3, для парових – 20 мкмоль/дм^3 [12]. Тобто важливим завданням є забезпечення підготовки теплоносія високої якості.

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

Незважаючи на високу ефективність знесолення води шляхом іонного обміну, недоліками методу є утворення великої кількості рідких відходів – стічних вод після промивання, розпушування та регенерації іонітів; наявність твердих відходів, утворення яких пов’язано з коротким терміном експлуатації вітчизняних іонітів (5 років), та утворення забрудників у газовій формі. Гранично допустима концентрація в стічних водах сульфатів та солей кремнієвої кислоти 400 мг/дм^3 [13], тоді як поточна їх концентрація становить 730 мг/дм^3. Відпрацьовані регенераційні розчини іонітових установок в залежності від місцевих умов слід направляти в накопичувачі, побутову або виробничу каналізацію; слід також розглядати можливість обробки концентрованої

частини вод для їх повторного використання. Відпрацьовані розчини перед скиданням у каналізацію після усереднення потрібно, при необхідності, нейтралізувати.

Також тверді відходи іонітів треба утилізувати шляхом їх повторного використання чи спалювання. Відходи у газовій фазі потрібно піддавати очищенню до допустимої концентрації їх у повітрі.

Отже, у розглянутому проекті є багато екологічних забрудників, які слід видаляти, щоб зменшити навантаження на навколишнє середовище.

9.2 Можливі варіанти екологізації виробництва

З метою зменшення кількості відходів потрібно використовувати ресурсозберігаючі безвідходні та маловідходні технології комплексного перероблення сировини. При цьому доцільно організувати територіально-виборчий комплекс, де відходи даного виробництва повністю або частково будуть для нього сировиною. Для ефективного вирішення проблеми утилізації відходів виробництва потрібно здійснити їх паспортизацію, оцінити токсичність і вивчити наслідки їх впливу на екосистему.

Отже, актуальною та важливою задачею є розробка ефективних і економічних заходів щодо суттєвого зменшення витрат регенераційних реагентів та захисту водних об’єктів від забруднення мінеральними солями .

Щодо забрудників, що знаходяться у рідкій фазі, тобто регенераційних та відмивних вод, то одним із рішень екологізації є випарювання регенераційного розчину – переведення розчинника (води) з рідкого стану в газоподібний. Однак випарні установки досить енергозатратні, до того ж залишається невирішеною проблема утилізації твердого концентрату, у нашому випадку - це сульфати та солі кремнієвої кислоти. Але якщо розглядати їх як вторинну сировину для інших виробництв, то солі можна направляти на ці підприємства або, у кращому випадку, продавати. Тоді проблемою залишиться розділення цих солей.

Але на цьому методи утилізації регенераційних вод не закінчуються. Перший спосіб полягає у регенерації іонітів реагентом, який використовують в основному виробництві як сировину або допоміжний матеріал, з подальшим поверненням реагенту, що утворюється, в основне виробництво без спеціальної обробки. З погляду екологізації цей спосіб базується на принципі скидання хімічних забруднювачів у водойми, розсіяного випускання їх на поверхня землі з добривами або включення до складу основних продуктів виробництва.

Другий спосіб полягає у регенерації іонітів розчином реагенту, який є відходом виробництва на даному або сусідньому підприємстві з подальшою подачею реагенту на змішування з основним потоком відходів виробництва. Цей спосіб заснований на принципі попередньої експлуатації стічних вод, що містять регенеруючий агент, перед їх ізоляцією або знешкодженням.

Третім способом є обробка регенераційних розчинів хімічними, фізичними або біологічними агентами. З хімічних агентів використовують окисники, осаджувачі, газоутворювачі, іоніти тощо. Також до хімічних методів очищення можна віднести метод нейтралізації. Цей метод є важливим способом загального регулювання pH. Завданням нейтралізації є доведення реакції промивної води до нейтральної (pH 7,0). Для нейтралізаціх кислих вод використовують як розчинні, так і слаборозчинні у воді реагенти. До перших належать: вапно, їдкий натр, сода, до других - оксид та гідроксид магнію, карбонати кальцію та магнію. З фізичних – високі та низькі температури, УФ-опромінення, використання водяної пари, електричний струм.

Щодо твердих відходів, то основним джерелом є відпрацьовані іоніти. Першим 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. А також в якості загрузки в механічний фільтр.

Найбільш реальним методом екологізації є перший спосіб, який полягає у регенерації іонітів реагентом, який використовують в основному виробни-

цтві як сировину або допоміжний матеріал, з подальшим поверненням реагенту, що утворюється, в основне виробництво без спеціальної обробки. Цей спосіб базується на принципі скидання хімічних забруднювачів у водойми, розсіяного випускання їх на поверхня землі з добривами або включення до складу основних продуктів виробництва.

Однак, метод не позбавляє нас від проблеми повної утилізації сульфатів та силікатів. Реактиви коштують дорого для такого способу, і за підрахунками, на даний час вигідніше заплатити встановлений податок.

9.3 Екологічний моніторинг

Для отримання неперервної і повної інформації про стан довкілля необхідно розвивати і вдосконалювати систему екологічного моніторингу, який має забезпечувати достовірну оцінку зазначеного стану та обґрунтування керівних рішень щодо його поліпшення. Заходи мають включати формування комплексних програм розвитку виробництва для кожного підприємства щодо забезпечення раціонального і безпечного природокористування.

У технологічному аспекті найважливішим завданням є зменшення скидів забруднених вод за рахунок підвищення якості їх очистки, ширшого використання очищених вод на технічні потреби підприємств. У разі такого використання до води ставляться загальні вимоги: безпечність для здоров'я обслуговуючого персоналу, відсутність негативних органолептичних властивостей, корозійної дії щодо металу і бетону. Така вода не повинна спричиняти біологічних обростань і сольових відкладень, погіршувати техніко-економічні показники виробничого процесу, зумовлювати виникнення нештатних чи аварійних ситуацій.

Екологічний моніторинг виробництва включає в себе систему нагляду, аналізу та зберігання інформації про стан навколишнього середовища, прогнозування її змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій щодо покращення екологічного стану на підприємстві і навколо нього та для при-

йняття ефективних управлінських рішень. Таким чином, 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 проводиться аналіз стічних вод цеху на вміст солей сульфатної кислоти. Відбір проби проводиться щодня у місцях зливу відпрацьованої води до баків-усереднювачів.

9.4 Розрахунок екологічних платежів

У разі скидання до каналізації стічних вод, концентрація шкідливих речовин (у даному випадку хлоридів) у яких перевищує гранично-допустиму, за нормами технологічного контролю у якості екологічного платежу потрібно сплачувати штраф. Плата за 1 умовну тонну води з перевищеною концентрацією солей кремнієвої та сульфатної кислот становить 8 грн [14].

Формула для розрахунку екологічних платежів за стоки має наступний вигляд:

$$P = C \cdot V \cdot Ст, \qquad (9.1)$$

де C – концентрація сульфатів та силікатів у стоках, C = 75 000 мг/дм^3, V – об’єм стоків, м^3,

Ст – ставка за одну умовну тонну, Ст = 8 грн/ум.т.

$$V = V^* \cdot T_{еф}, \qquad (9.2)$$

де V^* – витрата відпрацьованої води, V^* = 600 м^3/доб, $T_{еф}$ – ефективний час роботи підприємства, $T_{еф}$ = 365 днів.

$$V = 600 \cdot 365 = 219\ 000\ м^3/рік.$$

Таким чином річна сплата екологічного платежу становить:

$$P = 75\ 000 \cdot 219\ 000 \cdot 8 / 1\ 000\ 000 = 131\ 520\ грн/рік.$$

Величина екологічного платежу за 1 м^3 стоків становить:

$$P_м^3 = P / V = 131\ 520 / 219\ 000 = 0{,}6\ грн./м^3. \qquad (9.3)$$

У результаті діяльності відділення глибокого знесолення води досягнуто основної мети – задоволення власних виробничих потреб підприємства, тобто отримання знесоленої води для котельного відділення теплових мереж. Дане відділення порушує нормативи законодавства щодо викидів та стоків, величина екологічного платежу за 1 $м^3$ стоків становить 0,6 грн./$м^3$.

10 ОБ’ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ

Загальними умовами для розміщення підприємств всіх галузей промисловості є економічність, якнайменші питомі витрати при будівництві і експлуатації підприємства, наявність будівельних баз і можливість комбінування з іншими галузями виробництва.

Метою даного розділу є об'ємно-планувальне рішення відділення цеху знесолення води для потреб ТЕЦ за допомогою іонного обміну, провести вибір основних конструкційних елементів для організації ефективного виробництва.

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

Вимоги до розміщення схеми технологічного процесу в просторі:

- раціональна організація технологічного процесу і ремонту (зокрема мінімальна довжина трубопроводів).
- забезпечення умов безпечної роботи;
- нормальні санітарно-гігієнічні умови праці для обслуговуючого персоналу;
- використання збірних залізобетонних конструкцій;
- мінімальна вартість;

Переваги розміщення устаткування на відкритих майданчиках:

- поліпшення умов праці у виробничих приміщеннях;
- зниження капвкладень за рахунок зменшення об’єму спорудження приміщення;
- скорочення термінів здачі об'єктів в експлуатацію;
- зниження витрат на вентиляцію й опалення будинків.

