

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
Кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища

Д.В. Кулікова, А.В. Павличенко

ПРИРОДООХОРОННІ ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

Методичні рекомендації до виконання курсової роботи
для здобувачів ступеня магістра освітньо-наукової програми
«Ресурсозбереження в гірничо-металургійному комплексі»
зі спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища

Дніпро
НТУ «ДП»
2024

Природоохоронні та ресурсозберігаючі технології [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання курсової роботи для здобувачів ступеня магістра освітньо-наукової програми «Ресурсозбереження в гірничо-металургійному комплексі» зі спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища / уклад.: Д.В. Кулікова, А.В. Павличенко ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2024. – 96 с.

Укладачі:

Д.В. Кулікова, канд. техн. наук, доц.

А.В. Павличенко, д-р техн. наук, проф.

Затверджено науково-методичною комісією зі спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища (протокол №2 від 04.10.2024) за поданням кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища (протокол №3 від 04.10.24).

Орієнтовано на активізацію навчальної діяльності здобувачів освітньо-наукової програми «Ресурсозбереження в гірничо-металургійному комплексі» другого (магістерського) рівня вищої освіти та закріплення практичних навичок у засвоєнні дисципліни «Природоохоронні та ресурсозберігаючі технології».

Відповідальний за випуск завідувач кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища О.О. Борисовська, канд. техн. наук, доц.

ЗМІСТ

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	5
3. СТРУКТУРА КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	6
4. ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	8
5. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
5.1. Характеристика стічних вод.....	8
5.2. Основні джерела забруднення поверхневих водойм.....	9
5.3. Екологічні наслідки забруднення гідросфери.....	11
5.4. Шляхи зменшення кількості стічних вод і їхнього забруднення.....	12
6. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	14
6.1. Принципи підходу щодо вибору методів очищення стічних вод промислового підприємства.....	14
6.2. Характеристика домішок I групи та методів їх видалення.....	16
6.3. Характеристика домішок II групи та методів їх видалення.....	18
6.4. Характеристика домішок III групи та методів їх видалення.....	19
6.5. Характеристика домішок IV групи та методів їх видалення.....	20
7. РОЗРАХУНКОВО-АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	21
7.1. Обладнання для усереднення промислових стічних вод.....	22
7.2. Споруди механічного очищення промислових стічних вод.....	24
7.2.1. Споруди для видалення з промислових стічних вод частинок піску.....	25
7.2.2. Споруди для видалення з промислових стічних вод грубодисперсних домішок.....	31
7.3. Обладнання для хімічного очищення промислових стічних вод.....	39
7.4. Методи доочищення промислових стічних вод.....	58
7.4.1. Доочищення промислових стічних вод методом фільтрування.....	58
7.4.2. Доочищення промислових стічних вод методом іонного обміну.....	61
7.5. Допоміжні розрахунки.....	69
7.5.1. Розрахунок апаратів для очищення об'єднаних потоків промислових стічних вод.....	69
7.5.2. Розрахунок шламової площадки.....	71
8. ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ.....	71
9. ВИСНОВКИ.....	71
10. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ.....	72
11. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	72
12. СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ... ДОДАТКИ	75 76

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Розумне здійснення господарської діяльності неможливо без ефективного планування охорони і раціонального використання природних ресурсів. В умовах, коли навколишнє середовище піддається все більшому негативному впливу антропогенних чинників, забезпечення раціональної взаємодії суспільства з природним оточенням, підвищення ефективності природоохоронних і ресурсозберігаючих технологій є однією з найважливіших проблем, що стоять перед людством.

Економіка України характеризується високим рівнем використання ресурсномістких та енергоємних технологій, впровадження та експлуатація яких здійснювалися без будівництва відповідних очисних споруд та без урахування вимог охорони довкілля. Відповідно до вимог чинного законодавства, регулювання природоохоронних відносин в сучасних умовах має базуватися на принципах раціонального використання природних ресурсів із застосуванням вискоелективних ресурсозберігаючих технологій, а планування розвитку господарюючих суб'єктів і економіки, в цілому, здійснюється з урахуванням позитивних тенденцій і закономірностей взаємозв'язку суспільства з природою.

Дисципліна «Природоохоронні та ресурсозберігаючі технології» – фахова освітня компонента за освітньо-науковою програмою «Ресурсозбереження в гірничо-металургійному комплексі» другого (магістерського) рівня вищої освіти.

Головна мета курсу полягає в формуванні у здобувачів вищої освіти сучасного екологічного світогляду, розумінні необхідності запровадження екологічно спрямованої господарської діяльності, наданні майбутнім фахівцям інженерно-технічних знань і практичних навичок для пошуку та впровадження новітніх природоохоронних технологій та інших заходів щодо забезпечення екологічної безпеки навколишнього природного середовища та ефективного природокористування.

Методика виконання курсової роботи базується на теоретичних положеннях аналізу впливу виробничої діяльності промислового підприємства на навколишнє середовище шляхом розробки та впровадження природоохоронних і ресурсозберігаючих технологій захисту та відновлення основних компонентів довкілля.

В результаті виконання курсової роботи майбутні фахівці повинні оволодіти системним підходом щодо узагальнення, аналізу, систематизації інформації для проектування споруд, інженерних систем та обладнання, яке планується використовувати та впроваджувати в технологічних схемах для захисту компонентів навколишнього середовища від негативного впливу виробничої діяльності промислового підприємства та відновлення природно-техногенних екосистем у відповідності до вимог ОНП:

- ПР12 – Впроваджувати і використовувати відновлювальні джерела енергії та ресурсо- та енергозберігаючі технології у виробничій та соціальній сферах;

- ПР14 – Проектувати системи і технології захисту навколишнього середовища.

В результаті виконання курсової роботи студенти опанують: основні проблеми охорони навколишнього природного середовища, що виникають в умовах сучасного промислового виробництва, та шляхи їх вирішення; сучасні природоохоронні технологічні процеси та методи, що використовуються для захисту всіх складових біосфери від негативного впливу антропогенної діяльності людини; технологічні виробництва, що забезпечують високі екологічні показники та захист природного середовища; принципи побудови екологічно безпечних схем виробництва; методики визначення основних технологічних характеристик обладнання, яке проектується та впроваджується на промислових підприємствах з метою мінімізації (ліквідації) шкідливого впливу, як на основні компоненти навколишнього середовища, так і довкілля в цілому.

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсова робота виконується під час вивчення курсу «Природоохоронні та ресурсозберігаючі технології», спрямованого на формування у майбутніх фахівців професійних компетентностей для вирішення завдань, пов'язаних із процесами захисту основних компонентів навколишнього природного середовища від негативного впливу антропогенної діяльності людини та зокрема функціонування промислових підприємств.

Мета курсової роботи – систематизація і закріплення у майбутніх фахівців з екології та захисту навколишнього середовища професійних компетентностей (знань, умінь і навичок), отриманих на лекціях і практичних роботах з дисципліни, для дослідження, вибору, розрахунку, проектування та впровадження природоохоронних і ресурсозберігаючих технологій.

Робота передбачає аналіз сучасних методів, природоохоронних і ресурсозберігаючих технологій для обґрунтування комплексу заходів щодо захисту довкілля від техногенних і антропогенних навантажень, спрямованих на збереження екологічної рівноваги та покращення екологічного стану навколишнього середовища.

Курсова робота розрахована на послідовне розв'язання трьох завдань, пов'язаних з розробкою природоохоронних та ресурсозберігаючих технологій захисту компонентів навколишнього природного середовища та довкілля в цілому.

Завдання 1. Проаналізувати виробничу діяльність промислового підприємства та надати характеристику його впливу на стан навколишнього природного середовища:

- навести основні джерела забруднення компонентів навколишнього природного середовища на промисловому підприємстві;
- визначити головні забруднюючі речовини, що утворюються в процесі виробничої діяльності промислового підприємства;

- вказати наслідки впливу виробничої діяльності промислового підприємства на компоненти навколишнього природного середовища;
- запропонувати заходи щодо мінімізації (ліквідації) негативного впливу виробничої діяльності промислового підприємства на компоненти навколишнього природного середовища.

Завдання 2. Запропонувати методи та розробити технологічну схему очищення стічних вод, що утворюються внаслідок виробничої діяльності промислового підприємства:

- ознайомитися з принципами щодо вибору методів очищення стічних вод промислового підприємства;
- на підставі наведених у вихідних даних значень показників якісного складу стічних вод, що утворюються внаслідок виробничої діяльності промислового підприємства, обрати методи їхнього очищення;
- розробити технологічну схему очищення стічних вод, що утворюються внаслідок виробничої діяльності промислового підприємства, з врахуванням обраних методів їхнього очищення.

Завдання 3. Розрахувати основні параметри обладнання, що використовується в запропонованій технологічній схемі очищення стічних вод, які утворюються внаслідок виробничої діяльності промислового підприємства:

- ознайомитися з методиками визначення основних характеристик обладнання, яке планується встановити, згідно розробленої технологічної схеми очищення стічних вод, що утворюються внаслідок виробничої діяльності промислового підприємства;
- розрахувати основні параметри обладнання, яке планується встановити, згідно розробленої технологічної схеми очищення стічних вод.

3. СТРУКТУРА КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсова робота подається до захисту у вигляді пояснювальної записки, що складається з титульного аркуша, завдання, змісту, вступу, розділів, згідно з пунктами завдання, висновку та списку використаної літератури.

Текст пояснювальної записки набирається на комп'ютері в текстовому редакторі Word Office на листах формату А4 (210x297 мм), через один інтервал, шрифтом Times New Roman 14 кегля (поля зліва, справа, зверху та знизу – 20 мм). Абзацний відступ – 1 см. Обсяг пояснювальної записки має становити 25...30 сторінок.

Назви розділів наводяться заголовними буквами, жирно, вирівнювання по центру без переносів. Назви підрозділів – малими буквами, жирно, вирівнювання по центру без переносів. Між назвами розділів (підрозділів) та їх текстом – інтервал. Текст вирівнюється за шириною сторінки.

Курсова робота повинна включати такі складові:

Вступна частина:

- титульний аркуш, оформлений згідно з останніми вимогами стандартів ВНЗ (Додаток А);
- зміст;

- вступ;

Основна частина (назви розділів відповідно до завдань):

- аналіз виробничої діяльності промислового підприємства та характеристика його впливу на стан навколишнього природного середовища;

- вибір методів та розробка технологічної схеми очищення стічних вод, що утворюються внаслідок виробничої діяльності промислового підприємства;

- розрахунок основних параметрів обладнання, що використовується в запропонованій технологічній схемі очищення стічних вод, які утворюються внаслідок виробничої діяльності промислового підприємства.

Висновки.

Перелік літературних джерел.

Додатки.

Типовий зміст курсової роботи та рекомендований обсяг розділів, наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Зміст курсової роботи та рекомендований обсяг розділів пояснювальної записки

Назва розділів	Кількість сторінок
Титульний аркуш (див. Додаток А)	1
Зміст	1
Вступ (актуальність теми, мета й завдання роботи)	1...2
Теоретичний розділ. Аналіз виробничої діяльності промислового підприємства та загальна характеристика його впливу на стан навколишнього природного середовища.	2...3
Технологічний розділ. Вибір методів та розробка технологічної схеми очищення стічних вод, що утворюються внаслідок виробничої діяльності промислового підприємства.	3...4
Розрахунково-аналітичний розділ. Використовуючи вихідні дані (див. Додаток Б), а саме, показники якісного складу стічних вод, що утворюються внаслідок виробничої діяльності промислового підприємства, розрахувати основні параметри обладнання, яке планується встановити, згідно розробленої технологічної схеми очищення.	10...15
Висновки. Оцінка впливу виробничої діяльності промислового підприємства на стан навколишнього середовища, обґрунтування запропонованих природоохоронних і ресурсозберігаючих технологій захисту та відновлення компонентів довкілля.	1...2
Перелік літературних джерел.	1
Додатки. Проміжні розрахунки	1...2

4. ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Виконання курсової роботи на тему: «Природоохоронні та ресурсозберігаючі технології очищення стічних вод, що утворюються внаслідок виробничої діяльності промислового підприємства» студентами-магістрами передбачає проведення ними теоретичних (розрахунково-аналітичних) досліджень впливу виробничої діяльності промислового підприємства на стан довкілля шляхом вибору, розрахунку, проектування та впровадження природоохоронних і ресурсозберігаючих технологій захисту та відновлення компонентів навколишнього середовища.

Для виконання курсової роботи здобувачі вищої освіти отримують варіант роботи, відповідно до номеру групи та порядкового номеру студента в журналі кожної з груп (спочатку студенти першої, а потім другої групи) або за вказівкою викладача.

Робота виконується з метою опрацювання викладеного теоретичного і практичного матеріалу з дисципліни.

Курсова робота, яку виконує здобувач, повинна бути надана викладачеві на перевірку в електронному вигляді. Друкується тільки титульний аркуш роботи (Додаток А). Титульний аркуш із диском CD-R (RW) необхідно розмістити в прозорому файлі, який і подають викладачеві.

Роботу необхідно здати за два тижні до підсумкового контролю. Викладач призначає дату та час захисту курсової роботи.

Для захисту курсової роботи студент повинен вільно володіти всім обсягом її матеріалу. Виконання цієї вимоги перевіряється постановкою контрольних питань в рамках всього обсягу роботи, зауваження по яких разом з певними попередніми зауваженнями по роботі викладач наводить у письмовому вигляді на зворотній стороні роздрукованого титульного аркуша, що слугує додатковою підставою для оцінювання курсової роботи.

5. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

Рекомендована предметна назва розділу: **«Аналіз виробничої діяльності промислового підприємства та характеристика його впливу на стан навколишнього природного середовища».**

5.1. Характеристика стічних вод

Стічна вода – це вода, що була в побутовому, сільськогосподарському або виробничому вживанні, коли забруднення змінюють її первісний хімічний склад або фізичні властивості.

Стічні води, що відводяться з території промислових підприємств, в залежності від умов утворення поділяються на:

- побутові (господарсько-фекальні) – від санітарних вузлів виробничих і невиробничих корпусів і будинків, душових установок, пралень та ін. (вміст органічних домішок у них складає близько 58%, мінеральних 42%, в тому числі біогенні елементи (азот, фосфор, калій));

- атмосферні (зливові) – дощові та від танення снігу (забруднені органічними і мінеральними речовинами);

- виробничі (промислові) – використані в технологічних процесах виробництва або води, що утворюються при видобутку корисних копалин.

Виробничі стічні води поділяються на дві категорії: забруднені і незабруднені.

Забруднені містять різні домішки та підрозділяються на три основні групи:

- забруднені переважно мінеральними домішками (підприємства металургійної, машинобудівної, рудо- і вугледобувної промисловості; заводи з виробництва мінеральних добрив, кислот, будівельних виробів і матеріалів тощо);

- забруднені переважно органічними домішками (підприємства м'ясної, рибної, молочної, харчової, целюлозно-паперової, хімічної, мікробіологічної промисловості; заводи з виробництва пластмас, каучуку тощо);

- забруднені мінеральними й органічними домішками (підприємства нафтовидобувної, нафтопереробної, нафтохімічної, текстильної, легкої, фармацевтичної промисловості; заводи з виробництва консервів, цукру, продуктів органічного синтезу, паперу, вітамінів тощо).

