

ЗМІСТ	стор.
1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА.....	14
1.1 Коагуляційне очищення води	14
1.2 Іонообмінний метод очищення води.....	15
1.3 Зворотній осмос.....	16
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ	18
2.1 Характеристика продукції.....	18
2.2 Характеристика сировини	18
2.3 Характеристика допоміжних матеріалів.....	19
3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА. ХІМІЗМ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ.....	21
3.1 Суть методу і сфери його застосування.....	21
3.2 Фізико-хімічні основи іонообмінного процесу.....	24
3.3 Регенерація іонітів	28
4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВІДДІЛЕННЯ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ.....	32
5 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	35
5.1 Розрахунок та вибір основного обладнання.....	35
5.1.1 Розрахунок фільтра системи АП-КОРЕ.....	35

ХН 3115 1440 001 ПЗ

		№ докум.	Підпис				
Розроб.	Шамшина М.О.			Відділення демінералізації води для потреб ТЕЦ	Літ.	Аркуші	Акруш
Перевір.	Обушенко Т. І.						
Реценз.					КПІ ім. І. Сікорського		
Н. Контр.	Супрунчук В.І.				ХТФ, ХН-31		
Затверд.	Полстопалова Н.М.						

5.1.2	Розрахунок аніонітового фільтра другого ступеня	40
5.1.3	Розрахунок Н-катионітового фільтра другого ступеня.....	43
5.1.4	Розрахунок декарбонізатора	45
5.1.5	Розрахунок аніонітового фільтра першого ступеня	47
5.1.6	Розрахунок Н-катионітового фільтра першого ступеня	49
5.2	Розрахунок та вибір допоміжного технологічного обладнання.....	52
6	АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ВІДДІЛЕННЯ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ.....	55
6.1	Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації та обґрунтування задач автоматизації	56
6.2	Опис розробленої схеми автоматизації схеми відділення демінералізації води.....	57
7	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ВІДДІЛЕННЯ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ.....	59
7.1	Підприємство у промисловій структурі держави	59
7.2	Теоретичні основи розрахунку собівартості відділення глибокої демінералізації води.....	60
7.3	Економічні розрахунки собівартості підготовки знесоленої води	60
7.3.1	Економічні розрахунки собівартості підготовки знесоленої води з використанням фільтра системи АП-КОРЕ	62
7.3	Економічні розрахунки собівартості підготовки демінералізованої води за новою технологією.....	66
8	ОХОРОНА ПРАЦІ	70
8.1	Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектованому об'єкті. Заходи з охорони праці	70
8.1.1	Повітря робочої зони	70

8.1.2	Виробниче освітлення	73
8.1.3	Захист від виробничого шуму та вібрацій.....	75
8.1.4	Електробезпека.....	75
8.1.5	Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання	77
8.1.6	Пожежна безпека.....	77
8.1.7	Розрахунок аерації цеху	79
9	ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВІДДІЛЕННЯ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ	82
9.1	Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються у відділенні знесолення води	82
9.2	Можливі варіанти екологізації виробництва	83
9.3	Екологічний моніторинг	85
9.4	Розрахунок екологічних платежів	85
	ВИСНОВКИ.....	87
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	88

ВСТУП

Вода використовується в різних галузях промисловості як теплоносіє, чому сприяє широке поширення води в природі. Наявна в розпорядженні людей вода не може без очищення (обробки) бути теплоносієм у теплоенергетичних установках, оскільки сучасні ТЕС (теплоелектростанції) і АЕС (атомні електростанції) в енергетичному циклі використовують воду високої якості з вмістом домішок у межах 0,1-1,0 мг/кг.

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

Устаткування сучасних ТЕС експлуатується при високих теплових навантаженнях, що вимагає жорсткого обмеження відкладень на поверхнях нагрівання. Такі відкладення утворюються з домішок, які надходять у цикли електростанцій, у тому числі і з додатковою водою, тому забезпечення високої якості водяних теплоносіїв є надзвичайно важливим завданням. Використання водяного теплоносія високої якості спрощує також рішення задач одержання чистої пари, мінімізації швидкостей корозії конструктивних матеріалів котлів, турбін і устаткування конденсато-живильного тракту. Таким чином, якість обробки води на ТЕС тісно пов'язана з надійністю та економічністю експлуатації сучасного високо інтенсивного котлотурбінного устаткування.

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

Очищення води для котлів у більшості випадків здійснюють за комбінованою системою, що складається з двох фаз обробки – попереднього очищення

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

та іонного обміну. Ця система дозволяє отримувати, так звану, глибокознесолену воду, яка задовільняє вимогам.

Метою бакалаврського дипломного проекту є удосконалення технологічної схеми знесолення води за допомогою іонного обміну за рахунок заміни фільтра змішаної дії на фільтр системи АП-КОРЕ.

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА

Необхідність очищення води виникає тоді, коли якість води природних джерел не задовольняє вимогам, які до неї висуваються. Метод чи сукупність методів очищення обирають з урахуванням вивчення властивостей вихідної води, її запасів у джерелі, необхідну кількість продукту, і навіть сприймаючу здатність каналізації прийому виділених із води забруднень.

Технологічні схеми передбачають компоновку очисних будівель, охоплюючи процеси видалення речовин, що відносяться за звичай до декількох груп класифікації А.Л.Кульського. Тому при складанні схеми водопідготовки необхідно обирати методи та режими найбільш ефективні для видалення домішок, які наявні у воді певного джерела [1].

Поповнення втрат води в контурі ТЕС здійснюють хімічно знесоленою водою. Вибір схеми хімводоочищення здійснюють в залежності від типу електростанції, типу і тиску котлів, способу регулювання температури перегрітої пари, якості води [2]. Очищення додаткової води для котлів у більшості випадків здійснюють за комбінованою схемою, що складається з двох фаз обробки – попереднього очищення та іонного обміну. Для даного дипломного проекту обрано схему, яка передбачає наступні стадії та процеси: освітлення – вапнування – коагуляція – ультрафільтрація – Na-катіонування, а потім розділяється на два потоки:

1. Вода для підживлення тепломережі.
2. Другий потік йде на установку зворотного осмосу.

1.1 Коагуляційне очищення води

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

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

осадження. Тому для прискорення процесів відокремлення вказаних домішок шляхом осадження, фільтрування або флотації здійснюють їх коагуляцію.

Суть процесу очищення води від колоїдно-дисперсних часток полягає у зниженні стійкості дисперсних систем за допомогою агрегування дисперсної фази під дією коагуляторів (коагулянтів і флокулянтів) з подальшим відокремленням агрегованих часточок відстоюванням, фільтруванням, центрифугуванням тощо [3]. Основними промисловими коагулянтами є сполуки алюмінію та заліза - FeCl_3 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, FeCl_2 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, AlCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$.

1.2 Іонообмінний метод очищення води

Іонообмінні процеси ґрунтуються на вибіркового поглинанні одного або кількох компонентів з водних розчинів за допомогою іонітів. При цьому, в розчин виділяється еквівалентна кількість іонів, якими періодично насичуються іоніти під час регенерації. Як нерозчинні фільтруючі матеріали використовують катіоніти й аніоніти.

Для очищення води найчастіше застосовують глинисті матеріали, переважно бентонітові глини (монтморилоніт, байделіт), каолініт, палигорскіт, вермикуліт, біотит. Ці мінерали мають високу вибіркковість щодо органічних іонів і молекул. Природні мінеральні аніоніти (апатити, гідроксоапатити) можуть обмінювати фтор- або гідроксид - іони на хлор-, сульфат- або фосфат-іони [3].

Після контакту з водою іоніти набухають (збільшують свій об'єм у 1,5-2 рази).

Після довгого використання іонітів вони потребують регенерації, 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 промивку іонітів.

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

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 одноступінчасте Н-катіонування та одноступінчастого 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.

Використання іонного обміну дозволяє забезпечити глибоке очищення води від будь-яких іоногенних сполук.

1.3 Зворотній осмос

Зворотній осмос являє собою процес фільтрації розчину за високого тиску через напівпроникну мембрану. Через мембрану можуть пройти тільки молекули води, а всі інші домішки залишаються по той бік мембрани.

Якщо до розчину, що знаходиться з одного боку мембрани, прикласти тиск, який перевищує осмотичний тиск розчину певної концентрації, то розчинник буде переноситись у напрямку, протилежному, як у явищі осмосу – відбувається зворотній осмос (гіперфільтрація). Рушійною силою такого процесу є різниця тисків по обидві сторони мембрани [4].

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

Очищена вода називається перміат, а рідина, яка залишилася по ту сторону мембрани і містить в собі високу концентрацію різних домішок (концен-

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

трат), в процесі роботи системи зливається в спеціальний дренаж. Тому мембрана ділить всю воду на два абсолютно різних за своїми властивостями потоки: на відпрацьований концентрат і чисту воду. Теоретично вихід перміату може досягти навіть 100%, але практично він, в основному, буває не більше 30%. Вихід перміата - це співвідношення об'єму очищеної мембраною води до всього поданою в систему об'єму [5].

Отже, знесолення води за допомогою іонообмінного методу дозволяє звільнитись від іоногенних домішок і тому широко використовується при підготовці подачі води у парові котли та турбінне відділення на ТЕЦ.

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

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 представлені 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 Характеристика сировини

Вихідна вода потрапляє на ТЕЦ з берегової насосної станції, розташованої на березі Русанівського каналу. Проходить певні стадії очищення (освітлення, іонний обмін тощо) і подається в турбінний цех, де попередньо підігрівається до температури 40°C (±1) в конденсаторі турбіни.

Склад води є не постійним. Він залежить від сезону, опадів, водного транспорту та стічних вод заводів розташованих вище за течією. 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, освітленої, знесоленої води виконується персоналом з періодичністю 2 рази на місяць.

2.3 Характеристика допоміжних матеріалів

Для видалення з води іонів розчинених солей застосовують триступінчате іонообмінне очищення. Як іонообмінні матеріали, що застосовують для знесолення води, використовують різні марки іонітів. Перша ступінь фільтрів завантажена слабкоосновними і слабкокислотними іонітами. Друга - відповідно сильноосновними і сильнокислотними іонітами. Третя ступінь завантажена сумішшю сильнокислотного катіоніту і високоосновного аніоніту марки АВ-17-8. Марки іонітів та їх властивості наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – 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

Для регенерації катіонітів застосовують сульфатну кислоту, а для регенерації аніонітів – гідроксид натрію. Реагенти, що застосовуються для регенерації іонітів, і їх характеристики наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Реагенти, що використовуються для регенерації іонообмінних смол

№ п/п	Реагент, стандарт	Основна речовина, формула, сорт і % вміст
1	Кислота сульфатна технічна, ГОСТ4204-77	H ₂ SO ₄ 1-й сорт 98,3%
2	Гідроксид натрію технічний, ГОСТ4328-77	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:

- домішки, що видаляються з води, не утворюють осаду;
- відсутність необхідності у постійному дозуванні реагентів;
- однотипність конструкцій фільтрів;
- простота обслуговування.