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

Виходячи з технологічної схеми, вибираємо одноповерхове приміщення. Будинок однопрогоновий, ширина прольоту 24 метри. Крок колони 6 метрів.

Компонування устаткування в будівлі виявляє: конфігурацію будинку, його поверховість і розміри в плані, допоміжних приміщень, монтажних проходів, наявність вантажопідйомного устаткування.

Конфігурація будинків, як правило, прямокутної форми, тому що це дозволяє просто і зручно організувати загальнозаводську територію, приймати прості проектні рішення. Поверховість визначається певними умовами роботи проектованого виробництва (вертикальний або горизонтальний технологічний процес). У разі потреби можна застосовувати укриття у вигляді шатра, будок, цехів без стін — з одним тільки дахом.

При розміщенні устаткування у закритих будівлях необхідно передбачати:

- площі для тимчасового зберігання контейнерів із сировиною, проміжними продуктами;
- зручне обслуговування болтових з'єднань, фланців, люків, арматури, трубопроводів, частин апаратів;
- можливість швидкої заміни апаратів із невеликим терміном служби, а також змінних деталей.
- площу для збереження тари й упакованих готових продуктів, демонтовані деталі апаратів (на час ремонту, виконуваного на місці);
- резервні площі (передбачаються для наступного збільшення потужності виробництва, оскільки не вигідно попередньо встановлювати резервні апарати, які на час пуску морально застарівають);

- підйомно-транспортні пристрої для монтажу, експлуатації демонтажу устаткування (мостові і підвісні крани);
- проходи, що забезпечують безпечне обслуговування. Проходи у світлі (між найбільше виступаючими частинами устаткування) повинні бути не менше 1 м, по фронту обслуговування машин (насоси, компресори) — не менше 1,5 м; проходи для періодичного обслуговування — не менше 0,8 м (у тому числі від стіни);
- машини й апарати, що обслуговуються підйомними кранами, необхідно розміщувати у зоні наближення гака крана;
- установку майданчиків, монтажних прорізів, захищених огородженнями для зручності огляду, ремонту і монтажу устаткування;
- засоби механізації завантаження та розвантаження сировини і продуктів, транспорт при вантажно-розвантажувальних роботах.

Оскільки розміри апаратів не надто великі їх розміщують в закритих будівлях.

Розрахунок ширини робочого проходу:

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

$$a = (a_1 + a_2)/2, \qquad (10.2)$$

де a_1, a_2 – зони обслуговування.

$$a = \frac{1{,}1 + 1{,}1}{2} = 1{,}1 \text{ м.}$$

$$l_{\text{пр}} = 1{,}1 \cdot 1{,}4 = 1{,}5 \text{ м.}$$

Відстань між обладнанням та стіною (між двома одиницями обладнання):

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

Приймаємо ширину зон обслуговування апаратів 1,5 м та відстань до стін 1,3 м.

Висота приміщення визначається за формулою:

$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6$

де h_1 – найбільша висота технологічного устаткування;

h_2 – мінімальна відстань між устаткуванням і піднятим вантажем, становить, як правило, 500 мм;

h_3 – найбільша висота підйому вантажу;

h_4 – відстань від верху вантажу до центра гака, обумовлена конструкцією траверси, приймається, як правило, 1000 мм;

h_5 - відстань від центра гака в граничному верхньому положенні до рівня голівки підкранової рейки, приймається 500…650 мм залежно від типу крана;

h_6 – відстань від верха голівки підкранової рейки до низу кроквяної конструкції, приймається 2200…3500 мм залежно від вантажопідйомності крана:

$$H = 8+0,5+3+1+0,5+3,5 = 17,00 \text{ м.}$$

З урахуванням наведених розмірів обладнання, відстані між обладнанням, відстані до стінок будівлі та оптимального розміщення апаратів, довжина виробничої будівлі складає 42м, ширина – 24 м, висота – 18м.

Все обладнання розташоване всередині приміщення.

10.2 Характеристика підйомно-транспортного устаткування

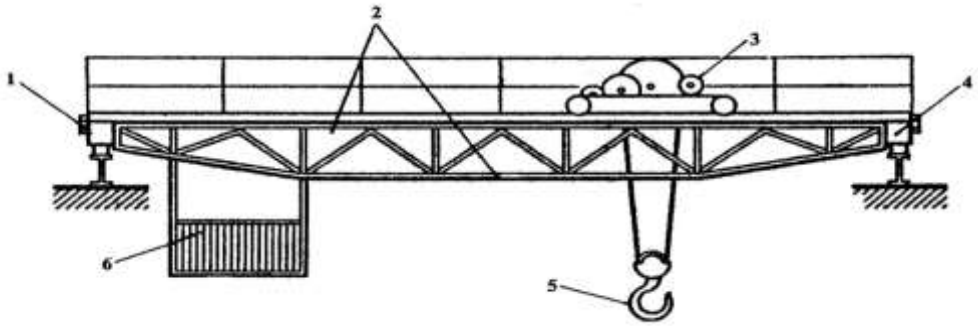
Підйомно-транспортне обладнання призначається для механізації праці при виконанні таких операцій: розвантаження і навантаження транспортних засобів; переміщення і підйом вантажів на різні рівні будівлі; укладання їх штабелями, на стелажі і в підсобні приміщення; внутрішньо-складське і внутрішньо-магазинне переміщення вантажів до місця їх дальшої обробки.

Підйомно-транспортне обладнання поділяють за такими основними ознаками: функціональним призначенням; ступенем механізації праці; періодичністю дії; родом перероблюваного вантажу; типом приводу.

Підйомно-транспортне обладнання має бути безпечним в експлуатації; гарантувати високу продуктивність і мати високий коефіцієнт корисної дії; бути зручним у роботі й легким в керуванні; мати необхідну конструктивну міцність і довговічність; бути економічним у виготовленні та користуванні.

Кранами називають вантажопідйомні машини періодичної дії, за допомогою яких піднімають вертикально і переміщують горизонтально штучні, затарені й сипкі вантажі, утримувані вантажо-затискним органом[4].

Залежно від конструкції вирізняють крани вантажопідйомні мостові, козлові, крани-штабелери, автомобільні крани тощо. У підприємствах оптової торгівлі, а також на товарних дворах при станціях залізниць використовують вантажопідйомні мостові і козлові крани, крани-штабелери, автомобільні крани. Мостові крани (рисунок 10.1) дістали таку назву від основного несучого органу (металевої конструкції прогонної будови), так званого мосту, перекинутого через складські приміщення від однієї стіни до іншої.



1,4 – поперечні балки; 2 - мостова повздовжня балка балка; 3 – вантажний візок; 5 - гакова підвіска; 6 – кабіна

Рисунок 10.1 – Мостовий кран

На мосту крана встановлено кілька механізмів: піднімання вантажу; пересування крана; пересування вантажного візка (вантажного затискача).

Міст пересувається по підкрановому шляху на сталевих колесах, які приводяться в дію електродвигуном. Вантажний візок крана піднімає і пересуває вантаж упоперек складу, а міст пересувається вздовж складу.

Краном керують з підвішеної до мосту кабіни або за допомогою кнопкової станції, розміщеної всередині складу на підлозі. Мостові крани застосовують переважно в закритих складських приміщеннях і під навісами. Порівняно з іншими вантажопідйомними машинами такі крани дають змогу повніше використовувати складські площі, переміщувати вантажі по всій площі складу, укладати їх високими штабелями.

10.3 Конструктивне рішення будівлі і її елементів

Вибір поверховості проектованої будівлі варто здійснювати з урахуванням переваг і недоліків, розглянутих у попередніх розділах.

У цілому, рішення про будівництво одноповерхової будівлі може бути викликано й обґрунтовано такими вихідними даними:

- розвинутим по горизонталі технологічним процесом;
- великогабаритним устаткуванням і продукцією, що випускається;
- значними навантаженнями, включаючи динамічні;
- підйомно-транспортними устроями (крани різного типу) великої вантажопідйомності;
- підлоговим рейковим транспортом для завезення і вивозу продукції, перевезень усередині будівлі;
- наявністю достатньої ділянки для забудови зі слабкоухиленим рельєфом і рівними по площі гідрогеологічними умовами;
- високими сейсмічними і вітровими навантаженнями;
- прагненням по можливості сховати об'єкт від огляду зі значної відстані, не порушуючи природний ландшафт;
- відсутністю суворо заданих параметрів внутрішньоцехового середовища;

- використанням для повітрообміну всього об’єму будівлі природно організованої вентиляції — аерації;

- використанням природного освітлення через бічні і верхні світлопрорізи на всій робочій площі в будівлі;

- підвищеною пожежною і вибуховою небезпекою виробництв, розташованих у будинку;

- підвищеними вимогами до евакуації людей в аварійних ситуаціях;

- скороченими термінами будівництва;

- наявністю розвитої індустріальної бази для масового виготовлення і монтажу (або тільки транспортування і монтажу) конструкцій одноповерхових будівель, зокрема з ЛМК (легких металевих конструкцій).