Незабруднені виробничі стічні води надходять від холодильних, компресорних, теплообмінних апаратів. Крім того, вони утворюються при охолодженні основного виробничого устаткування і продуктів виробництва.

Фізико-хімічні показники виробничих стічних вод свідчать про широкий діапазон коливань їхнього складу, що викликає необхідність ретельного обґрунтування вибору оптимального методу очищення для кожного з них.

5.2. Основні джерела забруднення поверхневих водойм

Найбільш суттєвий внесок у забруднення водних об'єктів вносять джерела антропогенного походження. Основними з них є випуски стічних вод промислових підприємств, випуски міських стічних вод, транспортні джерела забруднення і поверхневий стік із забруднених територій.

Протягом тривалого періоду випуски стічних вод промислових підприємств були найбільш суттєвою причиною забруднення водних об'єктів. Кількість, склад і вміст забруднюючих речовин у промислових стічних водах надзвичайно різноманітні і визначаються характером технологічних процесів, складом очисних споруд та іншими чинниками. Забруднюючі речовини в них можуть утримуватися в грубодисперсному стані (крупність частинок більша 0,1 мм), у вигляді емульсії або суспензії (крупність частинок від 0,1 мкм до 0,1 мм), в колоїдному стані (частинки крупністю від 0,001 до 0,1 мкм) або в розчиненому вигляді.

Узагальнену характеристику промислових стічних вод для основних галузей промисловості наведено в табл. 5.1.

Комунально-побутові стічні води у великих кількостях надходять з житлових і громадських будинків, пралень, їдалень, лікарень тощо. В стічних

водах цього типу переважають різні органічні речовини, а також мікроорганізми, що може викликати бактеріальне забруднення.

Таблиця 5.1 – Пріоритетні забруднювачі водних екосистем за галузями промисловості

Галузь промисловості	Переважаючий вид забруднюючих компонентів
Нафто-, газодобування, нафтопереробка	Нафтопродукти, СПАР, феноли, амонійні солі, сульфіді, хлориди, залізо, завислі речовини
Целюлозно-паперовий комплекс, лісова промисловість	Сульфати, органічні речовини, лігніни, смолисті та жирні речовини, азот
Машинобудування, металообробка, металургія	Важкі метали, завислі речовини, фториди, ціаніди, амонійний азот, нафтопродукти, феноли, смоли й олії
Хімічна промисловість	Феноли, нафтопродукти, СПАР, ароматичні вуглеводні, речовини неорганічного походження
Гірничодобувна, вугільна	Флотореагенти, речовини неорганічного походження, феноли, завислі речовини
Легка, текстильна, харчова	СПАР, нафтопродукти, органічні барвники, інші органічні речовини

Величезна кількість таких небезпечних забруднюючих речовин, як пестициди, амонійний і нітратний азот, фосфор, калій та ін., змиваються з сільськогосподарських територій, включаючи площі, займані тваринницькими комплексами. В більшості випадків вони попадають у водойми й у водотоки без якого-небудь очищення, а тому мають високу концентрацію органічних речовин, біогенних елементів та інших забруднювачів.

Значну небезпеку представляють газодимові сполуки (аерозолі, пил тощо), які осідають з атмосфери на поверхню водозбірних басейнів і безпосередньо на водні поверхні.

Величезні масштаби нафтового забруднення природних вод. Мільйони тонн нафти щорічно забруднюють морські й прісноводні екосистеми при аваріях нафтоналивних судів, на нафтопромислах у прибережних зонах, при скиду з судів баластових вод та інше.

Забруднюючі речовини можуть проникати до підземних вод різними шляхами: при просочуванні промислових і господарсько-побутових стоків зі сховищ, ставків-накопичувачів, відстійників та ін., по затрубному просторі несправних шпар, через поглинаючі шпари, карстові лійки тощо.

Основними транспортними джерелами забруднення є наземний і водний транспорт. Забруднюючі речовини від наземних видів транспорту надходять у водні об'єкти з поверхневим стоком з території міста, від водного транспорту – безпосередньо у водний об'єкт. В процесі експлуатації судів у воду надходять феноли, сполуки свинцю, ароматичні вуглеводні. Основною забруднюючою речовиною є нафтопродукти.

5.3. Екологічні наслідки забруднення гідросфери

Забруднення водних екосистем становить величезну небезпеку для всіх живих організмів, і, зокрема, для людини.

Встановлено, що під впливом забруднюючих речовин у прісноводних екосистемах відзначається падіння їхньої стійкості, внаслідок порушення харчової піраміди і ламання сигнальних зв'язків у біоценозі, мікробіологічного забруднення, евтрофування й інших вкрай несприятливих процесів. Вони знижують темпи росту гідробіонтів, їх плідність, а в ряді випадків призводять до їхньої загибелі.

Найбільш вивчений процес евтрофування водойм. Цей природний процес, характерний для всього геологічного минулого планети, звичайно протікає дуже повільно і поступово, однак в останні десятиліття, у зв'язку зі зростанням антропогенного впливу, швидкість його розвитку різко збільшилася.

Прискорене, або так зване антропогенне евтрофування, пов'язано з надходженням у водойми значної кількості біогенних речовин – азоту, фосфору й інших елементів у вигляді добрив, миючих речовин, відходів тваринництва, атмосферних аерозолів та ін. В сучасних умовах евтрофування водойм протікає в значно менш тривалі терміни – кілька десятиліть і менше.

Антропогенне евтрофування досить негативно впливає на прісноводні екосистеми, приводячи до перебудови структури трофічних зв'язків гідробіонтів, різкому зростанню біомаси фітопланктону завдяки масовому розмноженню синьо-зелених водоростей, які викликають «цвітіння» води, що погіршує її якість і умови життя гідробіонтів (до того ж вони виділяють небезпечні не тільки для гідробіонтів, але й для людини токсини). Зростання маси фітопланктону супроводжується зменшенням розмаїтості видів, що призводить до непоправної втрати генофонду, зменшенню здатності екосистем до гомеостазу і саморегуляції.

Процеси антропогенного евтрофування охоплюють багато великих озер світу – Великі Американські озера, Балатон, Ладозьке, Женевське й ін., а також водоймища і річкові екосистеми, в першу чергу малі річки. На цих ріках, крім катастрофічно зростаючої біомаси синьо-зелених водоростей, з берегів відбувається заростання їх вищою рослинністю. Самі ж синьо-зелені водорості, в результаті своєї життєдіяльності, виділяють найсильніші токсини, які представляють небезпеку для гідробіонтів і людини.

Крім надлишку біогенних речовин, на прісноводні екосистеми негативно впливають й інші забруднюючі речовини: важкі метали (свинець, кадмій, нікель тощо), феноли, СПАР тощо.

Морські екосистеми. Швидкість надходження забруднюючих речовин у Світовий океан останнім часом різко зростає. Щорічно в океан скидається до 300 млрд. м³ стічних вод, 90% яких не піддається попередньому очищенню. Серед хімічних токсикантів найбільшу небезпеку для морської біоти й людини представляють нафтові вуглеводні (особливо бенз(а)пірен), пестициди і важкі метали (ртуть, свинець, кадмій тощо).

Екологічні наслідки забруднення морських екосистем виражаються в наступних процесах і явищах:

- порушення стійкості екосистем;
- прогресуюче евтрофування;
- поява «червоних припливів»;
- накопичення хімічних токсикантів у біоті;
- зниження біологічної продуктивності;
- виникнення мутагенезу й канцерогенезу в морському середовищі;
- мікробіологічне забруднення прибережних районів моря.

До визначеної межі морські екосистеми можуть протистояти шкідливому впливу хімічних токсикантів, використовуючи накопичувальну, окисну і мінералізуючу функції гідробіонтів. Так, наприклад, двостулкові молюски здатні акумулювати один із самих токсичних пестицидів – ДДТ і при сприятливих умовах виводити його з організму. (ДДТ, як відомо, заборонений у більшості країн, проте, він досить надходить у Світовий океан у значній кількості.) Учені довели й існування у водах Світового океану інтенсивних процесів біотрансформації небезпечного забруднювача – бенз(а)пірену, завдяки наявності у відкритих і напівзакритих акваторіях гетеротрофної мікрофлори. Встановлено також, що мікроорганізми водойм і донних відкладень мають досить розвинутий механізм стійкості до важких металів, зокрема, вони здатні продукувати сірководень, позаклітинні екзополімери й інші речовини, що, взаємодіючи з важкими металами, переводять їх у менш токсичні форми.

В той же час, в океан продовжують надходити всі нові й нові токсичні забруднюючі речовини.

На здоров'я людини несприятливі наслідки при використанні забрудненої води, а також при контакті з нею (купання, прання, рибний лов тощо) позначаються або безпосередньо при її вживанні, або в результаті біологічного накопичення по довгих харчових ланцюгах типу: вода – планктон – риби – людина або вода – ґрунт – рослини – тварини – людина та ін.

При безпосередньому контакті людини з бактеріально забрудненою водою, а також при мешканні або перебуванні біля водойми різні паразити можуть проникнути в шкіру й викликати важкі захворювання, особливо характерні для тропіків і субтропіків. В сучасних умовах збільшується небезпека й таких епідемічних захворювань, як холера, черевний тиф, дизентерія тощо.

Важливо підкреслити, що забруднення підземних вод не обмежуються площею промислового підприємства, сховищ відходів і т.д., а поширюються вниз за течією потоку на відстань до 20-30 км і більше від джерела забруднення. Це створює реальну загрозу для питного водопостачання в цих районах.

5.4. Шляхи зменшення кількості стічних вод і їхнього забруднення

Радикальним рішенням проблеми природних ресурсів, в тому числі й водного середовища, від впливу господарської діяльності є створення й впровадження в промисловість безвідхідних і безводних технологічних

процесів. Під такими процесами розуміють окреме виробництво або сукупність виробництв, в результаті діяльності яких виключається негативний вплив на навколишнє середовище. Власне кажучи, безвідходна технологія являє собою сполучення організаційно-технічних процесів і способів підготовки сировини й матеріалів, що забезпечують комплексне використання сировини й енергії. Практично може бути реалізована маловідходна технологія, де більшість відходів, власне кажучи, є сировиною, що може бути використана для одержання корисної продукції.

Відпрацьовані води можна віднести до основних відходів більшості промислових підприємств. Діючі системи очищення включають збір, транспортування, а потім відповідне очищення води. При цьому ефективність очищення стічних вод повинна бути такою, щоб залишковий вміст забруднень був у багато разів менше існуючих граничнодопустимих концентрацій через адитивну дію речовин з однієї ознакою шкідливості, що лімітуються, а це неминуче пов'язано з великими капітальними й експлуатаційними витратами.

Розвиток систем оборотного і послідовного використання води сприяє різкому, приблизно в 20-25 разів, зменшенню обсягів водоспоживання і водовідведення, однак не виключає, як правило, скид у водні об'єкти засолених, так званих продувних вод.

Щоб домогтися повного виключення скиду у водойми забруднюючих речовин у порівняно короткий термін, необхідно розробити й поетапно впровадити замкнуті системи водокористування окремих виробництв. Створення замкнутих систем водопостачання дозволяє знизити питомі витрати свіжої води і, отже, стічних вод на одиницю продукції.

Свіжа вода з водних джерел повинна використовуватися тільки для підживлення замкнутих систем, для питних і господарсько-побутових потреб, а також для спеціальних технологічних операцій, де не можуть бути використані очищені стічні води.

Сучасні технології й техніка очищення забезпечує одержання води, власно кажучи, будь-якого заданого ступеня чистоти з будь-якої стічної води, тобто створення замкнутих водооборотних систем може гальмуватися тільки причинами економічного характеру.

В основу сучасних технологічних систем з багаторазовим використанням води і мінімальним впливом на навколишнє середовище покладено принципи вдосконалювання, як основних технологічних процесів, так і систем використання й очищення води.

До першого відносяться: розробка нових технологічних процесів зі скороченням або повним виключенням води з технологічних операцій, комплексна переробка вихідної сировини і продуктів, удосконалювання технологічних процесів і апаратів, застосування безводної сировини або її попереднє зневоднювання.

Другі включають: повне очищення всіх виробничих, господарсько-побутових і зливових стічних вод на локальних і загальних очисних спорудах з одержанням води, придатної для використання в замкнутих водооборотних системах; впровадження сучасних інтенсивних методів і апаратів для очищення

води; утилізація коштовних компонентів стічних вод; впровадження апаратів повітряного охолодження; організація систем оборотного, повторного і багаторазового використання води.

Всі перераховані заходи є складовими частинами організації виробництва з мінімальними відходами, кількість яких визначається загальним рівнем розвитку тієї або іншої галузі народного господарства, економічними, екологічними й іншими чинниками. Розробляти подібні системи слід з врахуванням не тільки технологічних особливостей підприємств і виробничих відходів, що утворюються, але й наявних джерел вихідної води та її якості, наявності інших джерел забруднення (крім виробничих) і можливих споживачів відходів, а також особливостей промислового регіону в цілому.

Витрати на створення безстічних виробництв визначаються, в значній мірі, технологією цих виробництв і ефективністю методів локального очищення стічних вод. Очевидно, в більшості випадків організація безстічних виробництв економічно виправдана, внаслідок одержання додаткової продукції, що вилучається зі стічної води, відсутності необхідності будівництва великих споруд для транспортування й очищення природної води, будівництва споруд для очищення стічних вод до необхідної якості, у випадку скиду їх у природні водойми, запобігання можливості забруднення водойм у випадку аварій і інших непередбачених причин тощо.

6. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

Рекомендована предметна назва розділу: **«Вибір методів та розробка технологічної схеми очищення стічних вод, що утворюються внаслідок виробничої діяльності промислового підприємства».**

6.1. Принципи підходу щодо вибору методів очищення стічних вод промислового підприємства

Необхідність обробки води виникає в тому випадку, коли якість води природних джерел не задовольняє запропонованим до неї вимогам. Характер і ступінь невідповідності якості води джерела вимогам споживача визначає вибір методів обробки води. Якщо при цьому можуть бути використані різні методи очищення, то їх вибір здійснюється на основі техніко-економічних розрахунків.

Хімічні, фізичні й фізико-хімічні процеси, що використовуються при підготовці води, можна розділити на два великих класи. До першого класу відносяться процеси, пов'язані з коректуванням фізичних і хімічних властивостей води. Другий клас поєднує процеси, що забезпечують знезаражування води, тобто звільнення її від хвороботворних бактерій і мікроорганізмів. Незважаючи на принципове розходження задач, що виконуються при здійсненні цих процесів, останні можуть бути загальними в залежності від фазово-дисперсного стану мінеральних, органічних і біологічних домішок води.