На жаль, також існують певні недоліки методу, а саме: необхідність утилізації відпрацьованих іонітів, утворення стічних вод після регенерації та відмивки іонітів, дороговизна матеріалів тощо.

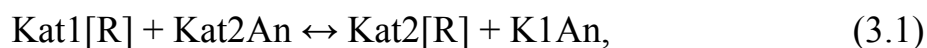
3.1 Суть методу і сфери його застосування

Іонообмінні процеси ґрунтуються на вибіркового 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[3]:

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

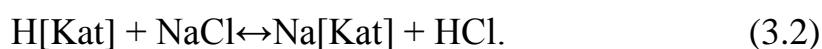


де [R] – каркас фіксованих іонів іонітів; K1 – обмінний катіон іоніту; K2A – розчинена у воді сполука з катіоном K2 іаніоном A.

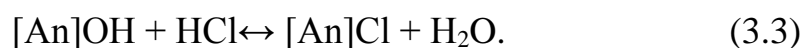
Отже, до складу іоніту входять матриця, фіксовані іони та протиіони.

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 слабкокислотні катіоніти та сильно- і слабкоосновні катіоніти, що містять карбоксильні, сульфатні 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 катіонів своїх іоногенних груп на катіони розчинених солей або водневі іони кислот [3]:



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



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 іоніту від 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 (залізоалюмосилікати калію) та ін. До природних мінеральних аніонітів належать, наприклад, апатити $[Ca_5(PO_4)_3]F$ або гідроксоapatити $[Ca_5(PO_4)_3]OH$. Обмінна ємність цих іонітів невелика. В обмін вступає переважно зовнішня поверхня часточок іоніту. До синтетичних мінеральних іонітів належать слабкокислотні алюмосилікати – пермутити. Обмінна ємність їх також невелика, проте в лужному середовищі може досягати 1,5-2 мг-екв/г [3]. 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 ґрунтів, гумінові кислоти вугілля, особливо бурого. Вони є слабкокислотними поліелектролітами. Для посилення кислотних властивостей і обмінної ємності вугілля проводять його сульфатацію 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 дисперсністю й зовнішнім виглядом іоніти бувають порошкоподібні, зернисті, гранульовані, формовані, волокнисті, рідкі; за ступенем пористості – гелеві, ізопористі, макропористі; за типом і знаком протиіонів – катіоніти (обмінюють катіони), аніоніти (обмінюють аніони), амфоліти (залежно від умов середовища обмінюють як катіони, так і аніони).

За типом протиіонів катіоніти бувають у водневій формі (Н-формі), сольовій (натрієвій) і змішаній, аніоніти – в гідроксидній (ОН-формі), сольовій

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

(сульфатній, хлоридній та ін.) і змішаній, а амфоліти (залежно від умов середовища обмінюються як катіони, так і аніони) – у воднево-гідроксидній, воднево-сольовій, гідроксидно-сольовій і сольовій формах.

Іонообмінні процеси застосовуються для пом'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 зворотного 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 (основна стадія) описується рівнянням [3]:

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

або в інтегрованому вигляді

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

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

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

$$K = -d \lg(1 - F) / d\tau. \quad (3.6)$$

Хімічна реакція іонного обміну відбувається швидко, тому загальна швидкість процесу лімітується зовнішньою або внутрішньою дифузією. Якщо процес лімітується зовнішньою дифузією, рівняння набуває наступного вигляду [3]:

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

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

Коефіцієнт дифузії через плівку D_n визначають за рівнянням

$$D_n = 0,333\beta r_0 \delta K_p, \quad (3.8)$$

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_n , можна визначити тривалість іонообміну в разі зовнішньої дифузії

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

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

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

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Якщо лімітуючою стадією іонного обміну є внутрішня дифузія, то процес можна інтенсифікувати підвищенням швидкості пропускання очищеної води зі збільшенням концентрації сорбованих іонів. Для цього застосовують іоніти з великою пористістю і ступенем набрякання 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 очищеної 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 протитечею.

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

Розрахунок апарата для здійснення іонного 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 τ_k . Чим вищі зазначені показники, тим вищий ступінь обміну.

Тривалість контактування води з іонітом визначають згідно з рівнянням[3]:

$$\tau_k = H\varepsilon/v = V_\varepsilon S_v, \quad (3.10)$$

де ε – порозність шару (для зернистих іонітів 0,40 – 0,45); v – швидкість пропускання очищеної води, м/год; H – висота шару іоніту, м; S_v – площа перерізу іоніту в апараті, м²; V – об'єм пропущеної води крізь іоніт, м³.

Питоме навантаження q – об'єм води, пропущеної крізь одиницю об'єму шару іоніту впродовж 1 год, визначають за формулою [3]:

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$q = v/\tau_k \varepsilon V_{ш} = v/\tau_k SH, \quad (3.11)$$

де $V_{ш}$ – об'єм шару іоніту, що дорівнює добутку SH .

У технології очищення стічних вод і водопідготовки зазвичай $\tau_k = 1 \dots 10$ хв, $v = 10 \dots 100$ м/год і $q = 5 \dots 100$ год [3].

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

- на стадії лабораторних досліджень застосовують шар іоніту з $V_{ш} = 5 \dots 100 \text{ см}^3$;
- під час дослідних випробовувань – $200 \dots 1000 \text{ см}^3$;
- 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 ($\text{м}^3/\text{год}$) та оптимальною швидкістю ($\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$) фільтрування крізь псевдозріджений шар іоніту $v_{опт}$:

$$S_{заг} = Q/v_{опт} \cdot \quad (3.12)$$

Загальна кількість іонів, яку потрібно вилучити за 1 год, залежить від їх початкової C_n і кінцевої C_k концентрації ($\text{мг-екв}/\text{дм}^3$) і дорівнює $Q(C_n - C_k)$. Для поглинання цієї кількості іонів треба використати певну кількість повітряно-сухого іоніту з динамічною ємністю E_d ($\text{мг-екв}/\text{кг}$):

$$M_{іон} = Q(C_n - C_k)/E_d, \quad (3.13)$$

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

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

$$M_{заг} = M_{іон} \tau \cdot \quad (3.14)$$

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

$$W_1 = M_{заг}/d_n, \quad (3.15)$$

де d_n – насипна щільність іоніту, $\text{кг}/\text{м}^3$.

									Арк.
									27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП ХНЗ115 1440 ПЗ				

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

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

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

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

Якщо задатися діаметром іонообмінного апарата D_a , то число апаратів:

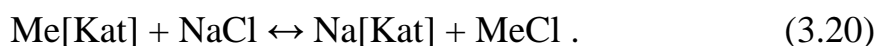
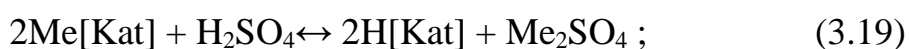
$$n_a = \frac{4S_{\text{заг}}}{\pi D_a^2} . \quad (3.18)$$

Потім розраховують об'єм регенераційних розчинів і ємностей для них.

3.3 Регенерація іонітів

Процес регенерації іонообмінних смол є оберненим до процесу сорбції іонів з очищеної 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 здійснюють кислотою (якщо Н-катіоніт) або розчином хлориду натрію (якщо Na-катіоніт):



Регенерація слабкоосновних аніонітів відбувається фільтруванням крізь шар аніоніту 2 – 4 %-вих водних розчинів NaOH, Na₂CO₃ або NH₄OH:



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

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

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. Чим більша вибірковість іоніту до іонів В, тим 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 $K_{p,p}$ застосовують рівняння [3]:

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

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 $K_{p,p}$ визначають за статичних умов за стехіометричної або будь-якої іншої витрати регенерувального розчину. Коефіцієнт розподілу іонів визначають за формулою

$$\eta = K_{p,p} 100 / (K_{p,p} + 1) \quad (3.23)$$

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 $K_{p,p}$ дає змогу характеризувати ефективність регенерації іоніту за різних умов. Так, за $\sum_{i=1}^n C_i = 0$ і $K_{p,p} = 0$ іоніт не регенерується. Якщо

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$0 < K_{p,p} < 0,5$, регенерація незадовільна, а коли $0,5 < K_{p,p} < 1$ регенераційна здатність розчину здебільшого вважається задовільною. Якщо $\sum_{i=1}^n C_i = \sum_{i=1}^n \bar{C}_i$, $K_{p,p} = 1$, здатність до регенерації добра і дорівнює його сорбційній здатності. І нарешті, якщо $\sum_{i=1}^n C_i > \sum_{i=1}^n \bar{C}_i$, $K_{p,p} > 1$, значенням $K_{p,p} = 1 \dots 9$ відповідають $\eta = 50 \dots 90 \%$ і за $K_{p,p} = 9 \dots 99$, $\eta = 90 \dots 99 \%$. У разі ідеальної регенерації $K_{p,p} \rightarrow \infty$ [3].

Найвища ефективність регенерації досягається тоді, коли процес регенерації супроводжується утворенням слабоіонізованих 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.

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

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.

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВІДДІЛЕННЯ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ

Фільтрат після попереднього очищення частково подається на розпушування іонітових фільтрів, а основна частина поступає на Н-катионітовий фільтр I ступеня 1, потім на аніонітовий фільтр I ступеня 5.

Н- катионітовий фільтр завантажений сильнокислим катионітом КУ-2-8. ОН-аніонітовий фільтр завантажений слабкоосновним аніонітом АН-31.

При протіканні води через Н-катионітові фільтри в процесі розкладання гідрокарбонатних солей виділяється CO_2 , що видаляється в спеціальному дегазаторі 9 продуванням через воду повітря і розбризкуванням води. Струмені води стікають по насадці декарбонізатора зверху вниз, а назустріч їм вентилятором подається повітря, що несе разом із власним потоком і пухирці вуглекислого газу. Декарбонізована вода насосом подається на Н-катионітовий фільтр відповідно II ступеня 11. Регенерація Н-катионітових фільтрів обох ступеней здійснюється паралельно. Регенерують фільтри 8 %-вою сульфатною кислотою. Кислота у цеху зберігається в цистернах у концентрованому вигляді, потім подається до проміжного баку зберігання кислоти 20, де змішується з водою до потрібної концентрації. Потім вода надходить на аніонітовий фільтр II ступеня 12, 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 23, де змішується з водою до потрібної концентрації. Регенерація аніонітових фільтрів також проходить паралельно.

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Кислі регенераційні води після всіх катіонітових фільтрів збирають у баці 27, а лужні води – у баці 25. Нейтралізація кислих і лужних вод відбувається в баці 26. Води після розпушення і промивання після всіх іонітних фільтрів разом з нейтралізованими регенераційними водами спрямовуються в освітлювач.

Демінералізована вода збирається у баці демінералізованої води 28, звідки насосом 24 спрямовується у котельне відділення.