Розглянемо основні конструктивні елементи промислових будівель.

Колони — це вертикальні підтримкові елементи каркасу будівель. Виконують колони з залізобетону або сталі. Залізобетонні колони одноповерхових промспоруд виготовляють прямокутного перерізу і двогілковими. За розташуванням у будівлі колони розрізняють крайні (що розташовуються уздовж зовнішніх стін) і середні. У будівлях, обладнаних мостовими кранами, крайні колони мають односторонні, а середні колони — двосторонні консолі, на які встановлюють підкранові шляхи.

Сталеві колони доцільно застосовувати в одноповерхових будівлях великої висоти, обладнаних мостовими кранами значної вантажопідйомності. Сталева колона складається з оголовка, стрижня і бази. Виконують їх з елементів сталевого прокату (листів, кутків, швелерів та ін.).

Кранові шляхи, які встановлюються на консолі колон, складаються із залізобетонних або сталевих підкранових балок і укладених по них кранових рейках.

Фундамент - частина будівлі або споруди, яка знаходиться під землею, сприймає і передає навантаження від будівлі або споруди на основу, тобто на лежачу нижче товщу ґрунту.

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

За конструкцією фундаменти підрозділяють на стрічкові, суцільні, пальові і стовпчасті.

Стовпчасті фундаменти у вигляді стоячих окремо опор найбільше поширені у промисловому будівництві. Їх застосовують у каркасних будівлях під залізобетонні або сталеві колони каркасу. Фундаменти складаються з підколінника і плити. Підколінник має спеціальне заглиблення - стакан, в який установлюють залізобетонну колону. У зазор між колоною і стінками стакана закладають бетон.

Для даного цеху вибираємо залізобетонний фундамент стаканного типу.

Покриття служить для захисту приміщень від атмосферних впливів. Покриття складається з підтримкової і захисної частин. До підтримкової частини покриттів одноповерхових промспоруд входять ферми, у захисне — плити покриття, утеплювач, гідроізоляція тощо.

Ферми і балки звичайно виготовляють із залізобетону, рідше — зі сталі. Типові залізобетонні кроквяні балки застосовують для невеликих і середніх по розміру прорізів – 6, 9, 12 і 18 м.

У даному дипломному проекті використовуємо залізобетонну пряму ферму прольотом 24 м.

Плити покриття. По балках і фермах укладають плити покриття, що сприймають навантаження, утворювані дахом, снігом, вентиляційними та іншими устроями, установленими на даху будівлі, і передають їх на підтримкові конструкції покриття або стіни. Типові залізобетонні плити покриття масового виготовлення мають розміри у плані 3х6 і 3х12 м. Плити покриття застосовують чотирьох типів: без прорізу в полці — тип ПГ, із прорізом у полці для пропускання вентиляційної шахти або повітроводу дахового вен-

тилятора - тип ПВ, із прямокутними прорізами між ребрами для легкого скидання даху над вибухонебезпечними приміщеннями цехів — тип ПЛ, із прорізами у полці для устрою зенітного ліхтаря — тип ПФ.

Стіни будівель підрозділяються на зовнішні і внутрішні. Залежно від конструктивної схеми і ролі, яку вони виконують, стіни класифікують як підтримкові, самопідтримкові і непітримкові (навісні).

Несучі стіни сприймають усі навантаження, що виникають у будівлі, і передають їх на фундамент. Найчастіше їх виконують із цегли товщиною 380, 510 і 640 мм.

Самопідтримкові стіни сприймають навантаження власної маси і вітрове навантаження. Виконують їх із цегли, блоків або панелей.

Непідтримкові (навісні) стіни застосовують найбільш широко. Їх звичайно виконують із панелей, які навішують на колони каркаса будівлі. Кожна панель несе навантаження власної маси і вітру в межах однієї панелі. Перегородки в одно- і багатоповерхових будівлях служать для виділення окремих приміщень і підрозділяються на ті, що перегороджують (перепиняють доступ у визначене приміщення) і розділювальні (перешкоджають поширенню виробничих шкідливих факторів).

Підлоги промислових будівель складаються з основи, шару, що підстеляє, і покриття. Основою для підлоги служать: на перших поверхах — ґрунти, на міжповерхових перекриттях — плити перекриття. Крім цих основних шарів, у конструкцію підлоги можуть входити прошарок, гідроізоляція, теплоізоляція та ін.

Назву підлозі дають за її верхнім шаром-покриттю. Розрізняють земляні або глинобитні покриття підлоги, цементно-пісчані, цементно-бетонні, асфальтобетонні, полімерцементно-бетонні, полівінілацетатні, ксилолитові, шлакоситалові, клінкерні й інші покриття підлог.

Вікна. У промислових будівлях використовується переважно природне освітлення. Розміри вікон слід призначати відповідно ГОСТ 12506–81, висота вікон приймається кратною 600 мм, ширина 500 мм. В панельних стінах ши-

рина вікна може бути прийнята 3020 мм, або виконана стрічковим засклен-ням. Низ вікна розташовується на відстані 1,2 м від підлоги. Віконні рами роблять із дерева (для виробництв із нормальним температурно-вологістним режимом), сталі або алюмінію (у будівлях підвищеної капітальності) і залізо-бетону (у будівлях із підвищеною вологістю). Заповнення віконних прорізів може бути подвійним або одинарним, залежно від розрахункового перепаду температур зовнішнього і внутрішнього повітря, виду будівлі і приміщень. Світлові прорізи влаштовують у вигляді окремих вікон, стрічок або суцільні. Крім листового скла, для заповнення віконних прорізів застосовують склоб-локи, профільне скло коробчатого або швелерного перерізу.

Ворота і двері. Розміри воріт і дверей та їх кількість для кожного приміщення визначають залежно від необхідної пропускної спроможності. Відповідно до призначення приміщення рекомендується виконувати двері з розмірами:

а) для внутрішніх дверей: ширина 1200, 1020, 920, 820, 720 мм.; висота 2400, 2100 мм.;

б) для зовнішніх дверей: ширина 1060 мм; висота 2400, 2100 мм.

При виборі розмірів воріт необхідно враховувати розміри рухомого транспорту та вантажу. Для даного проекту прийнято зовнішні ворота 3000х3000, двері 1200х2400.

10.4 Ситуаційний план та його опис

Ситуаційний план промислового підприємства являє собою накреслену в масштабі схему промислового майданчика з зображеними проектованими та існуючими будівлями і спорудами, основними дорогами і проїздами, бла-гоустроєм й озелененням території.

Ситуаційні плани промислових підприємств виконують із дотриманням вимог діючих СНіП, інструкцій із розробки схем генеральних планів,

санітарних норм проектування промислових підприємств, Держстандартів і інших нормативних документів.

Рішення ситуаційного плану повинно забезпечувати найбільш сприятливі умови для виробничого процесу і праці, раціональне використання земельної ділянки, найбільшу ефективність капітальних вкладень, раціональну організацію виробничих, транспортних та інженерних зв'язків на підприємствах, між ними і житловою територією, захист оточуючих територій від забруднень тощо.

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

Передзаводську зону підприємства розміщують із боку основних під'їздів і підходів працівників до підприємства. Проектні рішення зони погоджують із містобудівними вимогами, надаючи їй архітектурну промовистість та індивідуальність. У передзаводській зоні розташовують групу будівель обслуговування трудящих, заводоуправління, центральну заводську лабораторію, поліклініку, їдальню, гараж та інші об'єкти. У зоні влаштовують головний вхід на підприємство і головний передзаводський майдан з відкритими стоянками для автомобілів.

Виробничу зону, як правило, розташовують у центральній частині майданчика підприємства. У межах зони розміщують будівлі основних виробництв, в яких виготовляють, обробляють і збирають різноманітні види промислової продукції, а також будівлі допоміжних виробництв — інструментальні, ремонтні, модельні, експериментальні цехи та ін.

Підсобну зону розташовують безпосередньо біля виробничої, розміщуючи у ній будівлі обслуговуючих виробництв: електростанції, котельні, компресорні, газгольдерні, газогенераторні, кисневі й ін.

Складську зону доцільно розміщувати біля зовнішніх меж підприємства з огляду на ефективне використання залізничного транспорту для підвозу-вивозу сировини і готової продукції.

При проектуванні кожної зони, будівлі і споруди в них варто об'єднувати в групи, родинні за призначенням, за ступенем шкідливості виробництв, їх пожежо- і вибухонебезпечності. Групуючи об'єкти, варто прагнути до такого їхнього розташування, щоб найбільша кількість працівників не піддавалася впливу шкідливостей і у випадку аварії знаходилася поза небезпечної частини території підприємства.

Правильне взаємне розташування зон і належного угрупування в них будівель і споруд - основа раціональної побудови ситуаційного плану.