Дуже перспективною при виборі технологічної схеми очищення

промислових стічних вод є систематизація всіх домішок, що запропонована Л.А. Кульським (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Класифікація домішок води за їх фазово-дисперсним станом і процеси, що використовуються для їх видалення

Фазова характеристика	Гетерогенні системи	
Група	I	II
Фізико-хімічна характеристика	Грубодисперсні домішки: суспензії, емульсії, планктон, патогенні мікроорганізми	Домішки колоїдного ступеня дисперсності: органічні та неорганічні речовини, віруси
Методи видалення домішок з води	Механічне безреагентне розділення	Ультрафільтрація
	Адгезія на високодисперсних і зернистих матеріалах, а також на гідроксидах Al та Fe	Коагуляція колоїдних домішок Окислювання хлором, озоном, перманганатом калію
	Бактерицидний вплив на патогенні мікроорганізми та спори	Адсорбція на гідроксидах Al та Fe, а також на високодисперсних глинистих мінералах
	Агрегація за допомогою флокулянтів (аніонних і катіонних)	
	Флотація суспензій та емульсій	Електрофоретичні методи
	Електроліз синьо-зелених водоростей	Віруліцидний вплив

продовження табл. 6.1

Фазова характеристика	Гомогенні системи	
Група	III	IV
Фізико-хімічна характеристика	Домішки молекулярного ступеня дисперсності: гази, органічні речовини	Домішки іонного ступеня дисперсності: солі, кислоти, луки
Методи видалення домішок з води	Гіперфільтрація (зворотний осмос)	
	Десорбція газів і речовин, евапорація важколетких органічних речовин	Переведення іонів у малорозчинні сполуки
	Окислювання хлором, озоном, перманганатом калію	
	Адсорбція на активованому вугіллі та інших матеріалах	Фіксація іонів на твердій фазі іонітів
	Асоціація молекул	Моляризація та комплексоутворення
	Екстракція органічними розчинниками	Сепарація іонів при різному фазовому стані води
	Біохімічний розпад	Використання рухливості іонів в електричному полі

Основою класифікації домішок води за їх фазово-дисперсним станом є:

- фазово-дисперсна характеристика речовин, що визначає поведження їх у водному середовищі, а, отже, й їхнє відношення до реагентів, що вводяться, і застосовуваним методам очищення;

- здатність багатьох речовин у водному середовищі змінювати свій фазово-дисперсний стан під впливом фізико-хімічних чинників (рН, сольового складу, температури тощо), що відкриває широкі можливості для вдосконалення технологічних прийомів очищення природних і промислових стічних вод;

- відповідність визначених технологічних прийомів і методів видалення домішок їхньому фазово-дисперсному стану.

Сутність класифікації полягає в тому, що всі домішки води за їх відношенням до дисперсійного середовища об'єднані в чотири групи з загальною для кожної з них фізико-хімічною характеристикою (табл. 6.1). Домішки перших двох груп являють собою гетерогенні системи, інших двох груп – гомогенні. Перші утворюються присутніми у воді суспензіями й колоїдами, другі – речовинами, що утворюють з водою молекулярні й іонні розчини. Такий порядок розташування груп і систем з дисперсністю домішок, що підвищується, доцільний з технологічної точки зору, тому що очищення води починається з видалення грубодисперсних домішок і колоїднодисперсних речовин.

Зв'язок між технікою очищення води і приналежністю домішок, що видаляються, і забруднень до тієї або іншої групи класифікації визначається загальними закономірностями, яким підкоряються процеси, що відбуваються у водному середовищі, в залежності від фізико-хімічної характеристики цих домішок.

Систематизація домішок на основі їхніх фізико-хімічних характеристик використовується для класифікації технологічних процесів обробки води. Передумовами до цього є те, що фазово-дисперсний стан домішок води з врахуванням їхньої хімічної природи обумовлює поведження цих речовин у процесі водообробки, а також те, що кожному фазово-дисперсному стану домішок відповідає характерна сукупність методів впливу, що призводять до одержання якісної води. З урахуванням фізико-хімічних властивостей домішок, а також кінетики й динаміки їхніх фазових перетворень, можна здійснювати вибір найбільш оптимальних і економічних процесів обробки води.

Вибір технологічного методу водообробки, що забезпечує необхідний ступінь очищення, можна здійснювати згідно табл. В.1-В.4 Додатка В, що містять дані про способи обробки води, умови їхнього застосування в залежності від якісних показників останньої, склад очисних споруд.

6.2. Характеристика домішок I групи та методів їх видалення

Перша група поєднує нерозчинні у воді домішки з розміром частинок 10^{-5} - 10^{-4} см і більше. Ці суспензії обумовлюють мутність води, а в деяких випадках її кольоровість. Найбільш часто ці домішки представлені часточками глини, піску, ґрунту, мулу, а також емульсіями мінеральних олій, нафтопродуктами

тощо. На поверхні часточок можуть сорбуватися патогенні бактерії, віруси, радіоактивні речовини. В стані спокою для таких систем характерна седиментація частинок або спливання в залежності від їхньої щільності. Домішки I групи ефективно видаляються з води під дією гравітаційних сил, сил прилипання (адгезії й аутогезії), сполученого осадження. Видалення цих домішок – освітлення води – можна досягти застосуванням безреагентних і реагентних методів. Освітлення і часткове знебарвлення (усунення кольоровості) води безреагентним методом відбувається при тривалому відстоюванні у відкритих басейнах – відстійниках або водоймищах. Для освітлення води (й те неповного) необхідне відстоювання не менш 1-2 діб, для часткового знебарвлення води – 1-2 і більш місяців. У зв'язку з цим такий метод застосовується відносно рідко, в основному для попереднього відстоювання води, що містить велику кількість грубодисперсних домішок.

На даний час для безреагентного видалення грубодисперсних домішок застосовується фільтрування через сітки, мікропроціджування та інше. Видалення тонких суспензій здійснюється центрифугуванням.

Реагентний метод освітлення й знебарвлення води засновано на застосуванні спеціальних хімічних речовин – коагулянтів і флокулянтів – і називається коагулюванням. В результаті коагулювання у воді утворюються пластівці, що включають завислі й колоїдні часточки, які додають воді мутність і кольоровість, фітопланктон і бактерії. Більш великі, чим природні домішки, пластівці-агрегати осаджуються значно швидше і забезпечують більш повне освітлення, знебарвлення і знезаражування води.

Після осадження основної маси суспензії процеси освітлення і знебарвлення води звичайно завершуються фільтруванням, при якому воду пропускають через шар зернистого матеріалу (найчастіше піску або антрациту) з гранулами різної крупності. Розрізняють повільне й швидке фільтрування. Характерною рисою першого є досить малі швидкості фільтрування (0,1-0,3 м/годину), застосування фільтруючого матеріалу (звичайно кварцового річкового піску) із дрібними фракціями (0,25-0,35 мм) і відсутність попереднього коагулювання. В другому випадку швидкість фільтрування значно вище (звичайно 5-12 м/годину), використовуються більш великі фракції фільтруючого матеріалу (0,5-2 мм і більше), а вода попередньо обробляється коагулянтом.

Процес освітлення і знебарвлення води є найбільш розповсюдженим, уступаючи за масовістю тільки знезаражуванню. В процесі освітлення і знебарвлення вода одночасно звільняється від значної кількості бактерій (при фільтруванні затримується до 98-99% усіх бактерій), тобто частково знезаражується. Знезаражування води є обов'язковим при санітарній ненадійності джерела, використовуваного для питних цілей. Воно здійснюється практично в усіх випадках, коли вода забирається з відкритої водойми.

Знезаражування можна розглядати і як цілком самостійний, і часто єдиний процес обробки води. У такому виді він застосовується на водопроводах, джерелом яких є безбарвні, прозорі поверхневі або підземні води. Знезаражування води може здійснюватися двома основними методами:

реагентним і безреагентним.

Реагентними методами називаються такі, при яких для знезаражування води застосовуються хімічні речовини, що викликають загибель мікроорганізмів (дезінфектанти). Такими речовинами є багато окислювачів (хлор, озон), а також деякі солі важких металів (в основному срібла й міді). Солі міді, через свою отруйність для організму людини, застосовуються лише при обробці води, що йде для технічних потреб (боротьба з обростанням поверхонь), а також як засіб боротьби з цвітінням води у відкритих водоймах. До реагентних методів знезаражування води відносяться також використання замутиювачів (монтморилоніт, палигорськіт та ін.), що мають адгезійні властивості у відношенні до бактерій, вірусів, спор. Наступне видалення цієї суспензії звільняє воду від мікроорганізмів.

При безреагентних методах знезаражування вода піддається впливу ультрафіолетових променів, ультразвукових хвиль, високої температури, струмів високої частоти, гамма-променів та інших фізичних чинників.

Таким чином, в основі використовуваних методів для очищення води від речовин першої групи лежать фізико-хімічні процеси: агрегація за допомогою коагулянтів і флокулянтів, адгезія на поверхні зернистих інертних завантажень, а також флотація. При наявності біологічних забруднень застосовуються також окислювачі, солі важких металів, електромагнітне випромінювання й ультразвук.

6.3. Характеристика домішок II групи та методів їх видалення

Друга група поєднує гідрофільні та гідрофобні колоїдні домішки, що знаходяться у воді в стані золів, а також високомолекулярні речовини; розмір частинок - 10^{-6} - 10^{-5} см. До цієї групи речовин відносяться колоїдні мінеральні й органо-мінеральні частинки ґрунтів, недисоційовані та нерозчинні форми гумусових речовин, що додають воді бурій колір. Високомолекулярні сполуки представлені у воді гуміновими й фульвокислотами та їхніми солями.

Для видалення цих речовин з води застосовується обробка хлором, озоном і іншими окислювачами. В результаті знижується кольоровість води, руйнуються гідрофільні колоїди, що виявляють захисні властивості стосовно гідрофобних домішок води, чим створюються сприятливі умови для наступного коагулювання, утворення й осадження пластівців, знищуються мікроорганізми.

Найбільш повне видалення колоїдних домішок і знебарвлення води досягаються за допомогою коагулянтів. Ступінь і швидкість гідролізу коагулянтів у воді залежить від їхнього рН, сольового складу і температури. Особливо чутливий до цих факторів алюмінієвий коагулянт $Al_2(SO_4)_3$, найменш чутливий – залізний коагулянт. Використання змішаного алюмо-залізного коагулянту дає можливість затримувати більш широку гаму забруднень; при цьому коагулянт має переваги кожного з компонентів і дає можливість проводити коагулювання води в більш широкому інтервалі рН і температур. Застосування разом з коагулянтами невеликих добавок флокулянтів (активна кремнієва кислота, поліакриламід тощо) сприяє підвищенню ефекту

коагулювання: прискорює утворення пластівців, поліпшує їхню структуру, призводить до швидкого й ефективного освітлення води.

Гарні результати очищення води від колоїдних забруднень забезпечує контактна коагуляція (безвідстійне фільтрування).

6.4. Характеристика домішок III групи та методів їх видалення

Третя група поєднує розчинені у воді гази й молекулярно розчинні органічні сполуки, як біологічного походження, так і внесені зі стоками промислових підприємств і населених пунктів. Речовини третьої групи додають воді найрізноманітніші присмаки й запахи, а іноді й кольоровість. Розмір частинок речовин третьої групи складає 10^{-7} - 10^{-6} см.

Найбільш перспективними процесами видалення з води речовин третьої групи є аерування, окислювання, адсорбція.

Розчинені у воді гази й летучі органічні речовини (легкі бензини, деякі органічні сірчисті сполуки, низькомолекулярні ефіри й карбонільні сполуки тощо) видаляються з води шляхом аерування (фонтануванням, дощуванням, барботуванням), а також обробкою води відповідними хімічними реагентами. Для видалення сірководню воду обробляють хлором, для зв'язування надлишкової вугільної кислоти – вапняним розчином, крейдою або фільтрують через мармурову крихту. При надлишку кисню його видаляють фільтруванням через залізну стружку, обробкою сульфідом натрію або інших реагентів.

Розчинені у воді одно- і багатоатомні феноли, більшість продуктів органічного синтезу, гумінові та фульвокислоти руйнуються під дією сильних окислювачів.

Багато речовин даної групи виводяться з води за допомогою активованого вугілля. Цей спосіб очищення ґрунтується на тому, що домішки води вступають у молекулярну взаємодію з високорозвиненою поверхнею вугілля і закріплюються на ній. На вугіллі добре сорбуються гідрофобні сполуки, до яких відносяться розчинні у воді вуглеводні нафти, ароматичні вуглеводні та їхні похідні (хлорфенол), хлоровані вуглеводні та інші малорозчинні у воді сполуки. Для адсорбційного вилучення з води низькомолекулярних сполук застосовуються дрібнопористе вугілля (марки КАД і БАУ). Для видалення речовин з більш великими молекулами, наприклад, гумінових і фульвокислот, використовується крупнопористе вугілля (марок ОУ й А).

Усунення запаху й присмаку здійснюється різними методами в залежності від їхнього походження. Появу запаху й присмаку природного походження, що викликається продуктами життєдіяльності мікроорганізмів і їхнім відмиранням, можна попередити обробкою водою мідним купоросом. Аналогічні запахи у водопровідній воді усувають за допомогою сильних окислювачів (озону, оксиду хлору (II) та ін.) або адсорбентом (наприклад, активованим вугіллям).

Застосування хлорування з амонізацією (замість одного хлорування) для води, що містить фенол та інші похідні бензолу, перешкоджає виникненню в ній хлорфенольних запахів та присмаків.

Запахи і присмаки, обумовлені наявністю розчинених газів або солей,

видаляються відповідними методами дегазації й знесолення.

6.5. Характеристика домішок IV групи та методів їх видалення

Четверта група забруднень поєднує речовини, що дисоціюють у воді на іони; розмір їхнього порядку 10^{-8} - 10^{-7} см. Домішки, що відносяться до четвертої групи, являють собою електроліти.

Усунення їх з води засновано на зв'язуванні іонів у малорозчинні та слабкодисоційовані сполуки за допомогою реагентів, що додаються у воду. При виборі реагентів доцільно виходити з величин добутку розчинності сполук, що утворюються. У випадку малих їхніх значень повнота очищення зростає, особливо при надлишку іона-осаджувача.

Для видалення забруднень четвертої групи широко використовуються іонообмінні реакції, що протікають на поверхні твердої фази (на іонообмінних смолах). Ці процеси раціонально використовувати у випадках, коли іони, що видаляються, необхідно утримувати на нерозчинному матеріалі, замінивши їх іонами, нешкідливими для наступного використання води.

Воду від небажаних іонів можна звільнити шляхом її випаровування, переведення в тверду фазу (виморожування, одержання газогідратів) або додаванням розчинника, що не змішується з водою, для утворення двох фаз, використовуючи нерівномірність розподілу іонів між цими фазами (екстракція). У деяких випадках доцільно використовувати рухливість іонів в електричному полі (електродіаліз).

Пом'якшення води, тобто видалення з неї катіонів кальцію і магнію, що обумовлюють жорсткість води, здійснюється термічними, реагентними та іонообмінними методами.

Термічні методи пом'якшення засновані на переведенні гідрокарбонатів кальцію і магнію в малорозчинні карбонати, що випадають в осад при кип'ятінні.

Реагентними методами пом'якшення води розчинні солі кальцію і магнію за допомогою хімічних реагентів переводяться в нерозчинні сполуки, що утворюють суспензії, які видаляються відстоюванням і фільтруванням. Найбільш розповсюджений спосіб – вапняно-содовий.

Пом'якшення води іонообмінним методом здійснюється фільтруванням її через Na- або H-катіоніт, в результаті чого іони Ca^{2+} та Mg^{2+} , що знаходяться у воді, обмінюються на іони Na^+ або H^+ .

Останнім часом одержав поширення новий метод, що полягає в пропусканні води, яку необхідно пом'якшити, через магнітні або електромагнітні прилади. В результаті такої обробки, жорсткість води не змінюється, але осад випадає у вигляді дрібних кристаликів рухливого шламу, який не прилипає до поверхні нагрівання і легко видаляється при продуванні.