Регенераційний розчин кислоти готується в баках 20 і 21, а регенераційний розчин лугу готується в баках 22 і 23.

Вода для відмивки та розпушення фільтрів подається з бака 29.

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

5 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

5.1 Розрахунок та вибір основного обладнання

Основними апаратами у відділені глибокого знесолення води для котельні ТЕЦ обрані фільтри з системою АП-КОРЕ. У даному розділі представлені основні розрахунки агрегатів та їх кількість за заданою потужністю 300 м³/год.

5.1.1 Розрахунок фільтра системи АП-КОРЕ

Для задоволення потреби підприємства в знесоленій воді необхідно щогодини виробляти 300 м³ знесоленої води. Для вибору обладнання необхідно розрахувати спочатку фільтр змішаної дії, аніонітовий і катіонітовий фільтри другого ступеня, а потім аніонітовий і катіонітовий фільтри першого ступеня.

Фільтр системи АП-КОРЕ - це апарат для одержання глибокознесоленої води. Швидкість фільтрування через змішану шихту та шар інерту складає 40 - 50 м/год.

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

Відключають фільтр на регенерацію при збільшенні вмісту кремнієвої кислоти більш 30 мкг/дм³, катіону натрію - більш 20 мкг/дм³. 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%-вий розчин H₂SO₄ зі швидкістю 5 м/год [2].

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

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Продуктивність установки 300 м³/год.

Необхідна площа фільтрування (F) при швидкості фільтрування $\omega = 40$ м/год [6]:

$$F = Q / \omega,$$

де Q - продуктивність, м³/год;

$$F = 300 / 40 = 7,5 \text{ м}^2.$$

Вибирається стандартний фільтр ФЗД 2.6-6 із площею фільтрування $f = 5,307 \text{ м}^2$, з висотою фільтруючого шару $h_{\text{ш.}} = 1200$ мм при співвідношенні $K : A = 1:1$ [2], [6].

Тривалість фільтроциклу з обліком регенованості шихти після пропуску 10^4 м^3 води на 1 м^3 суміші іонів:

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

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

$$T + \tau = 10^4 \cdot 5,307 \cdot 1,2 \cdot 2 / 300 = 450 \text{ год.}$$

Добове число регенерацій фільтру:

$$m = 24 \cdot n / (T + \tau) = 24 \cdot 1 / 450 = 0,053.$$

Витрата 100%-вої H_2SO_4 на регенерацію:

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

де $h_{\text{кат.}}$ - висота шару катіоніту, м; $b_{\text{к.}}$ - питома витрата H_2SO_4 , кг/м³ [6]; $E_{\text{кат.}}$ - ємність катіоніту, г-екв/м³;

$$\sigma_{\text{кисл}}^{100} = 5,307 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 300 / 1000 = 66,87 \text{ кг.}$$

Витрата технічної 98,3%-вої кислоти ($\rho = 1835,6 \text{ кг/м}^3$):

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

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

$$\sigma_{\text{кисл}}^{\text{доб.}} = \sigma_{\text{кисл}}^{98,3} \cdot m = 136,05 \cdot 0,053 = 7,21 \text{ кг/доб.}$$

Для регенерації використовують 4%-вий розчин сульфатної кислоти ($\rho = 1025 \text{ кг/м}^3$):

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

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

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

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{кисл}} = 3,318 - 0,074 = 3,244 \text{ м}^3.$$

Витрата 100%-вого NaOH на регенерацію

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

де $h_{\text{ан.}}$ - висота шару аніоніту, м; $b_{\text{л.}}$ - питома витрата луку, кг/м³; $E_{\text{ан}}$ - ємність аніоніту, г-екв/м³ [6];

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

Витрата технічного 42%-вого розчину NaOH ($\rho = 1449 \text{ кг/м}^3$):

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

Добова витрата 42%-вого NaOH на регенерацію:

$$\sigma_{\text{NaOH}}^{\text{доб}} = \sigma_{\text{NaOH}}^{42} \cdot m = 492,79 \cdot 0,053 = 26,1 \text{ кг/доб.}$$

Для регенерації використовують 4%-вий розчин NaOH ($\rho = 1043 \text{ кг/м}^3$):

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

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

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{NaOH}} = 11,81 - 0,34 = 11,47 \text{ м}^3.$$

Витрата води на поділ змішаної шихти:

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

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

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

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

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

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

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

Витрата води на одночасне відмивання катіоніту й аніоніту зустрічними потоками:

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

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Витрата води на довідмивку змішаної шихти після перемішування її повітрям:

$$V_{\text{довідм.}} = f \cdot h_{\text{ш.}} \cdot a_{\text{H}_2\text{O}},$$

де $a_{\text{H}_2\text{O}}$ - питома витрата води на відмивання, $\text{м}^3/\text{м}^3$; $h_{\text{ш.}}$ - висота шару, м;

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

Сумарна витрата води на власні нестатки АП-КОРЕ :

$$\begin{aligned} V_{\Sigma} &= V_{\text{розд.}} + V_{\text{з.п.}} + V_{\text{H}_2\text{O}^{\text{кисл}}} + V_{\text{H}_2\text{O}^{\text{NaOH}}} + V_{\text{відм.}} + V_{\text{довідм.}} = \\ &= 22,11 + 8,84 + 3,244 + 11,47 + 53,07 + 31,84 = 130,57 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

Годинна витрата води на власні нестатки АП-КОРЕ:

$$q^{\text{ФЗД}}_{\text{в.н.}} = m \cdot V_{\Sigma} / 24 = 0,120 \cdot 130,57 / 24 = 0,653 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Час пропуску регенераційного розчину кислоти при швидкості

$\omega_{\text{к.}} = 5 \text{ м/год.}$

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

Час пропуску регенераційного розчину лугу при швидкості

$\omega_{\text{л.}} = 5 \text{ м/год.}$

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \tau_{\text{ап-коре}} &= \tau_{\text{розд.}} + \tau_{\text{з.п.}} + \tau_{\text{л.}} + \tau_{\text{к.}} + \tau_{\text{відм.}} + \tau_{\text{перем.}} + \tau_{\text{довідм.}} + \tau_{\text{неврах.}} = \\ &= 25 + 10 + 7,50 + 26,71 + 60 + 30 + 36 + 30 = 225,21 \text{ хв. (4год)} \end{aligned}$$

Об'єм набряклих катіоніту й аніоніту у фільтрах :

$$\begin{aligned} V_{\text{кат.}}^{\text{вол.}} &= V_{\text{ан.}}^{\text{вол.}} = 0,5 \cdot f \cdot h_{\text{ш.}} \cdot (n + 1) = \\ &= 0,5 \cdot 5,307 \cdot 1,2 \cdot 3 = 9,553 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} V_{\text{кат.}}^{\text{сух.}} &= V_{\text{кат.}}^{\text{вол.}} / K_{\text{кат.}}^{\text{наб.}} = 9,553 / 2,06 = 4,638 \text{ м}^3; \\ V_{\text{ан.}}^{\text{сух.}} &= V_{\text{ан.}}^{\text{вол.}} / K_{\text{ан.}}^{\text{наб.}} = 9,553 / 2,24 = 4,265 \text{ м}^3, \end{aligned}$$

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

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

Маса повітряно-сухих іонітів, завантажених у фільтри:

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

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

де $\rho_{кат.}^{сух.}$ і $\rho_{ан.}^{сух.}$ – насипна густина відповідно катіоніту та аніоніту, т/м³;

$$M_{кат.}^{сух.} = 4,638 \cdot 0,70 = 3,247 \text{ т};$$

$$M_{ан.}^{сух.} = 4,265 \cdot 0,74 = 3,15 \text{ т.}$$

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

$$\Delta M_{кат.} = 0,15 \cdot M_{кат.}^{сух.} = 0,15 \cdot 3,247 = 0,487 \text{ т};$$

$$\Delta M_{ан.} = 0,1 \cdot M_{ан.}^{сух.} = 0,1 \cdot 3,15 = 0,315 \text{ т.}$$

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

$$\Delta M_{кат.}^{рік} = 0,1 \cdot M_{кат.}^{сух.} = 0,1 \cdot 3,247 = 0,3247 \text{ т};$$

$$\Delta M_{ан.}^{рік} = 0,05 \cdot M_{ан.}^{сух.} = 0,05 \cdot 3,15 = 0,158 \text{ т.}$$

Повна кількість катіоніту (термін служби - 5 років), яку треба заготовити для роботи АП-КОРЕ впродовж 5 років:

$$\begin{aligned} M_{кат.}^{повн.} &= M_{кат.}^{сух.} + 0,15 \cdot M_{кат.}^{сух.} + (5 - 1) \cdot 0,1 \cdot M_{кат.}^{сух.} = \\ &= 1,55 \cdot M_{кат.}^{сух.} = 1,55 \cdot 3,247 = 5,03 \text{ т.} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} M_{ан.}^{повн.} &= M_{ан.}^{сух.} + 0,1 \cdot M_{ан.}^{сух.} + (8 - 1) \cdot 0,05 \cdot M_{ан.}^{сух.} = \\ &= 1,45 \cdot M_{ан.}^{сух.} = 1,45 \cdot 3,15 = 4,56 \text{ т.} \end{aligned}$$

Згідно з методикою [7], для фільтра системи АП-КОРЕ із продуктивністю 300 м³/год обираємо висоту шару інерту 0,2 м.

Прийнято до установки два фільтри змішаної дії з внутрішньою регенерацією АП-КОРЕ Вр-2,6-6, D = 2600 мм, будівельна висота 5030 мм і один резервний [6].

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

5.1.2 Розрахунок аніонітового фільтра другого ступеня

Аніонітовий фільтр другого ступеня призначений для поглинання з частково знесолоної води аніонів вуглекислоти, кремнієвої кислоти, що залишилися, а також залишків аніонів сильних кислот, які просочилися через аніонітовий фільтр першого ступеня.

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 призводить до помітної втрати здатності аніоніту поглинати аніони слабких кислот, тобто до неможливості подальшого використання [2].