Для зменшення загазованості житлового масиву викидами промислових підприємств їх розташовують із урахуванням переважного напрямку вітрів, що визначають по середній розі вітрів літнього періоду на основі багаторічних спостережень (50÷100 років) метеорологічних станцій.

Розу вітрів розташовують на ситуаційних планах у верхньому лівому куті креслення й будують у відповідному масштабі в такий спосіб , коло ділять на 8 або 16 рівних частин і в результаті одержують 8 або 16 румбів: Пн, Пд, З, С, ПнЗ, ПнС, ПдЗ, ПдС. Від центра кола (початок координат) відкладають в обраному масштабі відсоткову повторюваність вітрів протягом року (результат багаторічних спостережень) по відповідних румбах. Отримані точки з'єднують. Найбільш витягнута сторона отриманої фігури показує напрямок пануючих вітрів.

Промислові будівлі рекомендується розташовувати поздовжню віссю по напрямку до пануючого вітру або під кутом 45° до нього.

Для виключення або зменшення заносу шкідливостей у житловий район вітрами інших напрямків, що відрізняються від переважного, між підприємством і житловим районом передбачають санітарно-захисну зону.

Ширину санітарно-захисної зони визначають залежно від виду виробництва, шкідливостей, що виділяються і умов технологічного процесу

відповідно до вимог СН 245-71. Класифікація підприємств, виробництв і об'єктів установлює п'ять класів мінімальних санітарно-захисних зон:

I — 1000 м; IV — 100 м;

II — 500 м; V — 50 м.

III — 300 м;

Санітарно-захисну зону або її частину не можна використовувати як резерв для розширення території підприємства.

Будівлі і споруди на території промислового підприємства варто розташовувати компактно, відповідно до їхнього технологічного взаємозв'язку, характером шкідливостей, що виділяються і в залежності від пожежо- і вибухонебезпечності виробництв.

Для обмеження поширення пожежі територією підприємства істотне значення має дотримання визначених відстаней між будівлями. При визначенні протипожежних відстаней за основу взято ступінь вогнестійкості будівель і категорія виробництва за вибуховою, вибухопожежною і пожежною небезпекою. Так, відстані між будівлями і спорудами I і II класів вогнестійкості, якщо в них не розміщені виробництва, небезпечні по вибуху або пожежі, звичайно не нормують. Якщо ж у цих будівлях розміщені вибухо- або пожежонебезпечні виробництва, то відстані між ними приймають не менше 9 м. Для будівель III, IV і V ступенів вогнестійкості названі відстані збільшують до 12, 15 і 18 м.

Мінімальні відстані від будівель і споруд до відкритих складів, а також між складами приймають у межах 6÷42 м, залежно від ступеня вогнестійкості будівель і споруд, типу складу і його об’єму.

Санітарний розрив між будівлями, що освітлюються через віконні прорізи, для забезпечення необхідної інсоляції повинен бути не менше висоти (до верха карниза) протилежного найбільш високої будівлі.

Оскільки санітарні розриви і протипожежні відстані між будівлями і спорудами найчастіше не збігаються за розміром, приймають найбільші відстані.

Територію промислового підприємства варто упорядковувати. Благоустрій території служить важливій меті зберігання й оздоровлення середовища, що оточує людину на виробництві, формуванню умов, що сприятливо впливають на психофізичний стан людини, збереження її здоров'я, поліпшення умов і підвищення продуктивності праці.

До благоустрою території відносять зелені насадження, природний ландшафт, кольорову гаму будівель, споруд, відкритого устаткування, покриттів доріг і тротуарів, малі архітектурні форми (навіси, альтанки, декоративні стінки, ослони, квіткові вази, елементи наочної агітації, твори монументальної творчості та ін.), майданчики для відпочинку і занять спортом.

Площу озеленених ділянок визначають із розрахунку не менше 3 $м^2$ на одного працівника у найбільш численній зміні, проте граничний розмір ділянок не повинен перевищувати 15% площі території підприємства. Основними елементами озеленення служать газон та місцеві види деревинно-чагарникових рослин.

В даному дипломному проекті ситуаційний план включає в себе наступні приміщення та майданчики: прохідна 1, автомобільна стоянка 2, адміністративний корпус 3, відкритий майданчик 4, склад 5, котельно-турбінний цех 6, цех знесолення води 7 .

11 ОХОРОНА ПРАЦІ

Розглянувши технологічну схему відділення можна прийти до висновку, що на виробництві використовуються шкідливі й небезпечні виробничі фактори, до складу яких входять: агресивні та токсичні речовини, пожежонебезпечні матеріали та речовини, електроенергія, механічна, теплова енергії, енергія стисненого газу та хімічних реакцій.

До небезпечного обладнання у відділенні можна віднести: апарати під тиском, обладнанні аерожолобами, апарати електричної та механічної дії.

При проектуванні виробництва прийняті проектні рішення, які відповідають вимогам охорони праці та пожежної профілактики.

Зробивши висновки щодо шкідливості та небезпечності виробництва, вжито відповідні заходи для створення у виробничих приміщеннях оптимальних умов праці, пожежної профілактики.

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

11.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042 – 99 можна зробити висновок, що роботи у цеху відносяться до категорії середньої важкості IIб. У таблиці 11.1 наведені оптимальні значення параметрів мікроклімату прийняті проектом.

Таблиця 11.1- Оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничого приміщення

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологa , %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Середньої важкості IIб	17 – 19	40 – 60	0.2
Теплий		20 – 22	40 – 60	0.3

У цеху водопідготовки передбачається використання агресивних та шкідливих речовин, тому в таблиці 11.2 представлено коротку санітарну характеристику цеху згідно до ГОСТ 12.1.005-88.

Деякі з цих речовин можуть бути у вигляді пилу. Шкідлива дія пилу може проявитися у вигляді механічних пошкоджень шкіри, слизової оболонки, дихальних шляхів, очей, легенів, а також у вигляді токсичної (отруйної) і хімічної дії.

Для захисту персоналу від пилу введено індивідуальне захисне оснащення: застосування протипилевого одягу, респіраторів, захисних окулярів, марлевих пов'язок, протигазів.

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

Для нормалізації мікроклімату застосовуємо змішану загальнообмінну вентиляцію для рівномірного повітрообміну. Місцева вентиляція служить для подачі свіжого повітря до робочого місця. Аерація передбачена для видалення забрудненого повітря з місця його утворення. Для підвищення ефективності вентиляційних систем передбачена герметизація всього технологічного обладнання та укриття місць пиловидалення із пристроєм місцевих відсмоктувачів.

Таблиця 11.2. Коротка санітарна характеристика цеху (лабораторії), що проектується

Назва виробничої дільниці	Шкідливі речовини, що використовуються в цеху	Група шкідливої речовини, характеристика шкідливої дії	ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони. мг/м3	Клас небезпечності шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Засоби долікарської допомоги
1	2	3	4	5	6	7	8
Хімічний цех	H_2SO_4 (концентрована та розбавлена)	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 Респіратор РУ-60М, УК-2, РП-К ГОСТ 12.4.103-80; каски,	Гравіметричний та санітарно-хімічний, 1 раз на місяць	При вдиханні: свіже повітря, інгаляція 2% розчином соди; при опіках: промити мильною водою та слабим розчином соди; з очей змити водою
	NaOH		0,5	II			Промити водою та обробити 5% розчином оцтової кислоти, а очі 2% розчином борної кислоти

	Na_3PO_4			IV	ГОСТ 12.4.087-84		
	Сірчано-кисле залізо		2	IV			Промити водою чи змочити 24% розчином соди чи фосфату натрію
	Вапняне молоко		6	IV			Витерти осад, промити водою та 2% розчином борної кислоти

Передбачено аварійну вентиляцію (тільки витяжна), призначена для швидкого видалення великих кількостей шкідливих та вибухонебезпечних речовин, а також забрудненого пилом повітря, що виникає при порушеннях технологічного процесу або аваріях технологічного обладнання.

Для контролю мікроклімату використаються: термометри, психрометри.

11.1.2 Виробниче освітлення

Згідно з ДБН В.2.5-28-2006 у відділі водопідготовки виконуються роботи VIIIб розряду зорових умов – Загальне періодичне спостереження при постійному перебуванні людей приміщенні.

В проекті передбачено використання суміщеного освітлення – поєднання бічного двостороннього і штучного освітлення. До штучного відносяться: робоче, аварійне і ремонтне освітлення.

В таблиці 11.3 представлені санітарні норми освітлення, наведені значення параметрів освітлення, прийняті проектом.

Таблиця 11.3 - Норми параметрів освітлення

Розряд зорових робіт	Характер зорових робіт	Освітленість при суміщеному освітленні, Е, ЛК	Значення КЕО, %		
			при природному освітленні	при сполученому освітленні	
			бокове	спеціальне	верхнє
VIIIб	Загальне періодичне спостереження при постійному перебуванні людей у приміщенні	100	0,3	0,2	0,7

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

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

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

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

11.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій

У цеху водопідготовки основними джерелами шуму є мішалки, освітлювачі та декарбонізатори. Джерелом шуму також є електроприводи обладнання. Шум створює також матеріали (анграцит та іоніти), що завантажують-

ся у фільтри. Згідно ДСН 3.3.6.037 - 99 допустимий рівень звуку у виробничих приміщеннях дорівнює Lн = 80 дБА.