Знесолення (видалення з води всіх розчинених у ній солей) і опріснення води (зменшення вмісту розчинених солей до норм, що робить воду придатною для питних і господарських потреб) можна досягти термічною обробкою, електрохімічним шляхом, методом іонного обміну, газогідратним способом,

екстракцією, зворотним осмосом тощо.

Видалення заліза та марганцю досягається такими способами. При наявності у воді заліза у вигляді гідрокарбонату знезалізнення здійснюється за допомогою аерування та подальшого відстоювання або фільтрування. Колоїдні органічні сполуки заліза видаляються хлоруванням з наступною обробкою коагулянтами. Знезалізнення води, що містить залізо у вигляді некарбонатних солей, досягається фільтруванням її через H-, Na- або Ca-катіоніти.

Сполуки марганцю (II), як і заліза, окислюють киснем повітря, переводячи його в марганець (III). Марганець також можна видалити фільтруванням через пісок або піролюзит з попереднім підлужуванням води вапном, обробкою води залізними коагулянтами або фільтруванням через Mn-катіоніт.

Видалення важких металів (свинцю, міді та інших), а також отруйних і отруйних речовин, що мають високу токсичність навіть у дуже малих концентраціях, вимагає ретельно підібраних комбінованих методів очищення, заснованих на процесах дистиляції, відстоювання, фільтрування, коагулювання, окислювання, осадження, адсорбції, іонного обміну тощо.

Таким чином, усі домішки, що забруднюють водойми, цілком охоплюються чотирма групами запропонованої класифікації. Використовуючи особливості, що характеризують кожен групу речовин, можна знаходити ефективні способи видалення всього комплексу домішок води за допомогою невеликого числа елементів очисних споруд.

Поліпшення якості води при сучасній техніці її очищення для господарсько-питних потреб і технологічних цілей промислових підприємств може бути досягнуто різними методами. Проекти водопостачання повинні розроблятися на основі застосування прогресивних методів обробки води, високопродуктивних споруд, установок і апаратів, ефективних матеріалів, новітніх методів провадження робіт, сучасних принципів контролю й регулювання технологічних процесів.

Метод поліпшення якості води та відповідний комплекс очисних споруд вибирається в залежності від її фізико-хімічного й бактеріологічного (а в окремих випадках і від гідробіологічного) складу, від вимог споживача, продуктивності станції, специфічних і місцевих умов, а також від техніко-економічних міркувань.

Для обґрунтування методу очищення води необхідно мати в наявності дані хімічного аналізу води, що очищується, та дані технологічних вишукувань властивостей води. Враховується також досвід експлуатації споруд, що працюють в аналогічних умовах.

Приклад оформлення технологічного розділу курсової роботи наведено в Додатку Г.

7. РОЗРАХУНКОВО-АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

Рекомендована предметна назва розділу: **«Розрахунок основних параметрів обладнання, що використовується в запропонованій технологічній схемі очищення стічних вод, які утворюються внаслідок**

виробничої діяльності промислового підприємства».

7.1. Обладнання для усереднення промислових стічних вод

Характеристика обладнання для усереднення промислових стічних вод

Для забезпечення нормальної роботи очисних споруд необхідно усереднення стічних вод, що надходять, за концентрацією забруднюючих речовин або за витратами води, а іноді й за обома показниками одночасно. В залежності від цих вимог призначається й тип усереднювача. Для усереднення витрат і кількості забруднень стічних вод застосовуються контактні та проточні усереднювачі. При невеликих витратах і періодичному скиду стічних вод використовують контактні усереднювачі. В більшості ж випадків застосовують проточні усереднювачі, які виконують у вигляді багатокоридорних резервуарів (рис. 7.1) або резервуарів із пристроями, що перемішують стічні води, які до них надходять.

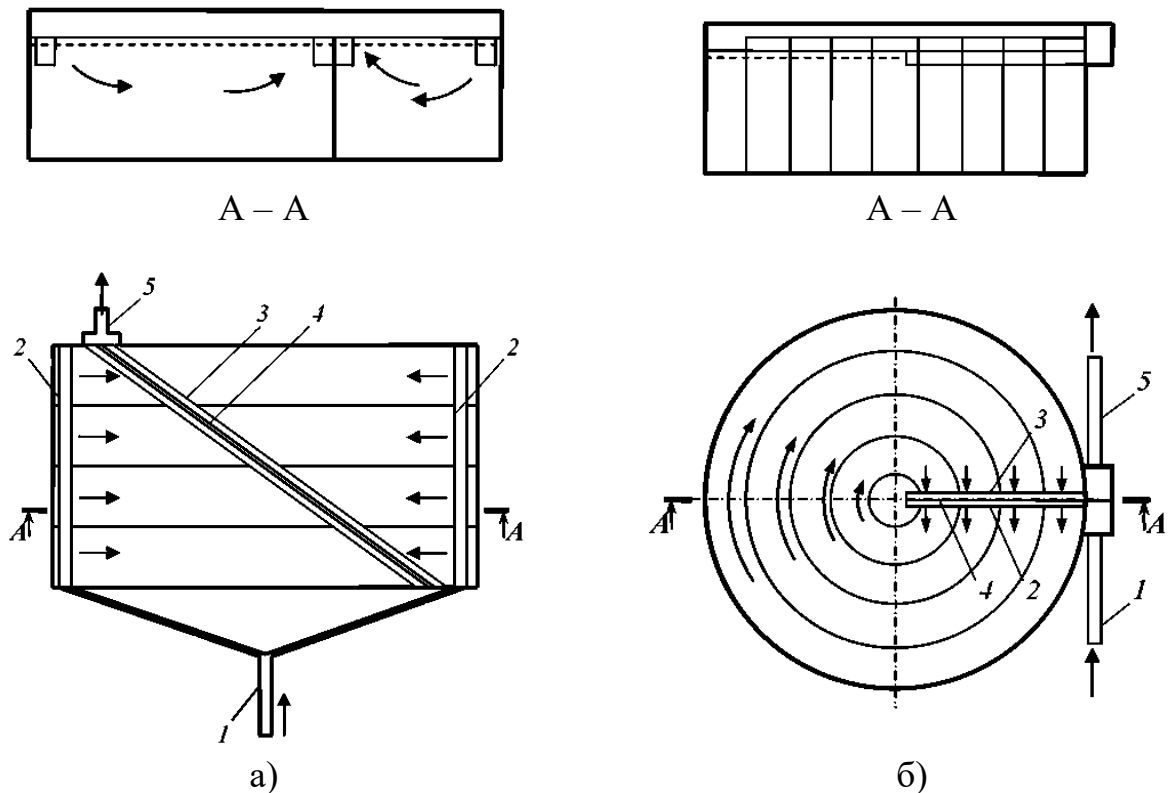


Рисунок 7.1 – Багатоканальні усереднювачі з різною довжиною каналів

а – прямокутні; б – круглі;

1 – канал подачі води; 2 – розподільчий лоток; 3 – збірний лоток; 4 – глуха перегородка; 5 – канал відводу води

Усереднення витрат стічних вод і концентрації їхніх забруднень економічно доцільно, тому що дозволяє розраховувати всі наступні ланки очисних споруд не на максимальні, а на деякі середні значення параметрів потоку. Встановлення усереднювача на початку ланцюга дозволяє скоротити

будівельний об'єм і необхідну продуктивність кожної з наступних ланок очищення.

З багатоканальних усереднювачів найбільшою ефективністю відрізняються прямокутні та круглі (рис. 7.1). Усереднення в них забезпечується за рахунок механічного перемішування струменями стічної води.

Багатоканальні усереднювачі рекомендується проектувати з шириною каналу від 1 до 6 м, глибиною не більшою, ніж 3 м. Мінімальну швидкість потоку стічних вод в каналі рекомендується приймати не більшою 7 мм/с. Число секцій усереднювачів необхідно приймати не менш двох, причому обидві робочі. Кількість каналів в кожній половині усереднювача повинна бути не меншою 3-6.

Порядок розрахунку багатоканального усереднювача стічних вод з різною довжиною каналів

1. Необхідний коефіцієнт усереднення стічних вод визначається за формулою:

$$K_y = \frac{C_{\max} - C_{cp}}{C_{\text{доп}} - C_{cp}}, \quad (1)$$

C_{\max} – максимальна концентрація забруднення в скидові, мг/л;

C_{cp} – середня концентрація забруднення в скидові, мг/л;

$C_{\text{доп}}$ – допустима концентрація забруднення в скидові за умови нормальної роботи наступних очисних споруд, мг/л.

2. Сумарний об'єм багатоканального усереднювача при залповому скиду стічних вод визначається за формулою:

$$V_{\text{сум}} = \frac{q \cdot t_z \cdot K_y}{2}, \text{ м}^3, \quad (2)$$

q – середні годинні витрати стічних вод, що утворюються внаслідок виробничої діяльності промислового підприємства ($q_{ГВ}$ – гальванічного або $q_{ТВ}$ – травильного), м³/годину;

t_z – період залпового скиду, години.

3. Проектуємо прямокутний багатоканальний усереднювач, що складається з двох секцій ($N_y=2$).

Приймаємо глибину усереднювача H_y , м (значення H_y повинно бути не більш 3 м).

4. Площа кожної секції усереднювача визначається за формулою:

$$F_y = \frac{V_{\text{сум}}}{N_y \cdot H_y}, \text{ м}^2. \quad (3)$$

5. Приймаємо ширину секції усереднювача B_y , м. Обираючи величину B_y , можна скористатися даними табл. Д.1 Додатка Д (стовпчик – загальна ширина всіх каналів) за умови, що значення висоти $H_y=2$ м.

6. Довжина секції усереднювача визначається за формулою:

$$L_y = \frac{F_y}{B_y}, \text{ м.} \quad (4)$$

Отримане значення L_y округляється до максимально цілого числа.

7. Приймаємо кількість каналів в кожній секції n_k (значення n_k рекомендується приймати в діапазоні 3-6).

8. Ширина одного каналу визначається за формулою:

$$b_k = \frac{B_y}{n_k}, \text{ м.} \quad (5)$$

9. Швидкість руху води в усереднювачі визначається за формулою:

$$v = \frac{q}{N_y \cdot B_y \cdot H_y}, \text{ м/с} \rightarrow \text{в мм/с,} \quad (6)$$

q ($q_{ГВ}$ або $q_{ТВ}$), $\text{м}^3/\text{годину} \rightarrow \text{м}^3/\text{с}$.

Отримана величина швидкості не повинна перевищувати допустимого значення (7 мм/с).

10. Час перебування стічних вод в усереднювачі визначається за формулою:

$$t = \frac{L_y}{v}, \text{ секунди} \rightarrow \text{години.} \quad (7)$$

v , м/с.

7.2. Споруди механічного очищення промислових стічних вод

Механічне очищення застосовується для виділення зі стічної води нерозчинених мінеральних і органічних домішок.

Призначення механічного очищення полягає в підготовці виробничих стічних вод при необхідності до біологічного, фізико-хімічного або іншого методу більш глибокого очищення. Механічне очищення на сучасних очисних станціях складається з проціджування через ґрати, пісковловлення, відстоювання і фільтрування. Типи та розміри цих споруд залежать, в основному, від складу, властивостей і витрат виробничих стічних вод, а також від методів їхньої подальшої обробки.

Як правило, механічне очищення є попереднім, рідше – остаточним етапом для очищення виробничих стічних вод. Воно забезпечує виділення завислих речовин з цих вод до 90-95% та зниження органічних забруднень (за показником $BCK_{новн}$) до 20-25%.

У ряді випадків механічне очищення є єдиним і достатнім способом для вилучення з виробничих стічних вод механічних забруднень і підготовки їх до повторного використання в системах оборотного водопостачання.

7.2.1. Споруди для видалення з промислових стічних вод частинок піску

Характеристика пісковловлювачів

Пісковловлювачі встановлюють для видалення зі стічних вод піску та інших важких мінеральних нерозчинних частинок при продуктивності очисних споруд більш $100 \text{ м}^3/\text{добу}$. При цьому, при витратах до $10000 \text{ м}^3/\text{добу}$ рекомендується застосовувати тангенціальні та вертикальні пісковловлювачі, при витратах від $10000 \text{ м}^3/\text{добу}$ – горизонтальні, а понад $20000 \text{ м}^3/\text{добу}$ – аеровані.

Вертикальні пісковловлювачі можуть використовуватися при різній продуктивності. Вони великі за розміром і працюють неефективно, тому їх використовують у виключних випадках і при відповідному обґрунтуванні.

Горизонтальні пісковловлювачі мають прямокутну в плані форму (рис. 7.2). Для орієнтованих розрахунків приймають глибину пісковловлювача $H_p=0,5-2 \text{ м}$, співвідношення ширини та глибини $B/H=1:2$. У розширеній частині резервуара під дією сили тяжіння відбувається осадження піску. Швидкість руху води в пісковловлювачі становить $0,15-0,3 \text{ м/с}$. При швидкостях більш $0,3 \text{ м/с}$ пісок не встигає осаджуватися, а при швидкостях менш $0,15 \text{ м/с}$ починають осаджуватися органічні домішки, що є недопустимим. Гідравлічна крупність піску, що затримується, становить $18,7-24,2 \text{ мм/с}$. Час перебування стічних вод у пісковловлювачі становить $0,5-1$ хвилину. Скорочення тривалості перебування стічних вод менш зазначеної величини, навіть у відповідності до розрахунків, може призвести до зменшення ефективності затримання піску.

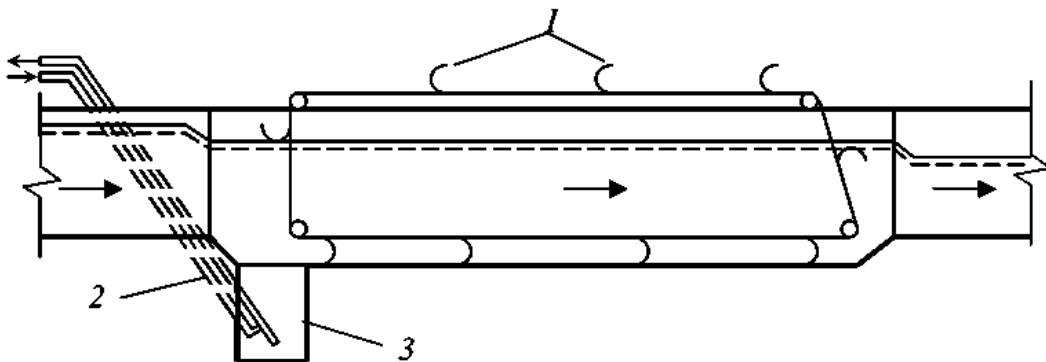


Рисунок 7.2 – Горизонтальний пісковловлювач

1 – ланцюговий скребковий механізм; 2 – гідроелеватор; 3 – бункер

Кількість пісковловлювачів або їх відділень повинна бути не меншою 2, причому всі пісковловлювачі або їх відділення повинні бути робочими.

Різновидом горизонтального типу пісковловлювача є пісковловлювач з коловим рухом рідини (рис. 7.3). Він являє собою круглий резервуар конічної форми з периферійним лотком для протікання стічних вод. Проточна частина пісковловлювача з коловим рухом рідини в поперечному перетині має у верхній частині прямокутну форму, а в основі – трикутну зі щілиною внизу. Пісок, що

затримується в коловому лотку, провалюється через щілину в зону осаду, яка має форму зрізаного конуса.