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 другого ступеня:

$$\begin{array}{ll} \text{Na}^+ = 0,6 \text{ мг-екв/дм}^3; & \text{SO}_4^{2-} = 3,209 \text{ мг-екв/дм}^3; \\ \text{Mg}^{2+} = 0,148 \text{ мг-екв/дм}^3; & \text{Cl}^- = 1,253 \text{ мг-екв/дм}^3; \\ \text{Ca}^{2+} = 5,322 \text{ мг-екв/дм}^3; & \text{CO}_3^{2-} = 0,009 \text{ мг-екв/дм}^3; \\ & \text{SiO}_3^{2-} = 0,047 \text{ мг-екв/дм}^3. \end{array}$$

Продуктивність з урахуванням витрати на власні нестатки складає:

$$Q = Q + q^{\text{ФЗД}}_{\text{в.н.}} = 300 + 0,653 = 300,653 \approx 300,66 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Визначення необхідної площі фільтрування при швидкості фільтрування $\omega=28$ м/год [6], здійснюється за формулою:

$$F = Q / \omega,$$

де Q – продуктивність установки, $\text{м}^3/\text{год}$;

$$F = 300,66/28 = 10,738 \text{ м}^2.$$

Обрано площу стандартного фільтра $f_a = 7,07 \text{ м}^2$, діаметром $D = 3000$ мм, $h_{\text{ш.}} = 1,5$ м [6]. Тоді дійсна швидкість фільтрування буде дорівнювати:

$$\omega_{\text{ф.}} = Q / f_a / n,$$

де n – кількість постійно працюючих фільтрів;

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\omega_{\text{ф.}} = 300,66/7,07/1 = 42,527 \text{ м/год.}$$

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

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

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

$$Q_{\text{доб.}} = 24 \cdot 300,66 + 24 \cdot 300,66 / n = 14431,68 \text{ м}^3/\text{доб.},$$

де SiO_3^{2-} , CO_3^{2-} – концентрації іонів SiO_3^{2-} і CO_3^{2-} у воді, мг-екв/ дм^3 ; $E_{\text{ан.}}$ – обмінна ємність аніоніту, г-екв/м³;

$$V_{\text{ан.}}^{\text{вол.}} = 14431,68 \cdot (0,047 + 0,009)/650 = 1,24 \text{ м}^3.$$

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

$$V_{\text{ан.}}^{\text{сух.}} = V_{\text{ан.}}^{\text{вол.}} / K_{\text{наб.}}^{\text{ан.}} = 1,24/2,24 = 0,55 \text{ м}^3,$$

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

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

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

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

$$M_{\text{кат.}}^{\text{сух.}} = 0,55 \cdot 0,74 = 0,41 \text{ т.}$$

Тривалість фільтрування:

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

де $h_{\text{ш.}}$ – висота шару матеріалу, що завантажується, м; $E_{\text{ан.}}$ – обмінна ємність аніоніту, г-екв/м³; C – кількість аніонів слабких кислот, що надходять на аніонітовий фільтр, г-екв/дм³ ;

$$\tau = 7,07 \cdot 1,5 \cdot 650 \cdot 1 / 300,66 / (0,047 + 0,009) = 409,4 \text{ год.}$$

Добове число регенерацій:

$$m = 24 \cdot n / \tau = 24 \cdot 1 / 409,4 = 0,058.$$

Витрату 100%-вого NaOH для однієї регенерації визначають за формулою:

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

де b – питома витрата лугу, кг/м³;

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

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

Для приготування регенераційного розчину використовують 42%-вий розчин NaOH ($\rho = 1449 \text{ кг/м}^3$). На одну регенерацію його витрачають у кількості, яку можна визначити за формулою :

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

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

$$\sigma^{\text{доб.}}_{\text{NaOH}} = \sigma^{42}_{\text{NaOH}} \cdot m = 1641,25 \cdot 0,058 = 95,19 \text{ кг.}$$

Регенерація здійснюється 4%-вим розчином лугу ($\rho = 1043 \text{ кг/м}^3$), його кількість визначається за формулою :

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

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

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 39,34 - 1,13 = 38,21 \text{ м}^3.$$

Тривалість пропуску регенераційного розчину при швидкості потоку $\omega_{\text{рег.}} = 5 \text{ м/год}$ [6]:

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

Витрата води на відмивання :

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

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

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

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

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

Витрата води на розпушення:

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

де t_3 – тривалість розпушення, хв; i – інтенсивність подачі води, $\text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$;

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

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:

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$V_{\Sigma H_2O} = V_{H_2O} + V_{\text{відм.}} + V_{\text{розп.}} = 38,21 + 95,45 + 12,73 = 146,39 \text{ м}^3.$$

Годинну витрату води на власні нестатки визначають за формулою:

$$q_{H_2O} = V_{\Sigma H_2O} \cdot m / 24 = 146,39 \cdot 0,058 / 24 = 0,35 \text{ м}^3/\text{год.}$$

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

5.1.3 Розрахунок Н-катіонітового фільтра другого ступеня

Годинна продуктивність: $Q = 300,66 + 0,35 \approx 301,01 \text{ м}^3/\text{год.}$

Тип матеріалу, що завантажується - КУ-2-8. Його обмінна ємність 600 г-екв/м³.

Визначають необхідну площу фільтрування, при швидкості фільтрування $\omega = 18 \text{ м/год}$ [6], за формулою:

$$F = Q / \omega,$$

де Q - продуктивність установки, м³/год;

$$F = 301,01 / 18 = 16,72 \text{ м}^2.$$

Вибирають площу стандартного фільтра $f_k = 5,31 \text{ м}^2$, діаметром D = 3м, $h_{\text{ш.}} = 1,5 \text{ м}$ [6]. Тоді дійсна швидкість фільтрування визначається за формулою:

$$\omega_{\text{ф.}} = Q / f_k / n,$$

де n - кількість постійно працюючих фільтрів;

$$\omega_{\text{ф.}} = 301,01 / 5,31 / 7 = 8,1 \text{ м/год.}$$

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

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

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

$$Q_{\text{доб.}} = 24 \cdot 301,01 + 24 \cdot 301,01 / 8 = 8127,27 \text{ м}^3/\text{доб.},$$

де $Na^+_{\text{зал.}}$ - залишкова концентрація іонів Na^+ у воді після першого ступеня, мг-екв/дм³; $E_{\text{кат.}}$ - обмінна ємність катіоніту, г-екв/м³;

$$V_{\text{кат.}}^{\text{вол.}} = 8127,27 \cdot 0,15 / 600 = 2,03 \text{ м}^3.$$

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

$$V_{\text{кат.}}^{\text{сух.}} = V_{\text{кат.}}^{\text{вол.}} / K_{\text{кат.}}^{\text{наб.}} = 2,03 / 2,06 = 0,98 \text{ м}^3,$$

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

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

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

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

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

$$M_{кат.}^{сух.} = 0,98 \cdot 0,7 = 0,69 \text{ т.}$$

Тривалість фільтрування визначається за формулою:

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

де C - залишкова концентрація іонів Na^+ у воді після першого ступеня;

$$\tau = 5,31 \cdot 1,5 \cdot 600 \cdot 1 / 301,01 / 0,15 = 105,84 \text{ год.}$$

Добове число регенерацій визначається за формулою:

$$m = 24 \cdot n / \tau = 24 \cdot 1 / 105,84 = 0,23 \text{ рег/доб.}$$

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

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

де b - питома витрата H_2SO_4 , кг/м³;

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

Витрата технічної 98,3%-вої кислоти на одну регенерацію ($\rho = 1835,6 \text{ кг/м}^3$) 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 ($\rho = 1025 \text{ кг/м}^3$) 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:

$$V_{H_2O} = 8,3 - 0,185 = 8,12 \text{ м}^3 .$$

Тривалість пропуску регенераційного розчину при швидкості потоку $\omega_{рег.} = 5 \text{ м/год}$ [6]:

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

Витрата води на відмивання визначається за формулою:

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

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

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

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

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

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

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

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

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:

$$V = V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{відм}} + V_{\text{розп}} = 8,12 + 71,69 + 9,56 = 89,37 \text{ м}^3.$$

Годинна витрата води на власні нестатки визначається за формулою:

$$q = V \cdot m / 24 = 89,37 \cdot 0,23 / 24 = 0,86 \text{ м}^3/\text{год.}$$

З цього випливає, що вихідної води повинно надходити на 0,86 $\text{м}^3/\text{год}$
більше для задоволення нестатків Н-катіонітових фільтрів другого ступеня.

$$Q = 301,01 + 0,86 = 301,87 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Прийнято до установки 1 катіонітовий фільтр II ступеню, шифр ФПа-
II-2,6-6, D = 2600 мм, будівельна висота 4015 мм і один резервний.

5.1.4 Розрахунок декарбонізатора

Продуктивність $Q = 301,87 \text{ м}^3/\text{год.}$

Температура води - 20 °С.

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

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

Вміст CO_2 у воді, що подається на декарбонізатор:

$$C^{\text{п}}_{\text{CO}_2} = 1,3 \cdot 44 = 57,2 \text{ мг}/\text{дм}^3.$$

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Залишковий вміст вуглекислоти у воді з декарбонізатора, прийнято 5 мг/дм³:

$$C^d_{CO_2} = 5 \text{ мг/дм}^3.$$

Кількість вуглекислоти, що підлягає видаленню в декарбонізаторі:

$$G = Q \cdot (C^p_{CO_2} - C^d_{CO_2}) / 1000 = \\ = 301,87 \cdot (57,2 - 5) / 1000 = 15,75 \text{ кг/год.}$$

Необхідну поверхню насадки, що забезпечує заданий ефект видалення вуглекислоти, визначають 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, м³/(м³·год); ΔC_{ср.} - середня сила десорбції, кг/м³ [7]:

$$F = 15,75 / 0,4 / 0,015 = 2626,27 \text{ м}^2.$$

Визначення об'єму насадки при безладному завантаженні кілець:

$$V = F / a = 2626,27 / 204 = 12,87 \text{ м}^3,$$

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

Площа поперечного перерізу декарбонізатора:

$$f = Q / 60,$$

де 60 - оптимальна густина зрошення насадки, м³/(м²*год);

$$f = 301,87 / 60 = 5 \text{ м}^2.$$

Висота насадки:

$$h = V / f = 12,87 / 5 = 2,57 \text{ м.}$$

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 м³/м³;

$$V_{пов.} = 301,87 \cdot 25 = 7546,75 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Сумарний опір проходження повітря через декарбонізатор[7]:

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

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

де δ - опір насадки з кілець Рашига 25x25x3 мм на 1 м висоти шару, мм вод. ст.;
С - опір проходу повітря конструктивних елементів декарбонізатора, мм вод. ст.;

$$\Delta P = 25 \cdot 2,57 + 40 = 104,25 \text{ мм вод. ст.}$$

5.1.5 Розрахунок аніонітового фільтра першого ступеня

Продуктивність установки 301,87 м³/год.

Необхідна площа фільтрування для двох фільтрів, при швидкості фільтрування 10 м/год, визначається за формулою:

$$F = Q / \omega = 301,87 / 10 = 30,187 \text{ м}^2.$$

Прийнято 2 стандартних фільтри $D = 3000$ мм, $h_{ш.} = 2,5$ м, $f = 7,07$ м².

Тоді дійсна швидкість фільтрування розраховується за формулою:

$$\omega_d = Q / f / n = 301,87 / 7,07 / 3 = 14,23 \text{ м/год.}$$

Як завантажений матеріал приймаємо слабкоосновний аніоніт АН- 31. Його розрахункова обмінна ємність $E_{ан} = 800$ г-екв/м³.