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

Для боротьби із шумом передбачаються наступні заходи: відведені спеціальні звукоізолюючі кабіни; внутрішні поверхні, облицьовані матеріалами, які поглинають шум. Створюються малошумні механічні передачі, розроблено способи зниження шуму в підшипникових вузлах, вентиляторах.

Щодо вібрації – мінімалізовано контакт працівників з віброоб'єктами шляхом використання дистанційного керування, автоматичного контролю та сигналізації, а також застосування захисного огородження. Для зменшення вібрації використовується віброізоляція, шляхом застосування пружинних і гумових прокладок, спеціальних підкладок під устаткування.

11.1.4 Електробезпека

Проектом передбачено здійснювати живлення електроустаткування від трифазної 4-х провідної електричної мережі змінного струму промислової частоти із глухозаземленною нейтраллю напругою 380/220 В.

Відповідно ГОСТ 12.1.038 - 82 допустимі рівні напруги дотику (Uд) і струму, що проходить через тіло людини (Iл) дорівнює: при нормальному режимі роботи електроустаткування Uд= 2В, а Iл = 0.3мА; при аварійному - відповідно 36В і 6мА. Припустимі значення струму й напруги:

- у нормальному режимі роботи

$I_л$ = 0,3 ма і $U_{пр}$ = 2 В, при часі дії до 10 хв/добу;

- в аварійному режимі роботи:

$I_л$ = 6 ма і $U_{пр}$ = 36 В, при контакті більше 1 с.

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

Струм, що проходить через людину в цьому випадку, складе:

$$I_л = \frac{U_ф \cdot 10^3}{R_л + R_0}, \text{ мА}$$

де $U_ф$ = 220 В – фазна напруга, В; $R_л$ = 2000 Ом – опір тіла людини, Ом; R_0 = 30 Ом – опір нейтралі заземлення, Ом.

$$I_л = \frac{220 \cdot 10^3}{2000 + 4} = 109{,}8 \text{ мА},$$

При цьому напруга дотику складе:

$$U_{дот} = I_л \cdot R_л = 0{,}1098 \cdot 2000 = 219{,}6 \text{ В}.$$

Висновок: розрахувавши струм, що проходить через людину, і напругу дотику, і порівнявши їх з значеннями, що допустимі і нормовані за ГОСТ 12.1.038 – 82 ми бачимо, що експлуатація таких установок та порушення вимог ПУЕ є небезпечною для здоров'я і життя людини. Тому необхідно вжити таких заходів, щодо забезпечення електробезпеки.

Для захисту від електрики впроваджено такі заходи: занулення електроустаткування; захист електропроводки від механічних ушкоджень прокладкою проводів у металевих трубах, схованої, у металорукавах; установка електроустаткування відповідно до умов навколишнього середовища, закриті пилонепроникні електродвигуни та світильники; захисне відключення електроустаткування. Передбачене використання захисного одягу та пристроїв: діелектричні рукавички, інструменти з ізолюючими рукоятками, покажчики напруги, діелектричні калоші, що ізолюють підставки, тимчасові огородження, захисні окуляри, подвійна ізоляція, застосування малих напруг. Блокування в системах пуску і зупинки обладнання. Недоступність струмоведучих частин. Передбачений систематичний контроль ізоляції. До роботи з електрообладнанням допускаються особи, які мають на це дозвіл посадових осіб.

Ремонт і обслуговування електроустаткування здійснюють не менше 2 осіб. Схема автоматизації передбачає блокування і можливість автоматичного, аварійного відключення устаткування, а також звукову та світлову сигналізацію.

11.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

З боку технологічних процесів, на підприємстві є механізми, які зможуть завдати обслуговуючому персоналу травм:

- обертові деталі;
- апарати під тиском (до 0,6 МПа).

Можливі падіння людей з висоти 6м, тому вони вони загороджені перилами висотою до 1 м.

Аварійні ситуації можуть виникнути при порушенні технологічного режиму неправильної експлуатації обладнання, поломки обладнання можуть призвести до аварій, вибухів, пожеж.

Головні причини аварійних ситуацій: порушення герметичності установок, прорив транспортних труб, припинення подачі технологічної води, захаращеність робочих місць, порушення технологічного режиму, відключення електроенергії, невиконання правил з техніки безпеки та інші.

11.1.6 Пожежна безпека

Причинами пожежі в цеху можуть бути:

- перенавантаження електрообладнання;
- теплова дія;
- механічне пошкодження електромережі;
- прямий удар блискавки в будівлю.

Протипожежними заходами є:

- встановлення плавких запобіжників;

- використання стержневих блискавковідводів.

Будівля корпусу хімічного цеху, де знаходиться відділення знесолення, збудована з негорючого матеріалу другого ступеня вогнестійкості. В якості сигналізації встановлені датчики типу ПОСТ 1 та телефонний зв'язок. З метою дотримання правил пожежної безпеки у проекті передбачено наступні запобіжні заходи: розділення апаратів протипожежними перегородками на відсіки, обладнання протипожежних перешкод у вигляді гребенів, козирків, бортиків, протипожежний водопровід, ємності з піском і пожежні щити. Передбачається захист ізоляції від теплового впливу. Захист від прямих ударів блискавки забезпечується завдяки стержневим блискавковідводам. В цеху для пригнічення пожежі передбачено сухий пісок, азбестові ковдри, порошкові вогнегасники, які є найбільш універсальними по області застосування й по робочому діапазоні температур. В приміщенні є два евакуаційні виходи на випадок виникнення пожежі. Всі електроустановки захищені автоматичними пристроями від струмів короткого замикання.

Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів наведені в таблиці 11.4

У даному розділі розроблено заходи, які направлені на створення безпечних умов праці та пожежної безпеки відповідно до санітарних норм і правил. Під час розробки проекту:

- наведено оптимальні та допустимі параметри мікроклімату в робочій зоні виробничого приміщення;

- створено сприятливу для роботи систему освітлення, а також проведено розрахунок системи загального електричного освітлення цеху методом коефіцієнта використання світлового потоку;

- передбачено застосування засобів захисту від виробничого шуму та вібрацій;

- наведено перелік електрозахисних засобів колективного та індивідуального захисту;

- вжито всіх можливих заходів щодо безпеки технологічних процесів та обслуговування обладнання;

- з метою дотримання правил пожежної безпеки проведено ряд заходів відповідного захисту.

Таблиця 11.4 - 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				
Машинне масло (насос)	Р	Горить	180	380	Порошок ПСБ і СН-2	Д	П – IIа	*IIIа*
Гума (ізоляція, одяг)	Тв	Горить	220	400	ОХП – 10			

11.1.7 Розрахунок аерації цеху

Конструкція стулки віконного прорізу - одинарна підвісна. Висота й довжина стулки рівні, кут відкриття стулки α=45º. Ліхтар П-подібний із фрамугами на вертикальній осі з вітрозахисними панелями, які перебувають на відносній відстані l/h=l,5, з кутом відкриття α =90°. Визначаємо температуру повітря, що видаляється з верхньої частини приміщення:

$$t_{вид} = t_{зовн} + \frac{t_{вн} - t_{рз}}{m}, \text{ºC};$$

де $t_{зовн}$ - температура зовнішнього повітря, для Києва в теплий період t=23,5°; $t_{вн}$-температура внутрішнього повітря; $t_{вн}$=22°C; $t_{р.з.}$-температура повітря, що надходить до робочої зони. $t_{р.з.} = t_{зовн}$,

$t_{р.з.} = 23{,}5\,°\text{C}$;

m - коефіцієнт, приймаємо 0,53;

$$t_{вид} = 23{,}5 + \frac{22 - 23{,}5}{0{,}53} = 20{,}67\text{ , °C.}$$

Визначаємо питому вагу повітря:

$$\rho = \frac{353}{t + 273}, \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{зовн} = \frac{353}{23{,}5 + 273} = 1{,}191, \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{вид} = \frac{353}{20{,}67 + 273} = 1{,}202, \text{ кг/м}^3.$$

Розподілений тиск визначаємо по формулі:

$$\Delta\rho_{1.2} = h * (\rho_{зовн} - \rho_{вид}), \text{ кг/м}^2;$$

де h - відстань між осями прорізів; h=10 метрів

$$\Delta\rho_{1.2} = 10 * (1{,}202 - 1{,}179) = 0{,}11, \text{ кг/м}^2.$$

Втрати тиску на прохід повітря через припливні прорізи можна визначити по формулі:

$$\Delta\rho_1 = \beta * \Delta\rho_{1.2}, \text{ кг/м}^2;$$

де β - різниця тисків, що використовується на прохід повітря через приплив-ні прорізи, β=0,4,

$$\Delta\rho_1 = 0{,}4 * 0{,}11 = 0{,}044, \text{ кг/м}^2;$$

Втрати тиску на прохід повітря через ліхтар визначаємо по формулі:

$$\Delta\rho_2 = \Delta\rho_{1.2} - \Delta\rho_1, \text{ кг/м}^2;$$

$$\Delta\rho_2 = 0{,}11 - 0{,}044 = 0{,}066, \text{ кг/м}^2.$$

Визначаємо площу прорізів у стіні $F_{припл}$ і площа прорізів ліхтаря $F_л$:

$$F_{припл} = \frac{G_{припл}}{3600\sqrt{\frac{2 * g * \rho_{зовн}}{\xi_1} * \Delta\rho_1}}, \text{м}^2;$$

$$F_{припл} = \frac{4200}{3600\sqrt{\frac{2 * 9{,}8 * 1{,}191}{3{,}7} * 0{,}024}} = 29{,}98, \text{м}^2;$$

$$F_{вид} = \frac{G_{вид}}{3600\sqrt{\frac{2 * 9{,}8 * 1{,}202}{4{,}1} * 0{,}096}}, \text{ м}^2;$$

$$F_{вид} = \frac{G_{вид}}{3600\sqrt{\frac{2 * 9{,}8 * 1{,}202}{4{,}1} * 0{,}096}} = 11{,}33, \text{м}^2.$$

де $G_{припл}$. - кількість повітря, що повинна надходити в приміщення. $G_{вид}$. - кількість повітря, що видаляється.