Основні параметри для розрахунку горизонтальних пісковловлювачів з коловим рухом потоку рідини наведено в табл. Д.2 Додатка Д.

Тангенціальні пісковловлювачі – це круглі в плані споруди з тангенціальною (по дотичній) подачею стічних вод (рис. 7.4). Така подача стічних вод зумовлює обертовий рух рідини в плані пісковловлювача. Внаслідок тангенціальної подачі води і її обертання в плані споруди, в пісковловлювачі виникає гвинтовий (поступально-обертовий) рух рідини з круговою віссю, що знаходиться в горизонтальній площині (на периферії вода рухається вниз, а в центрі – вгору).

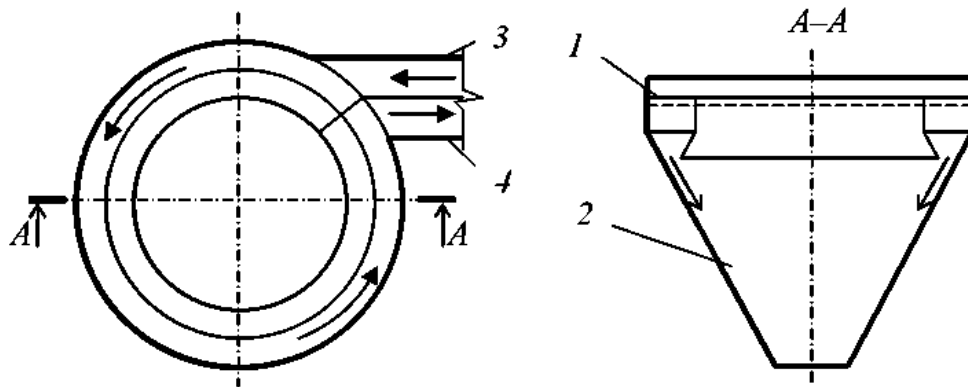


Рисунок 7.3 – Горизонтальний пісковловлювач з коловим рухом потоку рідини

1 – кільцевий жолоб; 2 – осадковий конус; 3 – канал для подачі стічних вод; 4 – канал для відводу води після очищення в пісковловлювачі

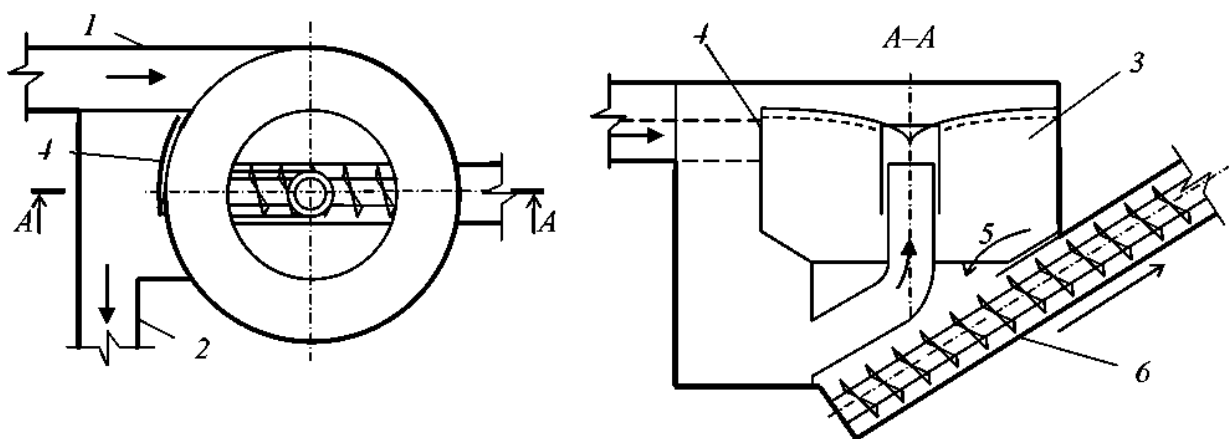


Рисунок 7.4 – Тангенціальний пісковловлювач з вихровою водною лійкою

1 – канал для подачі стічних вод; 2 – канал для відводу води після очищення в пісковловлювачі; 3 – робоча частина; 4 – регульований водозлив; 5 – пісок; 6 – шнековий підйомник

Крім сили тяжіння, на частинки піску в тангенціальному пісковловлювачі діють ще й дві відцентрові, зумовлені рухом стічної води по колу в плані і обертовим рухом у поперечному перетині. Внаслідок дії відцентрових сил, частинки піску відкидаються на периферію потоку – до стінок і дна пісковловлювача і, в кінцевому рахунку, опиняються в пісковому приямку. Більш легкі органічні домішки, при цьому, підтримуються в завислому стані і не випадають в осад, внаслідок чого вміст піску в осаді тангенціальних пісковловлювачах вищий, ніж у горизонтальних, і становить 70-75%.

Тангенціальні пісковловлювачі використовуються на малих і середніх очисних станціях продуктивністю до 50000 м³/добу. Оптимальні умови їхньої роботи забезпечуються при гідравлічному навантаженні на одиницю площі в плані 90-130 м³/м²·годину. На малих очисних станціях гідравлічне навантаження на тангенціальні пісковловлювачі може бути зменшено до 60-80 м³/м²·годину. Діаметр тангенціальних пісковловлювачів приймається не більшим 6 м.

Основні параметри для розрахунку пісковловлювачів різних типів наведено в табл. Д.3-Д.4 Додатка Д.

Порядок розрахунку пісковловлювачів

1. Розрахунок тангенціального пісковловлювача

1. Визначається кількість секцій пісковловлювача (N_{II}) за умови, що $N_{II} \geq 2$.

Розрахунок тангенціального пісковловлювача проводиться за умови, що в ньому будуть затримуватися частинки піску діаметр яких становить $d_{II} = \text{---}$ мм (обирається за табл. Д.3 Додатка Д).

2. Необхідна площа живого перетину кожного відділення пісковловлювача визначається за формулою:

$$F = \frac{q_{ТВ}}{N_{II} \cdot q_0}, \text{ м}^2, \quad (8)$$

q_0 – гідравлічне навантаження на пісковловлювач, яке рекомендується приймати $q_0 = 90-130$ м³/м²·годину. На малих очисних станціях гідравлічне навантаження на тангенціальні пісковловлювачі може бути зменшено до 60-80 м³/м²·годину.

3. Діаметр кожного відділення пісковловлювача визначається за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}, \text{ м}. \quad (9)$$

Отримане значення D округляється до максимально цілого числа.

Діаметр пісковловлювача повинен бути не більшим 6 м. Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати кількість пісковловлювачів N_{II} та здійснювати перерахунок.

4. Глибина пісковловлювача визначається за формулою:

$$h_1 = \frac{D}{2}, \text{ м}. \quad (10)$$

5. Висота бункера (конусної частини) пісковловлювача визначається за формулою:

$$h_2 = \sqrt{D^2 - (h_1)^2}, \text{ м.} \quad (11)$$

Отримане значення h_2 округляється до першого знака після коми.

6. Маса осаду, що накопичується в пісковловлювачах, визначається за формулою:

$$M_{oc} = \frac{Q_{TB} \cdot C_{пісок} \cdot E_{пісок}}{10^6}, \text{ тонни/добу,} \quad (12)$$

Q_{TB} – добові витрати стічних вод травильного виробництва, що визначаються за формулою:

$$Q_{TB} = q_{TB} \cdot T_B, \text{ м}^3/\text{добу,}$$

T_B – тривалість роботи виробництва за добу, години;

$E_{пісок}$ – частка піску, що може бути затримана в пісковловлювачі (обирається за табл. Д.4 Додатка Д). Для тангенціального пісковловлювача $E_{пісок}=0,75$;

$C_{пісок}$ – концентрація завислих частинок (піску) обраного діаметру ($d_{П} \geq ___ \text{ мм}$), що містяться в стічних водах і можуть бути затримані в пісковловлювачі, г/м^3 .

Концентрація піску визначається наступним чином. Згідно з вихідними даними, початкова концентрація завислих частинок становить $C_{завись}^{TB} = ___ \text{ мг/л}$. Причому, на частку піску припадає 40% від загальної кількості завислих речовин, на частку частинок середньої крупності – 40%; на частку дрібнодисперсних частинок – 20%. Звідси концентрація частинок піску, діаметр яких становить $d_{П} \geq ___ \text{ мм}$, визначається за формулою:

$$C_{пісок} = C_{завись}^{TB} \cdot 0,4, \text{ мг/л.}$$

7. Об'єм вологого піску, що затримується в пісковловлювачах, визначається за формулою:

$$V_{oc} = \frac{100 \cdot M_{oc}}{(100 - \gamma_{пісок}) \cdot \rho_{пісок}}, \text{ м}^3/\text{добу,} \quad (13)$$

$\gamma_{пісок}$ – вологість піску, % (приймається за табл. Д.4 Додатка Д в залежності від типу пісковловлювача);

$\rho_{пісок}$ – щільність піску, що дорівнює $1,5 \text{ тонни/м}^3$.

8. Об'єм бункера (конусної частини) пісковловлювача визначається за формулою:

$$W_{бункер} = \frac{N_{П} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot h_2}{3 \cdot 4}, \text{ м}^3. \quad (14)$$

9. Період між вивантаженнями осаду з пісковловлювача визначається за формулою:

$$T_{oc} = \frac{W_{бункер}}{V_{oc}}, \text{ діб} \rightarrow \text{години.} \quad (15)$$

Таким чином, отримуємо, що осад з пісковловлювача необхідно вивантажувати 1 раз за ____ діб.

10. Повна будівельна висота пісковловлювача визначається за формулою:

$$H_{\text{б\у\д}} = h_1 + h_2 + h_{\text{борт}}, \text{ м}, \quad (16)$$

$h_{\text{борт}}$ – висота борта пісковловлювача, яку рекомендується приймати $h_{\text{борт}}=0,3-0,5$ м.

II. Розрахунок горизонтального пісковловлювача з коловим рухом потоку рідини

1. Визначається кількість секцій пісковловлювача (N_{II}) за умови, що $N_{II} \geq 2$.

Розрахунок горизонтального пісковловлювача ведеться за умови, що в ньому будуть затримуватися частинки піску діаметр яких становить $d_{II} = \text{____}$ мм (обирається за табл. Д.3 Додатка Д).

2. Необхідна площа живого перетину кільцевого жолоба пісковловлювача визначається за формулою:

$$F = \frac{q_{TB}}{N_{II} \cdot v}, \text{ м}^2, \quad (17)$$

q_{TB} , м³/годину \rightarrow м³/с;

v – середня швидкість руху стічних вод в пісковловлювачі, м/с; приймається за табл. Д.4 Додатка Д в залежності від необхідного діаметру частинок піску, який затримується в пісковловлювачі ($v=0,15-0,3$ м/с).

3. Довжина кола пісковловлювача за середньою лінією визначається за формулою:

$$L = \frac{1000 \cdot K \cdot H_p \cdot v}{u_0}, \text{ м}. \quad (18)$$

Значення коефіцієнта K , розрахункової глибини пісковловлювача H_p та гідралічної крупності частинок u_0 обираються за табл. Д.3-Д.4 Додатка Д.

Отримане значення L округляється до першого знака після коми.

4. Середній діаметр пісковловлювача визначається за формулою:

$$D_{cp} = \frac{L}{\pi}, \text{ м}. \quad (19)$$

Отримане значення D_{cp} округляється до першого знака після коми.

5. Тривалість протікання стічних вод по кільцевому жолобу пісковловлювача визначається за формулою:

$$t = \frac{\pi \cdot D_{cp}}{v}, \text{ секунди}. \quad (20)$$

Отримане значення t повинно бути більшим або дорівнювати 30 секунд.

6. За табл. Д.2 Додатка Д в залежності від величини пропускної здатності пісковловлювача Q_{TB} , м³/добу, приймається ширина кільцевого жолоба $b_{жс}$, м.

7. Розрахунковий зовнішній діаметр пісковловлювача визначається за формулою:

$$D = D_{cp} + b_{жс}, \text{ м.} \quad (21)$$

8. Висота трикутної частини кільцевого жолоба пісковловлювача визначається за формулою:

$$h_{mp} = \frac{b_{жс}}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha, \text{ м,} \quad (22)$$

α – кут нахилу стінок жолоба до горизонту, що приймається рівним $\alpha=50-60^\circ$.

Отримане значення h_{mp} округляється до першого знака після коми.

9. Площа трикутної частини жолоба пісковловлювача визначається за формулою:

$$F_{mp} = \frac{b_{жс} \cdot h_{mp}}{2}, \text{ м}^2. \quad (23)$$

10. Площа прямокутної частини кільцевого жолоба пісковловлювача визначається за формулою:

$$F_{np} = F - F_{mp}, \text{ м}^2. \quad (24)$$

11. Висота рідини в прямокутній частині жолоба пісковловлювача визначається за формулою:

$$h_{np} = \frac{F_{np}}{b_{жс}}, \text{ м.} \quad (25)$$

Отримане значення h_{np} округляється до першого знака після коми.

12. Сумарна корисна висота кільцевого жолоба пісковловлювача визначається за формулою:

$$h_1 = h_{np} + h_{mp}, \text{ м.} \quad (26)$$

13. Добова маса осаду, що накопичується в пісковловлювачах, визначається за формулою (12):

$$M_{oc} = \frac{Q_{ТВ} \cdot C_{нісок} \cdot E_{нісок}}{10^6}, \text{ тонни/добу.}$$

Для горизонтального пісковловлювача з коловим рухом потоку рідини $E_{нісок}=0,6$.

14. Об'єм вологого піску, що затримується в пісковловлювачах, визначається за формулою (13):

$$V_{oc} = \frac{100 \cdot M_{oc}}{(100 - \gamma_{нісок}) \cdot \rho_{нісок}}, \text{ м}^3/\text{добу.}$$

15. Об'єм бункера одного відділення пісковловлювача визначається за формулою:

$$W_{бункер} = \frac{V_{oc} \cdot T_{oc}}{N_{II}}, \text{ м}^3, \quad (27)$$

T_{oc} – інтервал часу між вивантаженнями осаду з пісковловлювача, діб (величина T_{oc} приймається не більшою двох діб).

16. Глибина бункера (конічної частини) пісковловлювача визначається за формулою:

$$h_2 = \frac{12 \cdot W_{\text{бункер}}}{\pi \cdot (D_{\text{ср}}^2 + d_0^2 + D_{\text{ср}} \cdot d_0)}, \text{ м}, \quad (28)$$

d_0 – діаметр нижньої основи бункера для піску, який рекомендується приймати $d_0=0,4-0,5$ м.

Отримане значення h_2 округляється до першого знака після коми.

17. Повна будівельна висота пісковловлювача визначається за формулою (16):

$$H_{\text{буд}} = h_1 + h_2 + h_{\text{борт}}, \text{ м}.$$

7.2.2. Споруди для видалення з промислових стічних вод грубодисперсних домішок

Характеристика відстійників

Відстоювання є найпростішим, найменш трудомістким і дешевим методом видалення зі стічних вод грубодисперсних домішок, щільність яких відрізняється від щільності води. Під дією сили тяжіння забруднюючі речовини осідають на дно або спливають на поверхню.

За конструктивними ознаками відстійники підрозділяються на горизонтальні, вертикальні та радіальні.