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

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

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

$$Q_{доб.} = 24 \cdot 301,87 + 24 \cdot 301,87 / 3 = 9659,84 \text{ м}^3/\text{доб.},$$

де SO_4^{2-} і Cl^- - концентрації іонів SO_4^{2-} і Cl^- у воді, мг-екв/ дм³; $E_{ан.}$ - обмінна ємність аніоніту, г-екв/м³;

$$V_{ан. вол.} = 9659,84 \cdot (3,209 + 1,253) / 800 = 53,88 \text{ м}^3.$$

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

$$V_{ан. сух.} = V_{ан. вол.} / K^{наб.}_{ан.} = 53,88 / 2,32 = 23,22 \text{ м}^3,$$

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

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

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

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

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

$$M_{\text{кат.}}^{\text{сух.}} = 23,22 \cdot 0,72 = 16,72 \text{ т.}$$

Тривалість фільтрування визначають за формулою:

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

де C - концентрація іонів ($\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$), мг-екв/дм³;

$$\tau = 7,07 \cdot 2,5 \cdot 800 \cdot 3 / 301,87 / (3,209 + 1,253) = 31,5 \text{ год.}$$

Добове число регенерацій визначають як:

$$m = 24 \cdot 3 / 31,5 = 2,29 \text{ рег./доб.}$$

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

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

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

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

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

$$\sigma_{\text{NaOH}}^{\text{доб}} = \sigma_{\text{NaOH}}^{42} \cdot m = 2356,67 \cdot 2,29 = 5396,77 \text{ кг.}$$

На одну регенерацію буде потрібно наступна кількість 4%-вого регенераційного розчину ($\rho = 1043 \text{ кг/м}^3$) визначають за формулою:

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

Кількість води на приготування регенераційного розчину визначається як:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 56,49 - 0,16 = 56,33 \text{ м}^3.$$

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

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

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

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

Тривалість відмивання, при швидкості відмивочного потоку

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

$\omega = 10$ м/год, визначають за формулою:

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

Витрата води на розпушення, при інтенсивності подачі води

$i=3$ дм³/(с·м²), визначається за формулою:

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

де t_3 - тривалість розпушення, хв.;

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

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:

$$V_{\Sigma} = V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{відм}} + V_{\text{розп}} = 56,33 + 141,4 + 12,73 = 210,46 \text{ м}^3.$$

Годинна витрата води на власні потреби визначається як:

$$q_{\text{H}_2\text{O}} = 210,46 \cdot 2,29/24 = 20,08 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Приймаємо до установки 1 аніонітовий фільтр I ступеня, шифр

ФІПа I-3,0-6, D = 3000 мм, будівельна висота 5470 мм і один резервний.

5.1.6 Розрахунок Н-катионітового фільтра першого ступеня

Продуктивність $Q = 301,87 + 20,08 = 321,95$ м³/год.

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

$$F = Q / \omega ,$$

$$F = 321,95 / 10 = 32,195 \text{ м}^2.$$

Прийнято стандартний фільтр D = 3000 мм, $h_{\text{ш.}} = 2,5$ м, $f = 7,07$ м².

Тоді дійсна швидкість фільтрування визначається за формулою:

$$\omega_d = Q / f / n = 321,95/7,07/1 = 45,53 \text{ м/год.}$$

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

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

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

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

$$Q_{\text{доб.}} = 24 \cdot 321,95 + 24 \cdot 321,95 / 12 = 8370,7 \text{ м}^3/\text{доб.};$$

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

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

$$V_{\text{кат.}}^{\text{вол.}} = 8370,7 \cdot (0,6 + 5,322 + 0,148) / 600 = 84,68 \text{ м}^3.$$

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

$$V_{\text{кат.}}^{\text{сух.}} = V_{\text{кат.}}^{\text{вол.}} / K_{\text{кат.}}^{\text{наб.}} = 84,68 / 2,06 = 41,1 \text{ м}^3,$$

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

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

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

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

$$M_{\text{кат.}}^{\text{сух.}} = 41,1 \cdot 0,7 = 28,77 \text{ т.}$$

Тривалість фільтрування визначається за формулою:

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

де C - концентрація всіх катіонів;

$$\tau = 7,07 \cdot 2,5 \cdot 600 \cdot 1 / 321,95 / (0,6 + 0,148 + 5,322) = 5,43 \text{ год.}$$

Добове число регенерації визначається за формулою:

$$m = 24 \cdot n / \tau = 24 \cdot 1 / 5,43 = 4,42 \text{ рег./доб.}$$

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

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

де b - питома витрата кислоти, кг/м³;

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

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

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

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

$$\sigma_{\text{кисл}}^{\text{доб.}} = \sigma_{\text{кисл}}^{98,3} \cdot m = 755,19 \cdot 4,42 = 3337,94 \text{ кг.}$$

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Регенерацію першого ступеня Н-катіонітового фільтра здійснюється 4%-вим розчином сульфатної кислоти ($\rho = 1025 \text{ кг/м}^3$). Його кількість визначають як:

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

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

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 18,42 - 0,41 = 18,01 \text{ м}^3.$$

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

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

Витрата води на відмивання визначається за формулою[5]:

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

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

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

Тривалість відмивання при швидкості відмивочного потоку

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

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

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

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

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 визначають за формулою:

$$V_{\Sigma} = V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{відм}} + V_{\text{розп}} = 18,01 + 159,08 + 12,73 = 189,82 \text{ м}^3.$$

Годинна витрата води на власні нестатки визначається за формулою:

$$q_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\Sigma} \cdot m / 24 = 189,82 \cdot 4,42/24 = 34,96 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Для задоволення власних нестатків установки вихідної води необхідно:

$$321,95 + 34,96 = 356,9 \text{ м}^3/\text{год.}$$

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Що становить:

$$356,9 \cdot 24 \cdot 365 = 3126518,61 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Прийнято до установки 1 катіонітовий фільтр I ступеня, шифр ФШп I-3,0-6, D = 3000 мм, будівельна висота 5470 ммі один резервний.

5.2 Розрахунок та вибір допоміжного технологічного обладнання

Бак сульфатної кислоти

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

$$V_{\text{к}}^{\text{доб}} = \Sigma(V_{\text{кі}}^{98,3} \cdot m_i) / \rho,$$

де $V_{\text{кі}}^{98,3}$ - витрата кислоти для кожної ступіні на одну регенерацію, м^3 ;

m_i - добове число регенерацій для кожної ступеня; ρ - густина 98,3%-вого розчину кислоти, $\text{м}^3/\text{кг}$;

$$V_{\text{кі}}^{\text{доб}} = (136,05 \cdot 0,226 + 340,32 \cdot 0,23 + 755,19 \cdot 4,42) / 1835,6 = 1,88 \text{ м}^3.$$

Ємність баку для добового запасу кислоти з урахуванням коефіцієнта запасу:

$$V_{\text{к}} = 1,3 \cdot V_{\text{кі}}^{\text{доб}} = 1,3 \cdot 1,88 = 2,45 \text{ м}^3.$$

Прийнято до установки бак сульфатної кислоти $V = 3 \text{ м}^3$.

Місячний запас кислоти:

$$V_{\text{міс}} = V_{\text{к}} \cdot 30 = 90 \text{ м}^3.$$

Прийнято до установки бак для зберігання кислоти об'ємом 100 м^3 .

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

$$V_{\text{ем}} = V_{\text{к}}^{\text{доб}} \cdot 100/4 = 47 \text{ м}^3.$$

Встановлено бак для 4%-вого розчину кислоти об'ємом 50 м^3 .

Бак гідроксиду натрію

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

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

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

де $V_{\text{лі}}^{42}$ - витрата лугу для кожного ступеня на одну регенерацію, м^3 ; m_i - добове число регенерацій для кожного ступеня; ρ - густина 42%-вого розчину лугу, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$$V_{\text{л}}^{\text{доб}} = (2356,67 * 18,45 + 1641,25 * 0,058 + 492,79 * 0,053) / 1449 = 30,10 \text{ м}^3.$$

Ємність мірника для добового запасу лугу з урахуванням коефіцієнта запасу:

$$V_{\text{л}} = 1,3 \cdot V_{\text{лі}}^{\text{доб}} = 1,3 \cdot 30,10 = 39,13 \text{ м}^3.$$

Прийнято до установки бак гідроксиду натрію $V = 45 \text{ м}^3$.

Місячний запас лугу:

$$V_{\text{міс}} = V_{\text{л}} \cdot 30 = 1173,90 \text{ м}^3.$$

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

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

$$V_{\text{ем}} = V_{\text{л}}^{\text{доб}} \cdot 100/4 = 752,5 \text{ м}^3.$$

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

Бак кислих регенераційних вод

Кислі регенераційні води з усіх ступеней збираються в один бак, об'єм якого визначається за формулою:

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

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

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Бак лужних регенераційних вод

Лужні регенераційні води збираються в один бак, об'єм якого визначається за формулою:

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

Прийнято до установки бак лужних регенераційних вод об'ємом 175м³.

Насос проясненої води

Насос повинен подати 300 м³/год води на демінералізуючу 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.

Прийнято до установки насос типу X280/42, Q = 280 м³/год, Н = 42 м вод. ст. з електродвигуном АО2-92-4 потужністю 100 кВт.

Насос знесолоної води

Насос повинен забезпечити подачу 175 м³/год знесолоної 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.

Прийнято до установки насос типу X280/42, Q=280 м³/год, Н= 42 м вод. ст. з електродвигуном АО2-92-4 потужністю 100 кВт.

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ВІДДІЛЕННЯ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ 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 пари для котельні. Запобігти утворенню 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 відділення демінералізації води, яка більш детально представлена у пункті 4 «Описання технологічної схеми».

Вода після попереднього очищення частково подається на розпушування іонітових фільтрів, а основна частина поступає на Н-катіонітовий фільтр I ступеня, потім на аніонітовий фільтр I ступеня.

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

Наступною стадією очищення води для потреб котельні є катіонітовий та аніонітовий фільтри другого ступеня, що також підключені послідовно. Завершальним етапом отримання демінералізованої є фільтр АП-КОРЕ, який вже практично повністю знесолює воду.

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

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

6.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації та обґрунтування задач автоматизації

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

- контроль і регулювання витрати розчину кислоти у Н-катіонітові фільтри двох ступенів та у фільтр АП-КОРЕ;
- контроль і регулювання витрати розчину лугу у ОН-аніонітові фільтри двох ступенів та у фільтр АП-КОРЕ;
- контроль рН води у баку для збирання демінералізованої води;
- контроль концентрації іонів Na^+ після Н-катіонітових фільтрів обох ступенів;
- контроль рівня води у баках після фільтрів;
- контроль концентрації CO_2 після декарбонізатора;
- контроль рівня води у баку очищеної води.

Параметри регулювання та контролю відділення демінералізації води наведено у таблиці 6.1[8].