11.2 Аналіз небезпеки об’єкта

Прогнозування та оцінювання наслідків надзвичайної ситуації від вибухів.

Приймаємо наступні дані для розрахунку:

- відстань від цеху до місця аварії (вибуху) R_0=700 м;
- тип вибухової речовини – метан;
- потужність вибуху (маса вибухової речовини) Q = 200 т;

− характеристики елементів цеху: безкаркасна 1 – 2 поверхова будівля, границі вогнетривкості: несучих стін – 0,5 год.(важкозаймисті); перекриттів – 0,25 год.(важкозаймисті);

− категорія виробництва з пожежної небезпеки – Г;

− характеристики обладнання, комунальних і технологічних мереж: верстати середні, наземні трубопроводи, наземні кабельні мережі;

− щільність забудови об’єкта Щ = 30 %.

Визначення параметрів ОУ і можливого попадання цеху в зону ураження (ЗУ).

Параметри визначаємо за графіками (рис. 11.1), виходячи з того, що тип вибухової речовини – метан.

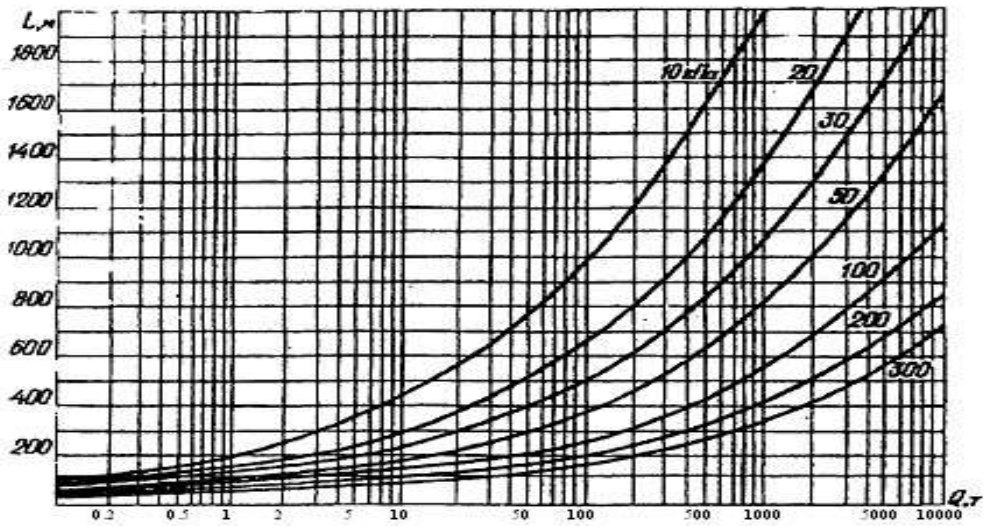


Рисунок 11.1 – Графік для визначення радіусів зон руйнування залежно від маси вуглеводневого продукту

Радіус ОУ $R_{ос}$ і радіус зони слабких руйнувань $R_{сл}$ (на зовнішній межі якої $\Delta P_ф$ = 10 кПа) за вибуху продукту масою Q = 200 т становить $R_{ос} = R_{сл}$ = 1400 м.

Радіус зони середніх руйнувань $R_{ср}$ = 900 м, якщо $\Delta P_ф$ = 20 кПа; сильних $R_{сил}$ = 700 м, якщо $\Delta P_ф$ = 30 кПа; повних $R_п$ = 500 м, якщо $\Delta P_ф$ = 50 кПа.

Порівнюємо відстань від цеху до місця аварії R_0 = 700 м і радіус ОУ $R_{ос}$ = 1400 м.

Оскільки $R_0 < R_{ос}$, цех може опинитися в осередку ураження ударної хвилі вибуху в зоні слабких або середніх руйнувань.

Визначення величини надмірного тиску УХ, очікуваного в районі цеху ($\Delta P_ф$).

Визначаємо радіус зони детонаційної хвилі (зони I):

$$r_{\text{I}} = 17{,}5\sqrt[3]{Q} = 17{,}5\sqrt[3]{200} = 17{,}5 \cdot 5{,}848 = 102{,}34 \text{ м.}$$

Визначаємо радіус зони дії продуктів вибуху (зони II):

$$r_{\text{II}} = 1{,}7 \cdot r_{\text{I}} = 1{,}7 \cdot 102{,}34 = 173{,}98 \text{ м.}$$

Порівнюючи відстань від цеху до місця аварії (R_0 = 700 м) з радіусом зони I (102,34 м) і зони II (173,98 м), робимо висновок, що об'єкт опиниться за межами цих зон, тобто в зоні повітряної УХ (зона III).

Визначаємо надмірний тиск УХ у зоні III на відстані R_0 = 700 м за формулою:

$$\Delta P_ф = \frac{700}{2{,}67 \cdot \left(\sqrt{1 + 7{,}66 \cdot 10^{-5} \dfrac{R_0^{\,3}}{Q}} - 1\right)} = \frac{700}{2{,}67 \cdot \left(\sqrt{1 + 7{,}66 \cdot 10^{-5} \dfrac{700^3}{200}} - 1\right)} = 25 \text{ кПа.}$$

Висновок: У місці розташування цеху очікується максимальний надмірний тиск 25 кПа. Цех може опинитися в зоні середніх руйнувань.

Визначення ступеня руйнувань елементів цеху та очікуваних збитків.

Визначаємо можливий ступінь руйнувань кожного елемента цеху за величиною $\Delta P_ф$ = 25 кПа.

Очікувані збитки визначаємо за таблицею 11.3, виходячи із ступеня руйнувань елементів. Результати заносимо в підсумкову таблицю 11.4.

Таблиця 11.3 – Збитки залежно від ступеня руйнувань елементів об’єкта (цеху)

Ступінь руйнувань	Слабкі	Середні	Сильні	Повні
Збитки, зруйновані елементи обладнання, %	10–30	30–50	50–90	90–100

Визначення можливих утрат виробничого персоналу.

За $\Delta P_ф$ = 25 кПа люди отримають травми:

а) на відкритій місцевості – травми легкого;

б) у будинку цеху за середнього ступеня руйнування – до 50 % людей отримають додатково ураження розбитим склом, уламками зруйнованих елементів будівлі та іншими предметами.

Визначення можливого характеру пожеж на об’єкті.

На об’єкті можуть виникнути окремі пожежі з переходом у суцільні через 1–2 год, виходячи з того, що:

− категорія виробництва за пожежною небезпекою – Г (задано);
− очікується надмірний тиск УХ $\Delta P_ф$ > 20 кПа;
− щільність забудови Щ = 30 %;
− ступінь вогнестійкості будівель – IV.

В розділі проаналізовано впливи шкідливих і небезпечних виробничих факторів на об’єкті, що проектується, розроблено заходи щодо створення у виробничих приміщеннях оптимальних умов праці, пожежної профілактики та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Таблиця 11.4 – Результати прогнозування та оцінювання наслідків аварії

В якій зоні руйнувань об'єкт. Надмірний тиск	Елементи цеху	Ступінь руйнування	Очікуван збитки, %	Характер пожеж	Ступінь ураження виробничого персоналу
Зона середніх руйнувань, $\Delta P_ф = 25$ кПа	Будівля	середні	30–50	Окремі пожежі з переходом суцільні через 1–2 год	Легкі травми. Ті, що в будівлі цеху – до 50 % отримають пошкодження уламками скла і конструкцій
	Верстати	слабкі	10–30		
	Трубопро-води	середні	30–50		
	Кабельні мережі	слабкі	10–30		

12 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ВІДДІЛЕННЯ ЗНЕСОЛЕННЯ ВОДИ

Сьогодні є актуальним питання очищення води чи то для господарських потреб, чи з точки зору екології. Завданням даного дипломного проекту є реконструкція відділення очищення води для котельного відділу.