Горизонтальні відстійники (рис. 7.5) застосовуються на очисних спорудах продуктивністю 15-100 тис. м³/добу. Являють собою прямокутні в плані резервуари, що розділені подовжніми перегородками на кілька відділень. Потік води в них рухається горизонтально.

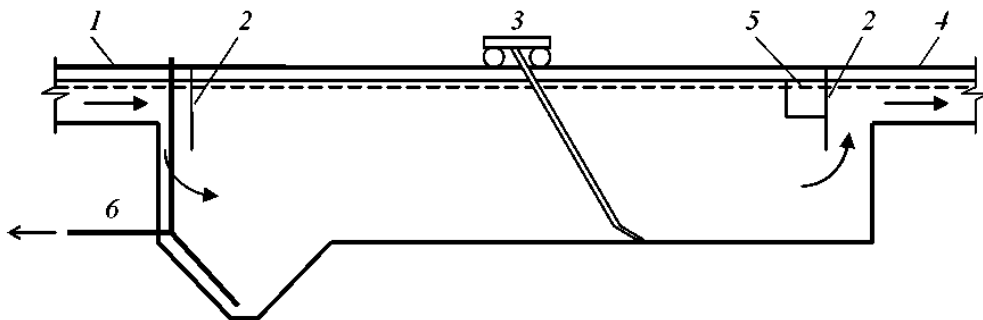


Рисунок 7.5 – Горизонтальний відстійник

- 1 – лоток, що підводить до відстійника стічну воду на очищення;
- 2 – напівзаглиблена дошка; 3 – скребковий візок; 4 – лоток, що відводить з відстійника освітлену воду; 5 – жирозбірний лоток; 6 – видалення осаду

До переваг горизонтальних відстійників відноситься високий ефект освітлення за завислими речовинами (50-60%). Недоліки – підвищені витрати

залізобетону, в порівнянні з круглими відстійниками, та незадовільна робота механізмів для згрібання осаду, особливо в зимовий період.

Вертикальні відстійники застосовуються на очисних спорудах продуктивністю 2-20 тис. м³/добу. Являють собою круглі в плані резервуари з конічним днищем, в яких потік освітлюваної води рухається у вертикальному напрямку. Вертикальні відстійники бувають з центральним впуском води, з нисхідно-висхідним рухом води, з периферійним впуском води.

Більш досконалішими є вертикальні відстійники з нисхідно-висхідним рухом потоку рідини (рис. 7.6). Стічна вода надходить у центральну частину відстійника і через зубчастий водозлив розподіляється за площею зони освітлення, де відбувається спадний рух потоку води. Основна маса завислих речовин встигає випасти на дно до надходження води в кільцеву зону, де відбувається доосвітлення води і збір її периферійним лотком. Ефект освітлення води в таких відстійниках складає 60-65%.

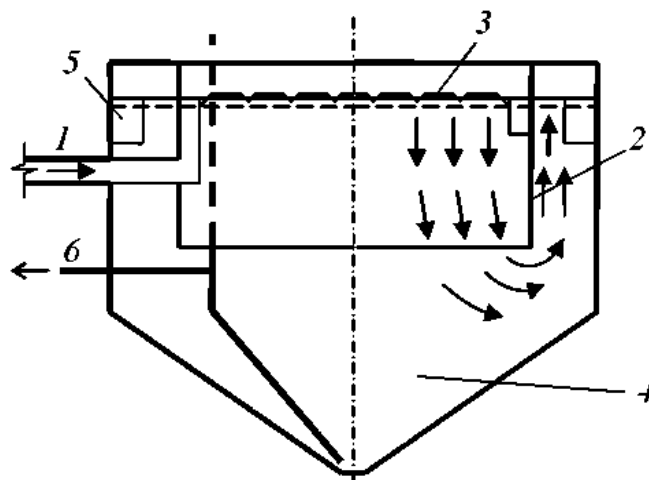


Рисунок 7.6 – Вертикальний відстійник з нисхідно-висхідним потоком рідини

1 – трубопровід подачі стічної води на освітлення; 2 – кільцева перегородка; 3 – зубчастий водозлив; 4 – осадова частина; 5 – периферійний збірний лоток; 6 – видалення осаду

Перевагами вертикальних відстійників є простота конструкції і зручність в експлуатації, недоліком – велика глибина споруди.

Радіальні відстійники мають круглу в плані форму резервуарів, в яких стічна вода подається в центр відстійника і рухається радіально від центра до периферії. Швидкість змінюється від максимуму в центрі до мінімального значення на периферії. Осад, що випадає, переміщується в муловий приямок шкребками, які розташовані на обертовій фермі. Частота обертання ферми з мулошкребками становить 2-3 години⁻¹.

Діаметр типових радіальних відстійників складає 18-50 м. Вони використовуються на очисних станціях продуктивністю понад 20 тис. м³/добу. Ефективність освітлення досягає 50-55%. До переваг радіальних відстійників

відноситься простота експлуатації і низька питома матеріалоемність, до недоліків – зменшення коефіцієнта об'ємного використання через високі градієнти швидкості в центральній частині.

Більш досконалішими є радіальні відстійники з обертним збірно-розподільчим пристроєм (рис. 7.7).

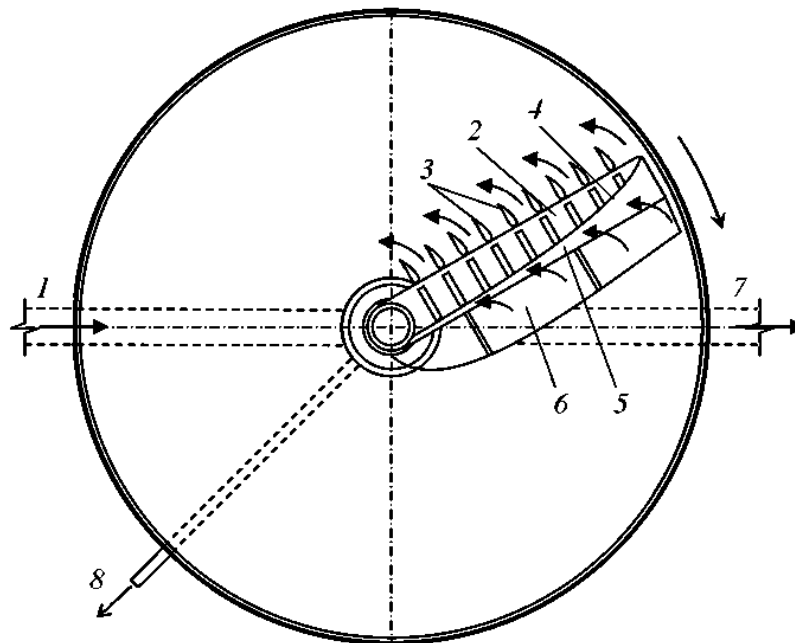


Рисунок 7.7 – Радіальний відстійник з обертним збірно-розподільчим пристроєм

1 – подача стічної води; 2 – щілинне днище; 3 – струмененапрямні лопатки; 4 – подовжня перегородка; 5 – водозбірний лоток; 6 – направляючий козирок; 7 – відвід освітленої води; 8 – видалення осаду

У відстійниках з обертними водорозподільчими та водозбірними пристроями основна маса води знаходиться в стані спокою. Подача вихідної води та відвід освітленої відбуваються за допомогою вільнообертового жолоба, який розділено перегородкою на дві частини. З внутрішньої сторони лоток обмежено перегородкою, знизу – щілинним днищем, а зовні – розподільчими ґратами з вертикальними щілинами, що мають струмененапрямні лопатки.

Обертання жолоба відбувається під дією реактивної сили води, що витікає, причому в багатьох випадках цієї сили достатньо не тільки для обертання власне лотка, але й скребкової ферми.

Діаметри типових відстійників з обертним збірно-розподільчим пристроєм становлять 18 і 24 м.

Продуктивність і ефективність освітлення стічних вод у різних типах відстійників наведено в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Продуктивність і ефективність освітлення стічних вод у різних типах відстійників

Тип відстійника	Продуктивність відстійника, тис. м ³ /добу	Ефективність освітлення, %
Горизонтальний	15-100	50-60
Вертикальний		40
Вертикальний з нисхідно-висхідним потоком води	2-20	60-65
Радіальний		50-55
Радіальний з обертовим збірно-розподільчим пристроєм	більш 20	80
Тонкошарові	-	65

На підставі даних табл. 7.1 можна зробити висновок, що найбільш доцільно для очищення стічних вод від завислих речовин застосовувати вертикальні відстійники з нисхідно-висхідним потоком води (при невеликих витратах стічних вод, що подаються на очищення) і радіальні з обертовим збірно-розподільчим пристроєм.

Розрахункові параметри первинних відстійників наведено в табл. Д.5 Додатка Д.

Порядок розрахунку відстійників

1. Розрахунок вертикального відстійника з нисхідно-висхідним потоком рідини

Для даного типу відстійників рекомендуються наступні параметри:

- коефіцієнт використання об'єму $K_{set}=0,65$;
- робоча глибина відстійної частини $H_p=2,7-3,8$ м;
- швидкість робочого потоку $v=2u_0-3u_0$ мм/с;
- стандартний діаметр відстійника $D_0=4,5$; 6 або 9 м;
- ефективність освітлення стічних вод $E=60-65\%$.

1. Гідравлічна крупність частинок завислих речовин, що відповідає ефективності відстоювання $E=65\%$, визначається за формулою:

$$u_0 = \frac{1000 \cdot H_p \cdot K_{set}}{t_{відст} \cdot \left(\frac{H_p \cdot K_{set}}{h_1} \right)^n}, \text{ мм/с}, \quad (29)$$

$t_{відст}$ – тривалість відстоювання, в секундах, що відповідає заданому ефекту очищення та початковій концентрації завислих речовин в стічних водах і отримана в лабораторному циліндрі в шарі $h_1=0,5$ м. Величини $t_{відст}$ в залежності від ефекту очищення при різних концентраціях завислих речовин в стічній воді наведено в табл. 7.2;

Таблиця 7.2 – Тривалість відстоювання стічних вод в циліндрі висотою $h_I=0,5$ м в залежності від ефекту освітлення

Ефект освітлення $E, \%$	Тривалість відстоювання дрібнодисперсних мінеральних частинок зависі, секунди, при їх початковій концентрації, мг/л			
	500	1000	2000	3000
20	150	140	100	40
30	180	150	120	50
40	200	180	150	60
50	240	200	180	80
60	280	240	200	100
70	690	280	230	130
80	2230	690	570	370
90	-	2230	1470	1080
100	-	-	3600	1850

n – показник ступеня, що залежить від агломерації зависі в процесі осадження: для завислих частинок, що піддаються коагулюванню, $n=0,25$; для дрібнодисперсних мінеральних частинок – $n=0,4$; для структурних важких – $n=0,6$.

2. Приймається стандартний діаметр відстійника D_0 (4,5; 6 або 9 м).

3. Продуктивність одного відстійника визначається за формулою:

$$q_{set} = 1,41 \cdot K_{set} \cdot (D_0)^2 \cdot u_0, \text{ м}^3/\text{годину}, \quad (30)$$

u_0 , мм/с \rightarrow м/годину.

4. Кількість відстійників визначається за формулою:

$$N = \frac{q_{ГВ}}{q_{set}}, \text{ штуки}. \quad (31)$$

Отримане значення N округляється до максимально цілого числа. Кількість відстійників повинна бути не меншою двох.

5. Діаметр кільцевої перегородки визначається за формулою:

$$D_n = D_0 \cdot \sqrt{0,5}, \text{ м}. \quad (32)$$

Отримане значення D_n округляється до першого знака після коми.

6. Висота кільцевої перегородки визначається за формулою:

$$H_n = \frac{2 \cdot H_p}{3}, \text{ м}. \quad (33)$$

Отримане значення H_n округляється до першого знака після коми.

7. Загальна висота циліндричної частини відстійника визначається за формулою:

$$H_0 = H_p + h_{нейтр} + h_{борт}, \text{ м}, \quad (34)$$

$h_{нейтр}$ – висота нейтрального шару між низом відбивного щита й шаром осаду, яку рекомендується приймати $h_{нейтр}=0,3$ м;

$h_{борт}$ – висота борта відстійника, яку рекомендується приймати $h_{борт}=0,3-0,5$ м.

8. Висота конусної частини відстійника визначається за формулою:

$$h_k = \frac{D_0 - d}{2 \cdot \operatorname{tg}(90 - \alpha)}, \text{ м}, \quad (35)$$

α – кут нахилу стінок конусної (осадової) частини вертикального відстійника до горизонту, який рекомендується приймати $\alpha=50-55^\circ$;

d – діаметр нижньої частини конічного дна, що дорівнює діаметру труби для видалення осаду з відстійника ($d=150-200$ мм; мм \rightarrow м).

Отримане значення h_k округляється до першого знака після коми.

9. Загальна будівельна висота відстійника визначається за формулою:

$$H_{\text{буд}} = H_0 + h_k, \text{ м}. \quad (36)$$

10. Добова маса осаду, що затримується у відстійниках, визначається за формулою (12):

$$M_{\text{ос}} = \frac{Q_{\text{ГВ}} \cdot C_{\text{завись}} \cdot E}{10^6}, \text{ тонни/добу},$$

$C_{\text{завись}}$ – початковий вміст завислих речовин у стічній воді, мг/л;

E – ефективність освітлення води в даному типі відстійника, % (для вертикальних відстійників з нисхідно-висхідним потоком води приймаємо $E=65\%$). При розрахунку E , % \rightarrow в частку.

11. Об'єм осаду, що затримується у відстійниках за добу, визначається за формулою (13):

$$V_{\text{ос}} = \frac{100 \cdot M_{\text{ос}}}{\rho_{\text{ос}} \cdot (100 - X_{\text{ос}})}, \text{ м}^3/\text{добу},$$

$\rho_{\text{ос}}$ – щільність сирого осаду, що дорівнює $\rho_{\text{ос}}=1,0$ тonna/м³;

$X_{\text{ос}}$ – вологість осаду, яку рекомендується приймати $X_{\text{ос}}=94-96\%$.

12. Об'єм конусної частини відстійника визначається за формулою:

$$V_k = \frac{\pi}{3} \cdot h_k \cdot \left[\left(\frac{D_0}{2} \right)^2 + \left(\frac{d}{2} \right)^2 + \frac{D_0 \cdot d}{4} \right], \text{ м}^3. \quad (37)$$

13. Кількість вивантажень осаду з кожного відстійника за добу визначається за формулою:

$$n_{\text{виван}} = \frac{V_{\text{ос}}}{N \cdot V_k}, \text{ разів/добу}. \quad (38)$$

14. Періодичність вивантаження осаду з одного відстійника визначається за формулою:

$$T_{\text{виван}} = \frac{1}{n_{\text{виван}}}, \text{ діб}. \quad (39)$$

Таким чином, отримуємо, що осад з відстійника необхідно вивантажувати 1 раз за ____ діб.

II. Розрахунок радіальних відстійників з обортовим збірно-розподільчим пристроєм

Для даного типу відстійників рекомендуються наступні параметри:

- коефіцієнт використання об'єму $K_{set}=0,85$;
- робоча глибина відстійної частини $H_p=0,8-1,2$ м;
- стандартний діаметр відстійника $D_0=18$ або 24 м;
- ефективність освітлення стічних вод $E=80\%$.