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1 - Параметри регулювання та контролю відділення демінералізації води

№	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	Трубопровід 13	Витрата	360 м ³ /год	Контроль, регулювання
2	Трубопровід 12	Витрата	300 м ³ /год	Контроль, регулювання
3	Баки 2, 6, 13, 16	Рівень	2 м	Індикація, регулювання
4	Трубопровід 1d	pH	5...7	Вимірювання, індикація
5	Декарбонізатор	Концентрація	0...0,11 мг-екв/кг	Вимірювання, індикація
6	Трубопровід 1b	Концентрація	0...0,6 мг-екв/дм ³	Вимірювання, індикація
7	Трубопровід 1b	Концентрація	0...0,15 мг-екв/дм ³	Вимірювання, індикація

6.2 Опис розробленої схеми автоматизації схеми відділення демінералізації 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 для розпушуючого промивання фільтрів, декарбонізованої води, витратних баках розчину кислоти та лугу застосовано відповідно контури 18, 20, 23, 25, 27, 29, 31, які складаються з первинних перетворювачів рівня (позиції 7-1, 8-1, 10-1, 11-1, 12-1, 13-1, 14-1), проміжних перетворювачів (позиції 7-2, 8-2, 10-2, 11-2, 12-2, 13-2, 14-2) та приладів вторинних показувальних, реєструвальних (позиції 7-3, 8-3, 10-3, 11-3, 12-3, 13-3, 14-3).

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Для вимірювання та регулювання витрати у трубопроводах 13, 12, застосовано відповідно контури 2, 7, 9, 11, 13, 16, які складаються з первинних перетворювачів витрати (позиції 1-1, 2-1, 3-1, 4-1, 5-1, 6-1), проміжних перетворювачів (позиції 1-2, 2-2, 3-2, 4-2, 5-2, 6-2), приладів вторинних показувальних, реєструвальних (позиції 1-3, 2-3, 3-3, 4-3, 5-3, 6-3), регулювальних блоків (позиції 1-4, 2-4, 3-4, 4-4, 5-4, 6-4), перетворювачів електропневматичних (позиції 1-5, 2-5, 3-5, 4-5, 5-5, 6-5), виконавчих механізмів (позиції 1-6, 2-6, 3-6, 4-6, 5-6, 6-6), пускачів магнітних безконтактних реверсивних (МП1, МП2, МП3, МП4, МП5, МП6, МП7, МП8, МП9, МП10, МП11, МП12) із кнопками сигналізацій.

Для контролю та регулювання рН у баці демінералізованої води розроблено контур 22. Він складається з вимірювального чутливого елементу заглибного виконання (позиція 9-1), перетворювача сигналу (позиція 9-2), вторинного показувального та реєструвального приладу (позиція 9-3).

Контури 39 та 40 застосовують для контролю концентрації іонів Na^+ та CO_2 , що складаються з первинних перетворювачів (позиції 15-1, 16-1, 17-1), електронних показувальних та реєструвальних приладів - мікропроцесорів індикаторних (позиції 15-2, 16-2, 17-2).

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ВІДДІЛЕННЯ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ

Сьогодні є актуальним питання очищення води чи то для господарських потреб, чи з точки зору екології. Завданням даного дипломного проекту є удосконалення відділення глибокої демінералізації води для потреб ТЕЦ.

Потреба у процесі підготовки води на теплоелектроцентралі однозначна, очищення забезпечить довготривалу роботу апаратури, а саме: зменшить корозійний вплив, утворення накипу, покращить бактеріальний стан тощо. Рационально організована водопідготовка 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 демінералізованої води та порівняння технологічних рішень.

7.1 Підприємство у промисловій структурі держави

Цех підготовки води для потреб водогрійних котлів та підживлення тепломереж. Класифікаційні ознаки:

- за формою власності – приватне підприємство;
- за формою реєстрації – юридична особа;
- за організаційно-правовою структурою – господарське товариство;
- за спеціалізацією – вузькоспеціалізоване;
- за масштабом виробництва: масове, виробляється великий обсяг води з постійним складом;
- за ресурсами, що споживаються – енерго- та матеріаломістке;
- за потужністю – середнє;
- за чисельністю персоналу – мале;
- за вартістю власного майна – мале;
- за режимом роботи протягом року – поза сезонне.

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

– вид діяльності за КВЕД:

Секція Е – Водопостачання; каналізація, поводження з відходами.

Розділ 37 – Каналізація, відведення й очищення стічних вод.

Мета діяльності цеху: демінералізація води для подачі в тепломережу.

Основні завдання підприємства:

1. Вироблення води, яка буде максимально задовольняти вимогам до води для потреб тепломережі;
2. Максимальне задоволення потреб споживачів;
3. Використання сучасного обладнання;

7.2 Теоретичні основи розрахунку собівартості відділення глибокої демінералізації води

Собівартість продукції являє собою грошовий вираз витрат на виробництво та реалізацію продукції. Це комплексний економічний показник, який об'єднує в собі витрати на спожиті засоби виробництва, й витрати на заробітну плату робітників підприємств, а також частину чистого прибутку суспільства, яка призначена на соціальне страхування.

Собівартість повинна передбачати витрати необхідної 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.

7.3 Економічні розрахунки собівартості підготовки знесоленої води

Розрахунок витрат – базується на нормах витрат, встановлених галузевими нормативами, стандартами та технологічними регламентами підприємств, обраним технологічним рішенням, а саме регламентом теплової електростанції.

Собівартість продукції визначається розрахунково-аналітичним методом. Розрахунковим шляхом установлюють витрати матеріалів, купівельних напівфабрикатів, комплектуючих виробів, суму амортизаційних відрахувань і

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

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 [9]:

$$N_a = 1 / T_{\text{експ}} \cdot 100\% , \quad (7.1)$$

де $T_{\text{експ}}$ – час експлуатації основних засобів.

Виходячи з формули (7.1), амортизація буде складати:

$$A = O_3 \cdot N_a / 100 . \quad (7.2)$$

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 враховуються всі 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:

$$V_{\text{ел.ен.}} = (365 \cdot 24 / 2) \cdot N \cdot \text{Тр}_н + (365 \cdot 24 / 2) \cdot N \cdot \text{Тр}_д , \quad (7.3)$$

де N – середня витрата потужності цеху за годину; $\text{Тр}_н$, $\text{Тр}_д$ – тарифна сплата за користування електроенергією у денний чи нічний час.

Розраховують фонд оплати праці, як суму всіх заробітних виплат у році, та витрати на сировину і матеріали.

На основі цих розрахунків розраховують річну собівартість продукції за формулою:

$$C = O_63 + A . \quad (7.4)$$

Тоді собівартість одиниці продукції буде складати:

$$C_{\text{од.пр}} = C / K_{\text{пр}} . \quad (7.5)$$

На підставі описаних вище розрахунків обчислюють собівартість води після знесолення.

7.3.1 Економічні розрахунки собівартості підготовки знесоленої води з використанням ФЗД

Виходячи з того, що продуктивність цеху задано 400 т/год, продуктивність за рік складатиме 3504000 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, цистерни, насоси, труби і тощо), складає 8 937 000 грн.

Невраховані витрати на основні засоби становить:

$$8\,937\,000 \times 0,1 = 893\,700 \text{ грн.}$$

Звідси впливає, що вартість основних засобів становить 9 830 700 грн.

Час експлуатації ресурсів 5 років, норму амортизації розраховують за формулою 7.1:

$$H_a = 1 / 5 \cdot 100\% = 20\%.$$

Тоді амортизаційні виплати становлять 20% від вартості основних фондів:

$$A = 9\,830\,700 \cdot 20 / 100 = 1\,966\,140 \text{ грн/рік.}$$

Підприємство працює цілодобово та без вихідних і споживає у середньому 2000 кВт за годину, оскільки потужність більше 30 кВт/год – це другий клас напруги.

Ціна 1кВт= 348,87 копійок– денний час; в нічний час: 1кВт=67,84 копійок.

За формулою 7.3 розраховано річну витрату відділення на електроенергію:

$$\begin{aligned} V_{\text{ел.ен}} &= (365 \cdot 24 / 2) \cdot 3,4887 \cdot 2000 + (365 \cdot 24 / 2) \cdot 0,6784 \cdot 2000 = \\ &= 36\,503\,796 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Ціна вказана з урахуванням ПДВ (20%).

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

У таблиці 7.1 перерахований персонал, що працює у відділі та їх заробітна плата в місяць. Чисельність персоналу за списком складає 20 осіб.

Заробітна плата персоналу складається з 3-ох частин: основна, додаткова та інші виплати.

Додаткова зарплата включає:

- 1) доплата за нічні години – 40 %;
- 2) доплата за вечірній час – 20 %.

Таблиця 7.1 – Заробітна плата персоналу (за списком) відділення демінералізації води

Посада	Кількість	ЗП, грн.
Начальник цеху	1	20000
Головний технолог	1	13000
Технологи зміни	4	24 000
Робітники стадії знесолення	10	40 000
Прибиральниця	4	14 000
Охоронці	4	16 000

Цех працює безперервно. Для забезпечення безперервності процесу створено графік змінності, що включає 4 бригади. Одна бригада включає: технолог зміни (1), робітник стадії очистки (3), прибиральниця (1), охоронець (1).

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

Начальник цеху і головний технолог працюють лише в одну першу зміну.

Тривалість змін:

- 1) 8.00 – 16.00 (8год);
- 2) 16.00 – 00.00 (8год);

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

3) 00.00 – 8.00 (8год).

Сума всіх нарахувань на заробітну плату складає фонд оплати праці:

$$\text{ФОП} = 127\,000 \cdot 12 \cdot 1,22 = 1\,859\,280 \text{ грн/рік.}$$

де 1,22 – це єдиний соціальний внесок в Україні.

У таблиці 7.2 викладено витрати на сировину та допоміжні матеріали в рік.

Така кількість сировини та допоміжних матеріалів обумовлена виробничою необхідністю з урахуванням можливих додаткових витрат.

Таблиця 7.2 – Витрати на сировину та реагенти

Назва	Кількість, м ³ (кг)/рік	Вартість, грн/рік
1	2	3
Вихідна вода	3 504000	2 628 000
Гідроксид натрію	20 000	10 790 000
Сульфатна кислота	3061	35915000
Катіоніт КУ-2-8	9400	47 000
Аніоніт АН-31	9400	611 000
Витрати на запасні частини для обладнання		50 000
Реактиви		15 000

Всього в рік витрачається на сировину та реагенти 49 333 000 грн/рік.

На основі вищеперерахованого складено таблицю оборотних засобів (таблиця 7.3), де внесено витрати на електроенергію, сировину та реагенти, фонд оплати праці.

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.3 – Оборотні засоби відділення демінералізації води

Назва витрат	грн/рік
Електроенергія	36 503 796
Фонд оплати праці	1 859 280
Сировина та реагенти	49 333 000
Сума	87 696 076

Невраховані витрати = $87\,696\,076 \times 0,1 = 8\,769\,607,6$ грн.

Тоді вартість оборотних засобів становить $96\,465\,683,6$ грн.