Теплові електростанції не тільки виробляють електроенергію, але і є джерелом теплової енергії в централізованих системах теплопостачання у вигляді пари та гарячої води, у тому числі і за для забезпечення гарячого водопостачання та отеплення жилих будівель та промислових об’єктів.

З промислової точки зору, теплова електростанція являється домінуючим електрогенеруючим підприємством у вітчизняній та закордонній енергетиці. На долю теплових електростанцій відходить біля 70% електрогенеруючих встановлених потужностей в Україні, а з урахуванням атомних електростанцій, де так само реалізуються паротурбінні технології, встановлена потужність становить приблизно 90%. Але велика частина сучасних електростанцій у даний час потребує модернізації технології.

Потреба у процесі підготовки води на теплоелектроцентралі однозначна, попереднє очищення забезпечить довготривалу роботу апаратури, а саме: зменшить корозійний вплив, утворення накипу, покращить бактеріальний стан тощо. Раціонально організована водо підготовка економить паливо і подовжує термін служби устаткування. Якісний теплоносій дозволяє істотно продовжити термін служби теплоенергетичного обладнання до капітального ремонту. Необхідно сказати, що один міліметр накипу на теплообмінних поверхнях – це 10% перевитрати палива.

Завданням розділу є розрахунок собівартості кінцевої очищеної води.

12.1 Теоретичні основи розрахунку собівартості відділення глибокого знесолення води

Актуальність дослідження полягає у тому одне із провідних місць у системі показників, що характеризують ефективність виробництва, належить собівартості продукції. У ній як у синтетичному показнику відбиваються всі сторони виробничої й фінансово-господарської діяльності підприємства: рівень використання матеріальних, трудових і фінансових ресурсів, якість роботи окремих працівників і керівництва в цілому.

Собівартість продукції (робіт, послуг) являє собою вартісну оцінку використаних у процесі виробництва природних ресурсів, сировини, матеріалів, палива, енергії, основних фондів, трудових ресурсів, а також інших витрат на її виробництво. Вона характеризує ефективність усього процесу виробництва на підприємстві, оскільки в ній відображаються рівень організації виробничого процесу, технічний рівень, продуктивність праці та ін. Чим краще працює підприємство, ефективніше використовує виробничі ресурси, тим нижча собівартість продукції (робіт, послуг) [10, 11].

Собівартість як економічна категорія, притаманна товарно-грошовим відносинам. Вона виникає тоді, коли всі витрати виробництва стали набирати вартісної форми, тобто коли виникла необхідність підрахувати, скільки коштує виробництво товару і з якою вигодою або збитком він реалізований.

Собівартість продукції являє собою грошовий вираз витрат на виробництво та реалізацію продукції. Це комплексний економічний показник, який об`єднує в собі витрати уречевленої праці, тобто витрати на спожиті засоби виробництва, й витрати живої праці, тобто витрати на заробітну плату робітників підприємств, а також часину чистого прибутку суспільства, яка призначена на соціальне страхування, підтримку потерпілих від Чорнобильської аварії, утримання пенсіонерів, безробітних та медичне страхування.

При обчисленні собівартості важливе значення має склад витрат, які до неї входять. Собівартість повинна включати до свого складу витрати необ-

хідної праці, тобто витрати, що забезпечують процес відтворення всіх факторів виробництва (предметів і засобів праці, робочої сили і природних ресурсів), і не включати витрат додаткової праці, що відшкодовуються за рахунок прибутку. Класифікація витрат за способом впливу на собівартість продукції зображена на рисунку 12.1.

Рисунок 12.1 – Класифікація витрат за способом впливу на собівартість продукції

Технологічна собівартість включає витрати, пов'язані з технологічним процесом виготовлення продукції. Цехова собівартість охоплює витрати цехів на виготовлення продукції. Виробнича собівартість — це витрати підприємства, пов'язані з процесом виробництва продукції. Фактично виробнича собівартість збігається з цеховою собівартістю.

За тривалістю розрахункового періоду розрізняють собівартість місячну, квартальну, річну, а також індивідуальну собівартість і середньогалузеву. Індивідуальна собівартість відбиває витрати на виготовлення продукції в умовах окремого конкретного підприємства, середньогалузева — відображає витрати на виготовлення однотипної продукції в середньому по галузі.

Слід розрізняти собівартість продукції (робіт, послуг) і кошторис виробництва. Кошторис виробництва — це витрати підприємства, пов'язані з його основною діяльністю за певний період незалежно від того, відносяться вони на собівартість чи ні. Таким чином, кошторис виробництва і собівартість загального випуску продукції не збігаються.

Витрати, що входять до кошторису виробництва, класифікуються за економічними елементами:

1. матеріальні витрати;
2. витрати на оплату праці;
3. відрахування на соціальні заходи;
4. амортизація основних фондів і матеріальних активів;
5. інші витрати, пов'язані з основною діяльністю.

Собівартість продукції визначається розрахунково-аналітичним методом. Розрахунковим шляхом установлюють витрати матеріалів, купівельних напівфабрикатів, комплектуючих виробів, суму амортизаційних відрахувань і величину ремонтного фонду.

На початку розрахунку собівартості продукції розраховують основні фонди підприємства. У даному випадку до основних фондів будуть відноситись: земельна територія відділення, будівля відділення, техніка та обладнання тощо.

Розрахувавши суму основних засобів, розраховують норму амортизації та амортизаційні відрахування [11]:

$$H_a = 1 / T_{експ} \cdot 100\% , \quad (12.1)$$

де $T_{експ}$ – час експлуатації основних засобів.

Виходячи з формули (9.1) амортизація буде складати:

$$А = Оз \cdot Н_а / 100 \quad . \qquad (12.2)$$

Далі для розрахунку собівартості розраховують оборотні засоби, до яких входять електроенергія, сировина та матеріали, та фонд оплати праці. Складають таблицю-кошторис витрат на виробництво. У таблиці зазначаються «Витрати», де вносять все оборотні засоби, та їх кількісна характеристика у гривнях за рік.

Враховуючи, що тарифи на електроенергію ділять на витрати у денний час та нічний, то витрати на електроенергію будуть розраховуватися за формулою:

$$В_{ел.ен.} = (365 \cdot 24 / 2) \cdot N \cdot Тр_н + (365 \cdot 24 / 2) \cdot N \cdot Тр_д \quad , \qquad (12.3)$$

де N – середня витрата потужності цеху за годину; $Тр_н$, $Тр_д$ – тарифна сплата за користування електроенергією у денний чи нічний час.

Розраховують фонд оплати праці, як сума всіх заробітних виплат у році, та витрати на сировину і матеріали.

На основі цих розрахунків розраховують річну собівартість продукції за формулою:

$$С = ОбЗ + А \ . \qquad (12.4)$$

Тоді собівартість одиниці продукції буде складати:

$$С_{од.пр} = С / К_{пр.} \qquad (12.5)$$

На підставі описаних вище розрахунків обчислюємо собівартість води після очищення.

12.2 Економічні розрахунки собівартості підготовки знесоленої води

Розрахунок витрат – базується на нормах витрат, встановлених галузевими нормативами, стандартами та технологічними регламентами підпри-

ємств, обраним технологічним рішенням, а саме регламентом теплової електростанції.

Виходячи з того, що продуктивність цеху задано 600 т/год, продуктивність за рік складатиме 5256000 т/рік. Для забезпечення необхідної продуктивності цеху, з урахуванням запасного обладнання, потрібна певна кількість одиниць обладнання.

Вартість основних фондів, до яких входить все необхідне обладнання (фільтри, баки, освітлювачі, цистерни, насоси, труби і т.д) складає 11 937 000 грн

Невраховані витрати на основні засоби становить:

11 937 000 х 0,1 = 1 193 700 грн

Звідси випливає, що вартість основних засобів становить 13 130 700 грн.

Час експлуатації ресурсів 5 років, норму амортизації рахуємо за формулою 8.1:

$Н_а = 1 / 5 \cdot 100\% = 20\%$

Тоді амортизаційні виплати становлять 20% від вартості основних фондів:

$А = 11089 \cdot 20 / 100 = 2\ 384\ 400$ грн/рік

Підприємство працює цілодобово та без вихідних і споживає у середньому 2000 кВт за годину, оскільки потужність більше 30 кВт/год маємо другий клас напруги.

Ціна 1кВт= 425,5 копійок – денний час; в нічний час: 1кВт=82,7 копійок

За формулою 12.3 розраховуємо річну витрату відділення на електроенергію:

$В_{ел.ен} = (365 \cdot 24 / 2) \cdot 4{,}25502 \cdot 2000 + (365 \cdot 24 / 2) \cdot 0{,}82737 \cdot 2000 =$

$= 44\ 521\ 736{,}7$ грн.

Враховуючи 20% ПДВ виходить 53 426 083,98 грн.

У таблиці 12.1 перерахований персонал, що працює у відділі та їх заробітна плата в місяць. Чисельність персоналу за списком складає 20 осіб.