1. Гідравлічна крупність частинок завислих речовин, що відповідає ефективності відстоювання 80% визначається за формулою (29):

$$u_0 = \frac{1000 \cdot H_p \cdot K_{set}}{t_{відст} \cdot \left(\frac{H_p \cdot K_{set}}{h_1} \right)^n}, \text{ мм/с.}$$

2. Приймається стандартний діаметр відстійника D_0 (18 або 24 м).

3. Продуктивність одного відстійника визначається за формулою:

$$q_{set} = 2,8 \cdot K_{set} \cdot (D_0^2 - d_{ен}^2) \cdot (u_0 - v_{mc}), \text{ м}^3/\text{годину}, \quad (40)$$

v_{mc} – турбулентна складова, що дорівнює $v_{mc}=0$ мм/с;

$d_{ен}$ – діаметр впускної труби, що дорівнює $d_{ен}=1$ м;

u_0 , мм/с \rightarrow м/годину.

4. Кількість відстійників визначається за формулою (31):

$$N = \frac{q_{ГВ}}{q_{set}}, \text{ штуки.}$$

Отримане значення N округляється до максимально цілого числа. Кількість відстійників повинна бути не меншою двох.

5. Для відстійника даного типу визначається форма перегородки, що розділяє водорозподільчий і водоприймальний лотки. Форма цієї перегородки може бути виражена через наступні параметри, що змінюються:

- ширину водорозподільчого лотка (b , м), яка визначається за формулою:

$$b = m \cdot \sqrt{(R_l)^2 - (l_l)^2}, \text{ м}, \quad (41)$$

m – відношення ширини водорозподільчого жолоба на його початку до радіусу відстійника, яке рекомендується приймати $m=0,11-0,12$;

R_l – радіус водорозподільчого лотка, що визначається за формулою:

$$R_l = \frac{D_0}{2} - b_3, \text{ м}, \quad (42)$$

b_3 – зазор між стінкою відстійника та фермою, який рекомендується приймати $b_3=0,1-0,15$ м;

l_l – віддалення розрахункового створу лотка від центра відстійника

(величиною l_l задаються в межах від $\frac{d_{ен}}{2}$ до R_l).

- висоту водозливу ($h_{вз}$, м) за довжиною водоприймального лотка, яка залежить від змін за радіусом витрат води, що видаляється з відстійника.

Висота водозливу в міру віддалення від центра відстійника розраховується за формулою затопленого водозливу з тонкою стінкою:

$$h_{\text{вз}} = 1,24 \cdot \left(\frac{q_{\text{set}}}{3600 \cdot (R_0)^2} \cdot l_{\text{л}} \right)^{2/3}, \text{ м}, \quad (43)$$

R_0 – стандартний радіус обраного відстійника, м.

Отримані значення b , $R_{\text{л}}$ і $h_{\text{вз}}$ округляються до першого знака після коми.

Результати розрахунку ширини водорозподільчого лотка (b , м) та висоти водозливу ($h_{\text{вз}}$, м), задаючись величиною віддалення розрахункового створу лотка $l_{\text{л}}$ через 1 м, наводять в таблиці:

$l_{\text{л}}$, м	0	1	2	3	4	5	...
b , м							
$h_{\text{вз}}$, м							

Примітки: Рядок $l_{\text{л}}$ заповнюється величинами від $\frac{d_{\text{вн}}}{2}$ до $R_{\text{л}}$.

6. Кількість струмино-направляючих лопаток ($N_{\text{л}}$) визначається при дотриманні наступного співвідношення:

$$2 \cdot r_{\text{л}} \cdot (2 \cdot N_{\text{л}} + 1) = R_{\text{л}}, \quad (44)$$

величину $r_{\text{л}}$ рекомендується приймати в діапазоні 0,1-0,125 м.

$$\text{Звідси, } N_{\text{л}} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{R_{\text{л}}}{2 \cdot r_{\text{л}}} - 1 \right), \text{ штуки.}$$

Число лопаток не слід приймати більшим, ніж 24 штуки.

7. Повна глибина відстійника визначається за формулою:

$$H_{\text{повн}} = H_{\text{р}} + h_{\text{з}} + h_{\text{мул}}, \text{ м}, \quad (45)$$

$h_{\text{з}}$ – висота захисного (нейтрального) шару, що попереджає взмучування осаду, який випав на дно відстійника, яку рекомендується приймати $h_{\text{з}}=0,5-0,7$ м;

$h_{\text{мул}}$ – висота мулової частини відстійника, що дорівнює $h_{\text{мул}}=0,5$ м.

8. Період обертання збірно-розподільчого пристрою, що залежить від необхідного ступеня очищення, визначається за формулою:

$$T = \frac{1000 \cdot H_{\text{р}} \cdot K_{\text{set}}}{u_0}, \text{ секунди} \rightarrow \text{хвилини.} \quad (46)$$

9. Швидкість обертання збірно-розподільчого пристрою визначається за формулою:

$$v_{\text{оберт}} = \frac{1}{T}, \text{ обертів/хвилину.} \quad (47)$$

10. Добова маса осаду, що затримується у відстійниках, визначається за формулою (12):

$$M_{oc} = \frac{Q_{ГВ} \cdot C_{завись} \cdot E}{10^6}, \text{ тонни/добу.}$$

Для радіальних відстійників з обертовим збірно-розподільчим пристроєм приймаємо величину $E=80\%$. При розрахунку $E, \% \rightarrow$ в частку.

11. Об'єм осаду, що затримується у відстійниках за добу, визначається за формулою (13):

$$V_{oc} = \frac{100 \cdot M_{oc}}{\rho_{oc} \cdot (100 - X_{oc})}, \text{ м}^3/\text{добу,}$$

$$\rho_{oc}=1,0 \text{ тонна/м}^3;$$

$$X_{oc}=94-96\%.$$

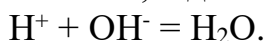
7.3. Обладнання для хімічного очищення промислових стічних вод

Характеристика процесу хімічного очищення промислових стічних вод

Виробничі стічні води від технологічних процесів багатьох галузей промисловості містять луги й кислоти, а також солі важких металів. Для попередження корозії матеріалів очисних споруд і трубопроводів, порушення біохімічних процесів у водоймах, а також для осадження зі стічних вод солей важких металів кислі й лужні стоки піддають нейтралізації.

Практично нейтральними вважаються води, що мають $pH=6,5-8,5$. Отже, нейтралізувати слід стічні води з pH меншим 6,5 і більшим 8,5. За умови скиду промислових стічних вод у водойми або міську каналізацію впливає, що найбільшу небезпеку становлять кислі стоки, які зустрічаються, до того ж, значно частіше, ніж лужні (кількість стічних вод з $pH>8,5$ незначна).

Реакція нейтралізації – це хімічна реакція між речовинами, які мають властивості кислоти та луги, що призводить до втрати характерних властивостей обох сполук. Найбільш типова реакція нейтралізації у водних розчинах відбувається між гідратованими іонами водню й іонами гідроксиду, що містяться, відповідно, в сильних кислотах і лугах:



Як наслідок, концентрація кожного з цих іонів дорівнює тієї, що властива самій воді, тобто активна реакція водного середовища наближається до $pH=7$.

Застосовують наступні способи нейтралізації:

- взаємна нейтралізація кислих і лужних стічних вод (нейтралізація змішуванням);
- нейтралізація шляхом додавання реагентів;
- фільтрування через нейтралізуючі матеріали;
- нейтралізація кислими димовими газами.

Вибір методу нейтралізації залежить від багатьох факторів, наприклад, виду й концентрації кислот, що забруднюють виробничі стічні води; витрат і режиму надходження відпрацьованих вод на нейтралізацію; наявності й вартості реагентів; місцевих умов тощо.

Якщо на промисловому підприємстві є тільки кислі або лужні води, або неможливо забезпечити їхню взаємну нейтралізацію, застосовується реагентний метод нейтралізації, схему якого наведено на рис. 7.8.

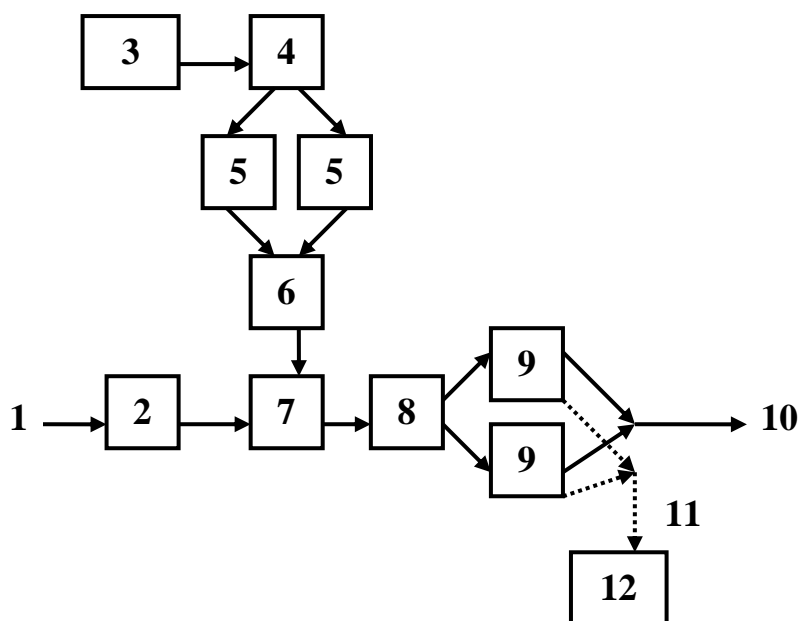


Рисунок 7.8 – Технологічна схема установки по нейтралізації відпрацьованих травильних розчинів

1 – подача відпрацьованих травильних розчинів; 2 – приймальний резервуар; 3 – склад вапна; 4 – приміщення для гашення вапна; 5 – розчинні баки; 6 – дозатор; 7 – змішувач; 8 – камера нейтралізації; 9 – відстійники; 10 – нейтралізований стік; 11 – осад; 12 – шламові площадки

Цей метод найбільш широко використовується для нейтралізації кислих стічних вод. Вибір реагенту залежить від виду кислот, їхньої концентрації, розчинності солей, що утворюються внаслідок хімічної реакції.

Стічні води найбільш часто забруднені мінеральними кислотами: сірчаною H_2SO_4 , азотною HNO_3 , соляною HCl , а також їх сумішами.

Для нейтралізації кислих вод можуть бути використані $NaOH$, KOH , Na_2CO_3 , NH_4OH (аміачна вода), $CaCO_3$, $MgCO_3$, цемент, доломіт ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$).

Найбільше застосування для нейтралізації стічних вод одержали гашене й негашене вапно. Перевагами вапна є невисока вартість і менша мінералізація води при нейтралізації сірчаної, сірчистої, фосфорної і вугільної кислот. Однак утворення осаду при нейтралізації обумовлює необхідність будівництва пристроїв для освітлення нейтралізованої води.

Найбільш часто застосовують гашене вапно у вигляді вапняного молока, а при продуктивності нейтралізаційних установок більш 5 тонн/добу (за вапном) доцільно застосування сухого методу дозування вапна.

Для одержання вапняного молока використовують комове (бажано без інертних добавок) або порошкоподібне будівельне вапно.

Тривалість процесу нейтралізації стічних вод залежить від їхнього складу, виду застосовуваного нейтралізуючого агента, температури та інше. При використанні їдкою натру нейтралізація протікає практично миттєво за будь-якою температурою.

Час перебування води в камері нейтралізації при використанні вапняного молока становить 5-30 хвилин в залежності від наявності у воді солей важких металів та інших домішок. При нейтралізації сильних кислот (HCl, HNO₃) час нейтралізації не перевищує 5 хвилин. Зі збільшенням інтенсивності перемішування або при використанні аерації, а також з підвищенням температури тривалість контакту зменшується.

Якщо нейтралізуючими агентами служать, наприклад, вапняк, доломіт, карбідний шлам ацетиленових станцій, час їхнього контакту з водою варто збільшувати до 1-3 годин. Тривалість перебування води в камері нейтралізації визначається експериментально в кожному конкретному випадку.

При нейтралізації стічних вод, що містять сірчану кислоту, вапняним молоком в осад випадає гіпс CaSO₄·2H₂O. Розчинність гіпсу мало змінюється з температурою. При переміщенні таких розчинів відбувається відкладення гіпсу на стінках трубопроводів та їхнє забивання. Для усунення забивання трубопроводів необхідно промивати їх чистою водою або додавати в стічні води спеціальні пом'якшувачі. Збільшення швидкості руху нейтралізованих вод сприяє зменшенню відкладень гіпсу на стінках трубопроводу.

Порядок розрахунку станції нейтралізації промислових стічних вод

I. Розрахунок кількості реагентів для нейтралізації промислових стічних вод

1. Необхідна доза реагенту для нейтралізації стічних вод визначається за формулою:

$$D_p = a \cdot A + b_1 \cdot C_1 + b_2 \cdot C_2 + \dots + b_n \cdot C_n, \text{ кг/м}^3, \quad (48)$$

A – масова концентрація кислоти (лугу), що міститься в стічних водах, г/л або кг/м³; виходячи з вихідних даних, приймаємо, що $A = C_{H_2SO_4}$ (кг/м³);

C_1, C_2, \dots, C_n – масова концентрація металів, що містяться в стічних водах, г/л або кг/м³; виходячи з вихідних даних, приймаємо, що $C_1 = C_{FeSO_4}$ (кг/м³),

$C_2 = C_{ZnSO_4}$ (кг/м³), $C_3 = C_{CuSO_4}$ (кг/м³);

a – витрати реагенту (лугу або кислоти) для нейтралізації (кислоти або лугу), кг/кг, що визначаються за табл. 7.3;

Таблиця 7.3 – Витрати реагентів, кг/кг, для нейтралізації 100%-вих кислот та лугів

Луги	Кислоти			
	сірчана	соляна	азотна	оцтова
Вапно:				
- негашене (CaO)	$\frac{0,56}{1,79}$	$\frac{0,77}{1,3}$	$\frac{0,46}{2,2}$	$\frac{0,47}{2,15}$
- гашене (Ca(OH) ₂)	$\frac{0,76}{1,32}$	$\frac{1,01}{0,99}$	$\frac{0,59}{1,7}$	$\frac{0,62}{1,62}$
Сода:				
- кальцинована	$\frac{1,08}{0,93}$	$\frac{1,45}{0,69}$	$\frac{0,84}{1,19}$	$\frac{0,88}{1,14}$
- каустична	$\frac{0,82}{1,22}$	$\frac{1,1}{0,91}$	$\frac{0,64}{1,57}$	$\frac{0,67}{1,5}$
Аміак	$\frac{0,35}{2,88}$	$\frac{0,47}{2,12}$	$\frac{0,27}{3,71}$	-

Примітка: в чисельнику вказано витрати лугу, в знаменнику – кислоти.

b_1, b_2, \dots, b_n – витрати реагентів, необхідних для переведення металів, що містяться в стічних водах, з розчинного стану в осад, кг/кг, які визначаються за формулою:

$$b_i = b_0 \cdot \frac{[Me]}{[Me^+]}, \quad (49)$$

$[Me]$ – молекулярна маса металу (Fe, Zn, Cu), г/моль;

$[Me^+]$ – молекулярна маса солі металу (FeSO₄, ZnSO₄, CuSO₄), г/моль;

b_0 – витрати реагенту, кг/кг, необхідного для видалення металів, що визначаються за табл. 7.4.