Виходячи з проведених розрахунків, обчислено річну собівартість продукції за формулою 7.4:

$$C = 96\,465\,683,6 + 1\,966\,140 = 98\,431\,823,6 \text{ грн.}$$

Отже, собівартість 1 м^3 знесоленої води становить:

$$C_{\text{одн}} = 98\,431\,823,6 / 3\,504\,000 = 28,09 \text{ грн/м}^3.$$

Встановлена державою ціна за 1 м^3 води становить $13,43$ грн.

За один виробничий цикл очищається 1200 м^3 .

$$\text{Ц} = 13,43 \cdot 28\,800 \cdot 365 = 141\,176\,160 \text{ грн/рік.}$$

Прибуток:

$$\text{П} = \text{Ц} - \text{С} = 141\,176\,160 - 98\,431\,823,6 = 42\,744\,336,4 \text{ грн/рік.}$$

Капіталовкладення:

$$K = \text{ОФ} + \text{ОбЗ} = 9\,830\,700 + 96\,465\,683,6 = 106\,296\,383,6 \text{ грн.}$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{\text{П}}{K} = \frac{42\,744\,336,4}{106\,296\,383,6} = 0,4.$$

Термін повернення капіталу:

$$T_{\text{пов}} = \frac{1}{E} = \frac{1}{0,4} = 2,5 \text{ р.}$$

Фондовіддача:

$$\text{ФВ} = \frac{B}{\text{ОФ}} = \frac{10\,512\,000}{9\,830\,700} = 1,06.$$

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Фондоємність:

$$\Phi\epsilon = \frac{1}{\Phi B} = \frac{1}{1,06} = 0,94.$$

Таблиця 7.4 – Зведена таблиця техніко-економічних показників

Показник	Значення
Річний випуск продукції, м ³	10512000
Чисельність персоналу за списком, осіб	Ч _{сп} = 20
Капіталовкладення, грн	106 296 383,6
Загальна собівартість продукції, грн/рік	98 431 823,6
Відносний прибуток, грн/рік	42 744 336,4
Термін повернення капіталовкладень, років	2,5
Коефіцієнт економічної ефективності	0,4
Фондовіддача, грн/грн	1,06
Основні фонди, грн	9 830 700
Оборотні засоби, грн	96 465 683,6
Фондоємність, грн/грн	0,94

7.3 Економічні розрахунки собівартості підготовки демінералізованої води за новою технологією

Виходячи з того, що продуктивність цеху задано 300 м³/год, продуктивність за рік складатиме 3504000 т/рік. Для забезпечення необхідної продуктивності цеху, з урахуванням резервного обладнання, потрібна певна кількість одиниць обладнання.

Вартість основних фондів, до яких входить все необхідне обладнання (фільтри, баки, декарбонізатор, цистерни, насоси, труби і т.д) складає 9 114 000 грн.

Невраховані витрати на основні засоби становить:

$$9\ 114\ 000 \times 0,1 = 911\ 400 \text{ грн.}$$

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Звідси випливає, що вартість основних засобів становить 10025400 грн.

Час експлуатації ресурсів 5 років, норму амортизації розраховують за формулою 7.1:

$$H_a = 1 / 5 \cdot 100\% = 20\%.$$

Тоді амортизаційні виплати становлять 20% від вартості основних фондів:

$$A = 10\,025\,400 \cdot 20 / 100 = 2\,005\,080 \text{ грн/рік.}$$

Підприємство працює цілодобово та без вихідних і споживає у середньому 2000 кВт за годину, оскільки потужність більше 30 кВт/год - це другий клас напруги.

Витрата за електроенергію складає 36 503 796 грн.

Ціна вказана з урахуванням ПДВ (20%).

Організаційна структура підприємства залишається такою ж, тому сума всіх нарахувань на заробітну плату складає фонд оплати праці:

$$\text{ФОП} = 127\,000 \cdot 12 \cdot 1,22 = 1\,859\,280 \text{ грн/рік}$$

де 1,22 – це єдиний соціальний внесок в Україні.

У таблиці 7.5 викладено витрати на сировину та допоміжні матеріали за рік.

Така кількість сировини та допоміжних матеріалів обумовлена виробничою необхідністю з урахуванням можливих додаткових витрат.

Таблиця 7.5 – Витрати на сировину та реагенти

Назва	Кількість, м ³ (кг)/рік	Вартість, грн/рік
1	2	3
Вихідна вода	3 125000	2 343750
Гідроксид натрію	20 000	10 790 000
Сульфатна кислота	3061	35915000
Інертний матеріал	113,2	2800
Катіоніт КУ-2-8	9400	47 000

Продовження таблиці 7.5

1	2	3
Аніоніт АН-31	9400	611 000
Витрати на запасні частини для обладнання		50 000
Реактиви		15 000

Всього в рік витрачається на сировину та реагенти 49 048 750 грн/рік.

На основі вищеперерахованого складено таблицю оборотних засобів (таблиця 7.6), де внесено витрати на електроенергію, сировину та реагенти, фонд оплати праці.

Таблиця 7.6 – Оборотні засоби відділення демінералізації води

Назва витрат	грн/рік
Електроенергія	36 503 796
Фонд оплати праці	1 859 280
Сировина та реагенти	49 048 750
Сума	87 411 826

Невраховані витрати = $87\,411\,826 \times 0,1 = 8\,741\,182,6$ грн.

Тому вартість оборотних засобів становить 96 153 008,6 грн.

Виходячи з проведених розрахунків, обчислюємо річну собівартість продукції:

$C = 96\,153\,008,6 + 2\,005\,080 = 98\,158\,088,6$ грн.

Отже, собівартість 1 м^3 очищеної води становить:

$C_{\text{одн}} = 98\,158\,088,6 / 3504000 = 28,01$ грн/м³.

Встановлена державою ціна за 1 м^3 води становить 13,43 грн.

За один виробничий цикл очищається 1200 м^3 .

$\text{Ц} = 13,43 \cdot 28\,800 \cdot 365 = 141\,176\,160$ грн/рік.

Прибуток:

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Pi = \text{Ц} - \text{С} = 141\,176\,160 - 98\,158\,088,6 = 43\,018\,071,4 \text{ грн/рік.}$$

Капіталовкладення:

$$K = \text{ОФ} + \text{ОбЗ} = 10\,025\,400 + 96\,153\,008,6 = 106\,178\,408,6 \text{ грн.}$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{\Pi}{K} = \frac{43\,018\,071,4}{106\,178\,408,6} = 0,405.$$

Термін повернення капіталу:

$$T_{\text{пов}} = \frac{1}{E} = \frac{1}{0,405} = 2,46 \text{ р.}$$

Фондовіддача:

$$\Phi B = \frac{B}{\text{ОФ}} = \frac{10\,512\,000}{10\,025\,400} = 1,048.$$

Фондоємність:

$$\Phi \epsilon = \frac{1}{\Phi B} = \frac{1}{1,048} = 0,95.$$

Таблиця 7.7 – Зведена таблиця техніко-економічних показників

Показник	Значення
Річний випуск продукції, м ³	10512000
Чисельність персоналу за списком, осіб	Ч _{сп} = 20
Капіталовкладення, грн	106 178 408,6
Загальна собівартість продукції, грн/рік	98 158 088,6
Відносний прибуток, грн/рік	43 018 071,4
Термін повернення капіталовкладень, років	2,46
Коефіцієнт економічної ефективності	0,405
Фондовіддача, грн/грн	1,048
Основні фонди, грн	10 025 400
Оборотні засоби, грн	96 153 008,6
Фондоємність, грн/грн	0,95

8 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, пожежо-небезпечні матеріали та речовини, електроенергія, механічна, теплова енергії, енергія стисненого газу та хімічних реакцій.

До небезпечного обладнання у відділенні можна віднести: апарати під тиском, обладнанні аерозолобами, апарати електричної та механічної дії. При проектуванні виробництва прийняті проектні рішення, які відповідають вимогам охорони праці та пожежної профілактики.

Проаналізувавши шкідливі та небезпечні фактори виробництва, розроблено відповідні заходи для створення у виробничих приміщеннях оптимальних умов праці, пожежної профілактики.

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

8.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042 – 99, роботи у цеху відносяться до категорії середньої важкості Пб. У таблиці 8.1 наведені оптимальні значення параметрів мікроклімату прийняті проектом.

Таблиця 8.1- Оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничого приміщення

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна волога, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Середньої важкості Пб	17 – 19	40 – 60	0,2
Теплий		20 – 22	40 – 60	0,3

У цеху водопідготовки передбачається використання агресивних та шкідливих речовин, в таблиці 8.2 представлено коротку санітарну характеристику цеху згідно до ГОСТ 12.1.005-88.

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

Шкідлива дія пилу може проявитися у вигляді механічних пошкоджень шкіри, слизової оболонки, дихальних шляхів, очей, легень, а також у вигляді токсичної (отруйної) і хімічної дії.

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

Для нормалізації мікроклімату застосовано 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.

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Таблиця 8.2 - Коротка санітарна характеристика цеху (лабораторії), що проєктується

1	2	3	4	5	6	7	8
Хімічний цех	H ₂ SO ₄ (концентрована та розбавлена)	Подразнюючі		I	Спеціальний одяг ГОСТ 27574 або ГОСТ 27575; захисні окуляри типу Г, ГОСТ 12.4.013; резинові рукавиці типу В, ГОСТ 20010; черевики типу В, ГОСТ 12.4.137	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

1	2	3			6	7	8
	NaOH		0,5	I	Респіратор РУ-60М, УК-2, РП- К ГОСТ 12.4.103- 80; каски, ГОСТ12.4. 087-84		Промити водою та обробити 5% розчи- ном оцтової кислоти, а очі 2% розчином бор- ної кислоти
	Na ₃ PO ₄			V			
	Сірчано- кисле залізо			V			Промити водою чи змочити 24% розчином соди чи фосфату натрію
	Вапняне молоко			V			Витерти осад, промити водою та 2% розчином борної кислоти

Передбачено аварійну вентиляцію (тільки витяжна), призначену 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 використовують: термометри, психрометри.

8.1.2 Виробниче освітлення

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

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

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

В таблиці 8.3 представлені санітарні норми освітлення, наведені значення параметрів освітлення, прийняті проектом.

Таблиця 8.3 - 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 "Універсаль" 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 люксометром Ю – 116 не менше 1 разу в рік, а також після ремонту приміщень.

8.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій

У цеху водопідготовки основними джерелами шуму є мішалки, освітлювачі та декарбонізатори. Джерелом шуму також є електроприводи обладнання. Шум створюють також матеріали (іоніти), що завантажуються у фільтри.

Згідно ДСН 3.3.6.037 – 99, допустимий рівень звуку у виробничих приміщеннях дорівнює $L_n = 80$ 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 кабінки; внутрішні поверхні облицьовані матеріалами, які поглинають шум. Створюються мал шумні механічні передачі, розроблено способи зниження шуму в підшипникових вузлах, вентиляторів.