Заробітна плата персоналу складається з 3ьох частин: основна, додаткова та інші виплати.

Додаткова зарплата включає:

1) доплата за нічні години – 40 %
2) доплата за вечірній час – 20 %

Таблиця 12.1 – Заробітна плата персоналу (за списком) відділення підготовки попередньо очищеної води

Посада	Кількість	ЗП, грн.
Завідувач цеху	1	20000
Головний технолог	1	10000
Технологи зміни	4	24 000
Робітники стадії очищення	10	40 000
Прибиральниця	4	10 000
Охоронці	4	12 000

Цех працює безперервно. Для забезпечення безперервності процесу створюємо графік змінності, що включає 4 бригади. Одна бригада включає: технолог зміни (1), робітник стадії очищення (3), прибиральниця (1), охоронець (1).

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

Завідувач цеху і головний технолог працюють лише в одну першу зміну.

Тривалість змін:

1) 8.00 – 16.00

2) 16.00 – 00.00

3) 00.00 – 8.00

Сума всіх нарахувань на заробітну плату складає фонд оплати праці:

ФОП = 116 000 · 12 · 1,22= 1 698 240 грн/рік

де 1,22 – це єдиний соціальний внесок в Україні.

У таблиці 12.2 викладено витрати на сировину та допоміжні матеріали в рік.

Така кількість сировини та допоміжних матеріалів обумовлена виробничою необхідністю з урахуванням можливих додаткових витрат.

Таблиця 12.2 – Витрати на сировину та реагенти

Назва	Кількість, $м^3$ (кг)/рік	Вартість, грн/рік
Вихідна вода	5 256 000	2 628 000
Гідроксид натрію	16 000	10 790 000
Сульфатна кислота	3 061	35 915 000
Тринатрійфосфат	40	48 000

Всього в рік витрачається на сировину та реагенти 49 381 000 грн/рік.

На основі вищеперерахованого складаємо таблицю оборотних засобів (таблиця 12.3), де вносимо витрати на електроенергію, сировину та реагенти, фонд оплати праці.

Таблиця 12.3 – Оборотні засоби відділення знесолення води

Назва витрат	грн/рік
Електроенергія	53 426 083, 98
Фонд оплати праці	1 698 240
Сировина та реагенти	49 381 000
Сума	104 505 323,98

Невраховані витрати = 104 505 323,98 х 0,1 = 10 450 532, 398 грн

Тому вартість оборотних засобів становить 114 955 856, 378 грн

Виходячи з проведених розрахунків, обчислюємо річну собівартість продукції за формулою 12.3:

С = 114 955 856, 378 + 2 384 400 = 117 340 256, 378 грн,

Отже, собівартість одного м^3 очищеної води становить:

$С_{одн}$ = 117 340 256, 378 / 5256000 = 22,33 грн/м^3.

Встановлена державою ціна за 1м^3 води становить 13,43 грн.

За один виробничий цикл очищається 1200 м^3.

Ц = 13,43·28 800·365 = 141 176 160 грн/рік.

Прибуток:

П = Ц – С = 141 176 160 – 117 340 256, 378 = 23 835 903, 622 грн/рік.

Капіталовкладення:

К = ОФ + ОбЗ = 13 130 700 + 114 706 244,378 = 127 836 944,378 грн.

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$Е = \frac{П}{К} = \frac{23\,835\,903,622}{128\,086\,556,378} = 0,19.$$

Термін повернення капіталу:

$$Т_{пов} = \frac{1}{Е} = \frac{1}{0,19} = 5,26 \text{ р.}$$

Фондовіддача:

$$ФВ = \frac{В}{ОФ} = \frac{10\,512\,000}{13\,130\,700} = 0,8.$$

Фондоємність:

$$ФЄ = \frac{1}{ФВ} = \frac{1}{0,8} = 1,25.$$

Таблиця 12.4 – Зведена таблиця техніко-економічних показників

Показник	Значення
Річний випуск продукції, $м^3$	10512000
Чисельність персоналу за списком, осыб	$Ч_{сп}$ = 20
Капіталовкладення, грн	128086556, 4
Загальна собівартість продукції, грн/рік	117340256, 4
Відносний прибуток, грн/рік	23 835 903,6
Термін повернення капіталовкладень, років	5,26
Коефіцієнт економічної ефективності	0,19
Фондовіддача, грн/грн	0,8
Основні фонди, грн	13 130 700
Оборотні засоби, грн	114 505 323,9
Фондоємність, грн/грн	1,25

Висновок: У даному розділі була розрахована собівартість знесоленої води, вона склала 22,33 грн/$м^3$ при середньорічній собівартості 117 340 256,4 грн.

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті наведено схему відділення глибокого знесолення води та обґрунтовано вибір іонообмінного методу очищення. Наведено технологічну схему та її опис. Розраховано основне та допоміжне технологічне обладнання у відповідності із заданою продуктивністю. Схема працює в три ступені. Передбачено 12 фільтрів першого ступеня та 8 фільтрів другого ступеня (враховуючи резервні) та 2 фільтри змішаної дії..

За вимогами, які ставляться до води, яка подається на виготовлення пари, залишковий вміст солей не повинен перевищувати 0,005 мг-екв/дм^3. Запропонована схема дозволяє отримувати воду такої якості.

Представлено схему автоматизації процесу, що передбачає контроль та регулювання тиску у трубопроводі для води після відділення механічних фільтрів та контроль перепаду тиску у фільтрі, контроль рівня води у фільтрі, рівня кислоти у баці, контроль і регулювання витрати кислоти на іонітовий фільтр, контроль рівня та концентрації розчину сульфатної кислоти у баку, контроль рівня у баку відпрацьованих регенераційних вод.

У розділі екологічної безпеки виробництва наведено аналіз джерел виникнення відходів, надано можливі варіанти очищення стоків, забруднених сульфатами та силікатами, а також розраховано суму щорічних екологічних платежів та величина екологічного платежу за 1 м^3 стоків, що становить: 131 520 грн/рік та 0,6 грн/м^3 відповідно.

На основі аналізу шкідливих та небезпечних факторів у розділі охорони праці розглянуто безпечні умови проведення виробничого процесу.

У результаті виконання економіко-організаційного розрахунку собівартість 1 м^3 знесоленої води становить 22,33 грн.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кульский, Л.А. Технология очистки природных вод: изд. 2-е, перераб. и доп. / Л.А. Кульский, П.П. Строкач; - К.: Полиграфкнига, 1985. – 336 с.

2. Запольский, А.К. Очистка воды коагулированием: [Монография] – Каменец-Подольский: ЧП «Медоборы-2006», 2011. – 296 с.

3. Лихачев, Н.И. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика [Текст] /Н.И. Лихачев, И.И. Ларин, С.А. Хаскин и др.; - М.: Стройиздат, 1981. – 635 с.

4. Пантелеев, А.А. Технологии мембранного разделения в промышленной водоподготовке /А.А. Пантелеев, Б.Е. Рябчиков, О.В. Хружин; - М.: ДеЛи плюс, 2012. – 439 с.

5. Концевой, А.Л. Алгоритмізація і програмування розрахунків процесу водопідготовки. Навчальний посібник: На правах рукопису / А.Л. Концевой, Н.М. Толстопалова. – К.: 2003. – 44 с.

6. Запольський, А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. – К.: Вища шк., 2005.- 671 с.

7. Мартынова, О.И. Водоподготовка: Расчеты на персональном компьютере /О.И. Мартынова, А.В. Никитин, В.Ф. Очков и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 216 с.

8. Лифшиц, О. В. Справочник по водоподготовке котельных установок. Изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Энергия, 1976. – 288 с., ил.

9. Лукінюк, М.В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: У 2 кн. Кн. 2. Керування хіміко-технологічними процесами [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом підготовки «Хімічна технологія та інженерія» / М.В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 336 с.

10. Підлісна, О.А. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів для студ. хіміко-технологічних

спеціальностей усіх форм навчання / Уклад.: О.А. Підлісна, В.В. Янковий, М.П. Дорошенко. – К.: ІВЦ „Видавництво „Політехніка”, 2002 – 28 с.

11. Герасимчук, В.Г. Економіка підприємства [Текст]: навч. посіб. / за заг. ред. В.Г. Герасимчук, А.Е. Розенплентера. – К.: ІВЦ „Видавництво” Політехніка”, 2003. – 264 с.

12. Беликов, С. Е. Водоподготовка: Справочник. / Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.

13. Рекуперація викидів, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http:// eco-paper.kpi.ua вільний. – Загол. з екрана. – Мова укр.

14. Платежі за забруднення, їх види та критерії нарахування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://buklib.net/books/25530/, вільний. – Загол. з екрана. – Мова укр.

15. Орленко, А.Т. Метод, вказівки до викон. розділу «Охорона праці» в дипломних проектах і роботах бакалаврів хіміко-технологічного і біотехнології та біотехніки ф-тів / Уклад.: А.Т. Орленко, Н.А. Праховнік, Ю.О. Полукаров - К.: НТУУ «КПІ», 2011. - 33 с.