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

8.1.4 Електробезпека

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

Відповідно ГОСТ 12.1.038 - 82 допустимі рівні напруги дотику (U_d) і струму, що проходить через тіло людини (I_l) дорівнює: при нормальному режимі роботи електроустаткування $U_d = 2В$, а $I_l = 0,3mA$; при аварійному - відповідно 36В і 6mA. Припустимі значення струму й напруги:

– за нормального режиму роботи

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

$I_{л} = 0,3$ ма і $U_{пр} = 2$ В, при тривалості 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. [10]

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

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

де $U_{\phi} = 220$ В – фазна напруга, В; $R_{л} = 2000$ Ом – опір тіла людини, Ом; $R_0 = 30$ Ом – опір нейтралі заземлення, Ом.

$$I_{л} = \frac{220 \cdot 10^3}{2000 + 30} = 109,8 \text{ мА.}$$

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 із значеннями, що допустимі і нормовані за ГОСТ 12.1.038 – 82 слідує, що експлуатація таких установок та порушення вимог ПУЕ є небезпечною для здоров'я і життя людини.

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 огороження, захисні окуляри, подвійна ізоляція, застосування малих напруг. Блокування в

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

системах пуску і зупинки обладнання. Недоступність струмоведучих частин. Передбачений систематичний контроль ізоляції. До роботиз електрообладнання 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.

8.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

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

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

Можливі падіння людей з висоти бм, тому такі зони 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, заха-ращеність робочих місць, порушення технологічного режиму, відключення електроенергії, невиконання правил з техніки безпеки та інші.

8.1.6 Пожежна безпека

Причинами пожежі в цеху можуть бути [10]:

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

Протипожежними заходами є:

- встановлення плавких запобіжників;

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

- використання стрижневих блискавковідводів.

Будівля корпусу хімічного цеху, де знаходиться відділення демінералізації, 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 стрижневим блискавковідводам. В цеху для пригнічення пожежі передбачено сухий пісок, азбестові ковдри, порошкові вогнегасники, які є найбільш універсальними за областю застосування та за робочим діапазоном температур. В приміщенні є два евакуаційні виходи на випадок виникнення пожежі. Всі електроустановки захищені автоматичними пристроями від струмів короткого замикання.

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів наведені в таблиці 8.4

Таблиця 8.4 - Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів

Реагенти що використовують у виробництві	Агрегатний стан речовини за н.у.	Показники пожежо-та вибухонебезпечності			Вогнегасні засоби	Категорія приміщення за ОНТП 24 - 86	Клас приміщення (зони) і зовнішніх установок за ПУЕ	Категорія об'єкту і тип зони заустраємблискавко-захисту 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 – Па	Ша
Гума (ізоляція, одяг)	Тв	Горить	220	400	ОХП – 10			

8.1.7 Розрахунок аерації цеху

Конструкція стулки віконного прорізу - одинарна підвісна. Висота й довжина стулки рівні, кут відкриття стулки $\alpha=45^\circ$. Ліхтар П-подібний із фрамугами на вертикальній осі з вітрозахисними панелями, які перебувають на відносній відстані $l/h=1,5$, з кутом відкриття $\alpha =90^\circ$. Визначають температуру повітря, що видаляється з верхньої частини приміщення:

$$t_{\text{вид}} = t_{\text{зовн}} + \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{рз}}}{m}, \text{ } ^\circ\text{C},$$

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

m - коефіцієнт, приймають 0,53;

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

Визначають 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 визначають за формулою [10]:

$$\Delta\rho_{1,2} = h * (\rho_{зовн} - \rho_{вид}), \text{ кг/м}^2$$

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 за формулою:

$$\Delta\rho_1 = \beta * \Delta\rho_{1,2}, \text{ кг/м}^2,$$

де β - різниця тисків, що використовується на прохід повітря через припливні прорізи, $\beta=0,4$,

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

Втрати тиску на прохід повітря через ліхтар визначають за формулою:

$$\Delta\rho_2 = \Delta\rho_{1,2} - \Delta\rho_1, \text{ кг/м}^2;$$

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

Визначають площу прорізів у стіні $F_{прпл}$ площа прорізів ліхтаря F_L :

$$F_{прпл} = \frac{G_{прпл}}{3600 \sqrt{\frac{2 * g * \rho_{зовн} * \Delta\rho_1}{\xi_1}}}, \text{ м}^2;$$

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

$$F_{\text{притл}} = \frac{4200}{3600 \sqrt{\frac{2 * 9,8 * 1,191}{3,7} * 0,024}} = 29,98 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{вид}} = \frac{G_{\text{вид}}}{3600 \sqrt{\frac{2 * 9,8 * 1,202}{4,1} * 0,096}}, \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{вид}} = \frac{G_{\text{вид}}}{3600 \sqrt{\frac{2 * 9,8 * 1,202}{4,1} * 0,096}} = 11,33, \text{ м}^2,$$

де $G_{\text{притл}}$ - кількість повітря, що повинна надходити в приміщення. $G_{\text{вид}}$ - кількість повітря, що видаляється.

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

9 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВІДДІЛЕННЯ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ

Технологічний процес знесолення води не теплової електростанції, як і будь-який виробничий процес, супроводжується утворенням відходів. Тому необхідно класифікувати відходи, розрахувати їх кількість та економічні втрати, розглянути можливі заходи щодо запобігання негативного впливу виробництва на навколишнє середовище і запропонувати методи знешкодження викидів. А також здійснити розрахунки і обґрунтування: що економічно вигідніше оплатити штраф за викиди у водні об'єкти або очистити стічні води оптимальним способом і яким саме.

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 викликає корозію внутрішньої поверхні теплообмінного устаткування. Враховуючи проблеми утворення накипу необхідно дотримуватись вимог щодо допустимої твердості води, яка становить: для водогрійних котлів – 50 мкмоль/дм³, для парових – 20 мкмоль/дм³[11]. Тобто важливим завданням є забезпечення підготовки теплоносія високої якості.

9.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються у відділенні 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 (8 років), та утворення забрудників у газовій формі. Гранично допустима концентрація в стічних водах сульфатів та солей кремнієвої кислоти не повинна перебільшувати 400 мг/дм³[12], тоді як дійсна їх концентрація становить 730 мг/дм³. Відпрацьовані регенераційні розчини іонітових

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

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 декілька екологічних забрудників, які слід утилізувати, 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 слугують сировиною для іншого виробництва. 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 відмивочних 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 даному випадку - це сульфати та солі кремнієвої кислоти. Але якщо розглядати їх як вторинну сировину для інших виробництв, у цьому разі солі можна направляти на ці

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

підприємства або, у кращому випадку, продавати. Тоді проблемою залишиться розділення цих солей.

Утилізацію регенераційних розчинів можна здійснювати хімічними, фізичними або біологічними агентами. З хімічних агентів використовують окисники, осаджувачі, газоутворювачі, іоніти тощо. Також до хімічних методів утилізації можна віднести метод нейтралізації. Цей метод є важливим способом загального регулювання рН. Завданням нейтралізації є доведення реакції промивної води до нейтральної (рН 7,0). Для нейтралізації кислих вод використовують як розчинні, так і слабо розчинні 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. Але до-роговизна реагентів або утворення нових продуктів взаємодії, які також необхідно утилізувати, обмежує використання даних методів.

Скидання концентрату у водойми є найбільш економічно вигідним та простим у виконанні методом. Перед скиданням необхідно лише мінімальна очистка від хлоридів, наприклад, розведення до норм ГДК.

Щодо твердих відходів, то основним джерелом є відпрацьовані іоніти. Можливим способом їх утилізації є термічна обробка відпрацьованих іонітів. Продукт обробки може надалі використовуватись у якості активованого вугілля, чи як каркасна основа, наприклад для активного мулу у процесі біоочищення води. Відпрацьовані іоніти без термічної обробки можуть використовуватись у якості завантаження механічних фільтрів.

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

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 прийняття ефективних управлінських рішень. Таким чином, для отримання статистичних даних щодо вмісту шкідливих речовин у стічних водах, викидах на підприємстві здійснюється систематичний відбір проб та їх аналіз.

9.4 Розрахунок екологічних платежів

У разі скидання до каналізації стічних вод, концентрація шкідливих речовин (у даному випадку сульфатів), 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. [12]

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

Формула для розрахунку екологічних платежів за стоки має наступний вигляд:

$$P = C \cdot V \cdot C_T,$$

де C – концентрація сульфатів та силікатів у стоках; $C = 75\,000$ мг/дм³, V – об'єм стоків, м³,

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

$$V = V^* \cdot T_{\text{еф}},$$

де V^* – витрата відпрацьованої води, $V^* = 300$ м³/доб, $T_{\text{еф}}$ – ефективний час роботи підприємства, $T_{\text{еф}} = 365$ днів.

$$V = 300 \cdot 365 = 109\,500 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Таким чином річна сплата екологічного платежу становить:

$$P = 75000 \cdot 109\,500 \cdot 8 / 1\,000\,000 = 65\,700 \text{ грн/рік}.$$

Величина екологічного платежу за 1 м³ стоків становить:

$$P_m^3 = P / V = 65\,700 / 109\,500 = 0,6 \text{ грн/м}^3.$$

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У бакалаврському проекті наведено схему відділення демінералізації 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 4 фільтри першого ступеня та 7 фільтрів другого ступеня (враховуючи резервні) та 3 фільтри системи АП-КОРЕ.

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

Представлено схему автоматизації процесу, що передбачає контроль та регулювання витрат у трубопроводі для розчинів кислоти та лугу, які подаються у фільтри, контроль рівня води у баках для збору води, зберігання розчину кислоти та лугу, контроль і регулювання витрати кислоти на іонітовий фільтр, контроль рН у баці демінералізованої води, концентрації іонів Na⁺.

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 м³ стоків, що становить: 65 700 грн/рік та 0,6 грн/м³ 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 м³ знесоленої води становить 28,01грн.

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

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. Концевой, А.Л. Алгоритмізація і програмування розрахунків процесу водопідготовки. Навчальний посібник: На правах рукопису / А.Л. Концевой, Н.М. Толстопалова. – К.: 2003. – 44 с.
3. Запольський, А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. – К.: Вища шк., 2005.- 671 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. Водоснабжение, очистка и качество воды [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://oskada.ru/obrabotka-i-ochistka-vody>, вільний. – Заголовок з екрану. – Мова рос.
6. Мартынова, О.И. Водоподготовка: Расчеты на персональном компьютере /О.И. Мартынова, А.В. Никитин, В.Ф. Очков и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 216 с.
7. Лифшиц, О. В. Справочник по водоподготовке котельных установок. Изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Энергия, 1976. – 288 с., ил.
8. 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.
9. 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.

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

10. 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.

11. Беликов, С. Е. Водоподготовка: Справочник. / Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.

12. Платежі за забруднення, їх види та критерії нарахування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://buklib.net/books/25530/>, вільний. – Загол. з екрана. – Мова укр.

					<i>ДП ХНЗ115 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89