Таблиця 7.4 – Витрати реагентів, кг/кг, необхідних для видалення металів

Метал	Реагент			
	CaO	Ca(OH) ₂	Na ₂ CO ₃	NaOH
Zn	0,85	1,13	1,6	1,22
Ni	0,95	1,26	1,8	1,36
Cu	0,88	1,16	1,66	1,26
Fe	1,0	1,32	1,9	1,43
Pb	0,27	0,36	0,51	0,38

2. Витрати реагентів для нейтралізації стічних вод визначаються за формулою:

$$G = k_3 \cdot \frac{100}{B} \cdot Q_{ТВ} \cdot D_P, \text{ кг/добу} \rightarrow \text{тонни/добу}, \quad (50)$$

k_3 – коефіцієнт запасу витрат реагенту, в порівнянні з теоретичним, що дорівнює для вапняного молока 1,1, для вапняного тіста та сухого вапна – 1,5;

B – кількість активної частини в товарному продукті, %. Згідно ДСТУ вапно повинно містити 67% (I сорт), 55% (II сорт) або 50% (III сорт) активного окису кальцію.

II. Обладнання для приготування, збереження та дозування вапняного молока на станціях нейтралізації

Характеристика обладнання реагентного господарства

Вапно характеризується низькою розчинністю у воді, що складає при температурі води 20 °С тільки 1,23 г/л. Внаслідок цього, приготування розчину вапна доцільно лише при витратах її не більш 0,25 тонни/добу, тому що інакше буде потрібна апаратура дуже великих розмірів.

У більшості випадків, коли витрати вапна перевищують 0,25 тонни/добу, практикується приготування вапняного молока, тобто суспензії, а не розчину.

Вапно на станцію поставляється у вигляді негашеного вапна. Для гасіння вапна використовують вапногасильні апарати. При витратах вапна більш 30 тонн/добу рекомендується для гасіння використовувати барабанні кульові млини. Отриманий після гасіння розчин подається в баки-сховища, де відбувається його збереження у вигляді вапняного тіста концентрацією 35-40%. Далі воно надходить у витратні баки, де розбавляється й готується вапняне молоко, концентрацією 5% за CaO або розчин концентрацією до 1,4 г/л. У баках передбачають гідравлічне перемішування стисненим повітрям або за допомогою лопатевих мішалок.

Схема обладнання для приготування, мокрого збереження та дозування при надходженні на станцію комового негашеного вапна наведена на рис. 7.9.

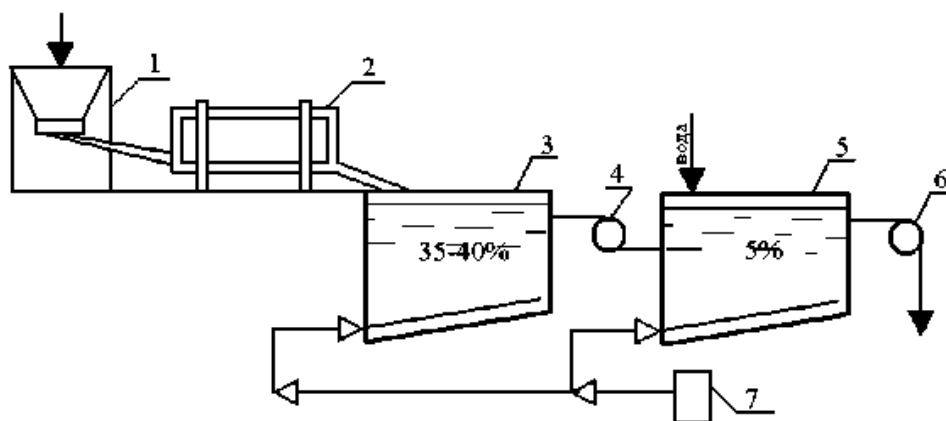


Рисунок 7.9 – Схема приготування, збереження та дозування вапняного молока

1 – контейнер для вапна; 2 – вапногасилка; 3 – бак-сховище; 4 – насос для перекачування вапняного тіста; 5 – витратний бак; 6 – насос-дозатор вапняного молока в оброблювану воду; 7 – повітродувки

Порядок розрахунку схеми приготування, збереження та дозування вапняного молока.

1. Продуктивність вапногасильних апаратів визначається за формулою:

$$P_B = \frac{G \cdot K_{перерва}}{T_B}, \text{ тонни/годину,} \quad (51)$$

$K_{перерва}$ – коефіцієнт, що враховує перерви в роботі вапногасильних апаратів, який рекомендується приймати $K_{перерва}=3-4$.

Марку вапногасильного апарату обирають в залежності від отриманої величини його продуктивності (P_B) за табл. Д.6 Додатка Д.

Кількість вапногасильних апаратів повинна бути не меншою двох.

2. Площа складу для збереження вапна визначається за формулою:

$$F_{склад} = \frac{G \cdot T_{збереження} \cdot \delta}{\gamma_{вапно} \cdot h_{вапно}}, \text{ м}^2, \quad (52)$$

$T_{збереження}$ – тривалість збереження вапна на складі, яку рекомендується приймати в діапазоні $T_{збереження}=15-30$ діб;

δ – коефіцієнт, що враховує додаткові площі проходів на складі, що дорівнює $\delta=1,15$;

$\gamma_{вапно}$ – об'ємна вага вапна при завантаженні складу навалом, що дорівнює $\gamma_{вапно}=1$ тонна/м³;

$h_{вапно}$ – допустима висота шару вапна на складі, що дорівнює $h_{вапно}=1,5$ м.

В залежності від отриманого значення площі приймають розміри складу в плані (для складу прямокутної форми – довжину й ширину, для квадратної – довжину сторони).

3. Об'єм баків-сховищ визначається з розрахунку 3,5-5 м³ на 1 тону товарного вапна.

Приймаючи об'єм баків-сховищ (3,5-5 м³), визначається об'єм баків, в яких знаходиться 30-денний запас розчину, за формулою:

$$W_{CX} = (3,5 - 5) \cdot G_M, \text{ м}^3, \quad (53)$$

G_M – запас вапна на очисних спорудах, що визначається за формулою:

$$G_M = G \cdot 30, \text{ тонни/місяць.}$$

4. Приймається кількість баків-сховищ (N_{CX}) та визначаються розміри одного бака.

Кількість баків-сховищ повинна бути не меншою трьох. (Кількість баків приймається з розрахунку, що місткість 1 бака наближається до 100 м³).

Об'єм одного бака-сховища визначається за формулою:

$$W_{CX}^1 = \frac{W_{CX}}{N_{CX}}, \text{ м}^3. \quad (54)$$

Площа перетину одного бака-сховища визначається за формулою:

$$F_{CX}^1 = \frac{W_{CX}^1}{H_{CX}^p}, \text{ м}^2, \quad (55)$$

H_{CX}^p – робоча висота бака-сховища, яку рекомендується приймати

$$H_{CX}^p = 1,5-2,5 \text{ м.}$$

Визначаються розміри одного бака-сховища:

- якщо баки-сховища виконуються циліндричної форми в плані, тоді діаметр одного бака визначається за формулою:

$$D_{CX}^1 = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{CX}^1}{\pi}}, \text{ м.} \quad (56)$$

Отримане значення D_{CX}^1 округляється до першого знака після коми.

- якщо баки-сховища виконуються квадратної форми в плані, тоді сторона одного бака визначається за формулою:

$$B_{CX}^1 = \sqrt{F_{CX}^1}, \text{ м.} \quad (57)$$

Отримане значення B_{CX}^1 округляється до першого знака після коми.

Висота бака-сховища з врахуванням будівельного запасу визначається за формулою:

$$H_{CX} = H_{CX}^p + h_{\text{борт}}, \text{ м,} \quad (58)$$

$h_{\text{борт}}$ – висота борта бака-сховища, яку рекомендується приймати $h_{\text{борт}}=0,3-0,5$ м.

5. Об'єм витратних баків вапняного молока визначається за формулою:

$$W_{\text{випр}} = \frac{D_P \cdot q_{TB} \cdot T_{BM}}{10 \cdot Z \cdot \gamma_{BM}}, \text{ м}^3, \quad (59)$$

T_{BM} – час збереження вапняного молока, який рекомендується приймати в діапазоні $T_{BM}=12-16$ годин;

Z – частка вапняного молока в активній частині CaO, що дорівнює $Z=5\%$;

γ_{BM} – питома вага розчину вапняного молока, що дорівнює $\gamma_{BM}=1$ т/м³.

6. Приймається кількість витратних баків ($N_{\text{випр}}$) та визначаються розміри одного бака.

Кількість витратних баків повинна бути не меншою, ніж два. (Кількість баків приймається з розрахунку, що місткість 1 бака наближається до 100 м³).

Об'єм одного витратного бака визначається за формулою:

$$W_{\text{випр}}^1 = \frac{W_{\text{випр}}}{N_{\text{випр}}}, \text{ м}^3. \quad (60)$$

Площа перетину одного витратного бака визначається за формулою:

$$F_{\text{випр}}^1 = \frac{W_{\text{випр}}^1}{H_{\text{випр}}^p}, \text{ м}^2, \quad (61)$$

$H_{\text{випр}}^p$ – робоча висота витратного бака, яку рекомендується приймати

$$H_{\text{випр}}^p = 1,5-2,5 \text{ м.}$$

Визначаються розміри одного витратного бака:

- якщо витратні баки виконуються циліндричної форми в плані, тоді діаметр одного бака визначається за формулою:

$$D_{внтр}^1 = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{внтр}^1}{\pi}}, \text{ м.} \quad (62)$$

Отримане значення $D_{внтр}^1$ округляється до першого знака після коми.

- якщо витратні баки виконуються квадратної форми в плані, тоді сторона одного бака визначається за формулою:

$$B_{внтр}^1 = \sqrt{F_{внтр}^1}, \text{ м.} \quad (63)$$

Отримане значення $B_{внтр}^1$ округляється до першого знака після коми.

Висота витратного бака з врахуванням будівельного запасу визначається за формулою:

$$H_{внтр} = H_{внтр}^p + h_{борт}, \text{ м,} \quad (64)$$

$h_{борт}$ – висота борта витратного бака, яку рекомендується приймати $h_{борт}=0,3-0,5$ м.

7. Для підтримки частинок вапна в завислому стані, у витратних баках передбачають гідравлічні або лопатеві мішалки. Виходячи з об'єму одного витратного бака ($W_{внтр}^1$, м³) за табл. Д.7 Додатка Д підбирається марка та кількість мішалок.

Для гідравлічної мішалки визначаються необхідні витрати повітря і за табл. Д.8 Додатка Д приймаються марка та кількість повітродувок.

Витрати повітря для баків-сховищ визначаються за формулою:

$$Q_{сх} = N_{сх} \cdot F_{сх}^1 \cdot w, \text{ л/с} \rightarrow \text{м}^3/\text{с} \rightarrow \text{м}^3/\text{хвилину}, \quad (65)$$

w – інтенсивність подачі повітря (для розчинення $w=8-10$ л/с·м²; для розбавлення $w=3-5$ л/с·м²).

За табл. Д.8 Додатка Д приймається кількість повітродувок обраної марки, виходячи з розрахункових витрат повітря для баків-сховищ.

Приймається $N_{пд} = \underline{\hspace{2cm}}$ повітродувок марки $\underline{\hspace{2cm}}$ з подачею повітря $Q_{повітря} = \underline{\hspace{2cm}}$ м³/хвилину.

Витрати повітря для витратних баків визначаються за формулою:

$$Q_{внтр} = N_{внтр} \cdot F_{внтр}^1 \cdot w, \text{ л/с} \rightarrow \text{м}^3/\text{с} \rightarrow \text{м}^3/\text{хвилину}. \quad (66)$$

За табл. Д.8 Додатка Д приймається кількість повітродувок обраної марки, виходячи з розрахункових витрат повітря для витратних баків.

Приймається $N_{пд} = \underline{\hspace{2cm}}$ повітродувок марки $\underline{\hspace{2cm}}$ з подачею повітря $Q_{повітря} = \underline{\hspace{2cm}}$ м³/хвилину.

8. Визначаються сумарні витрати води, що проходить через станцію нейтралізації.

Годинні витрати реагенту (вапняного молока) при перекачуванні розчину з баків-сховищ до витратних баків визначаються за формулою:

$$q_p^{CX} = \frac{100 \cdot q_{ТВ} \cdot D_p}{b_{розчин} \cdot \gamma_{вапно}}, \text{ м}^3/\text{годину}, \quad (67)$$

$b_{розчин}$ – концентрація вапняного розчину в баках-сховищах, яка повинна становити 35-40%;

$\gamma_{вапно}$, тонни/м³ → кг/м³.

Годинні витрати реагенту (вапняного молока) при перекачуванні розчину з витратних баків визначаються за формулою:

$$q_p^{випр} = \frac{100 \cdot q_{ТВ} \cdot D_p}{Z \cdot \gamma_{ВМ}}, \text{ м}^3/\text{годину}, \quad (68)$$

$\gamma_{ВМ}$, тонни/м³ → кг/м³.

Сумарні годинні витрати води, що проходить через станцію нейтралізації, визначаються за формулою:

$$q_{нейтр} = q_{ТВ} + q_p^{CX} + q_p^{випр}, \text{ м}^3/\text{годину}. \quad (69)$$

III. Обладнання для змішування стічних вод з реагентами

Характеристика змішувачів

Змішувачі служать для рівномірного розподілу реагентів у масі оброблюваної води, що сприяє більш ефективному протіканню наступних реакцій, які відбуваються в інших очисних апаратах. Змішування повинно бути швидким і здійснюватися протягом 1-2 хвилин.

У вітчизняній практиці застосовують наступні типи змішувачів: шайбові, вертикальні (вихрові), дірчасті, перегородчасті. Вибір відбувається з врахуванням повної продуктивності водоочисної станції, наявності умов для руху води самопливом з необхідною швидкістю, кількістю напірних трубопроводів, що підводять воду, та інше. Рекомендації для вибору конструкції змішувача наведено в табл. Д.9 Додатка Д.

Найбільш зручний спосіб введення розчину реагенту в напірний трубопровід досягається за допомогою шайбового змішувача. Шайбовий змішувач придатний до встановлення на водоочисних станціях практично будь-якої продуктивності.

Вертикальний (вихровий) змішувач може бути застосований на водоочисних станціях як середньої, так і великої продуктивності за умови, що на один змішувач будуть приходиться витрати води не більш 1200-1500 м³/годину. Таким чином, на станції продуктивністю 100 тис. м³/добу потрібно встановлювати 3-4 вертикальних змішувача.

Дірчасті змішувачі доцільно застосовувати на водоочисних станціях продуктивністю до 1000 м³/годину.

Перегородчасті змішувачі можуть бути застосовані на водоочисних станціях продуктивністю не більшою 500-600 м³/годину.

Необхідно відзначити, що на станціях, де вода обробляється вапняним молоком, застосування дірчастих і перегородчастих змішувачів не рекомендується. Швидкість руху води в змішувачах зазначених типів не

забезпечує підтримки частинок вапна в завислому стані, що призводить до їхнього осадження перед перегородками.

Для таких водоочисних станцій більш придатними є вертикальні (вихрові) змішувачі (рис. 7.10), тому що процес розчинення вапна відбувається в них значно повніше. Це пояснюється тим, що великі частинки знаходяться в нижній частині вертикального змішувача, де під дією підвищених швидкостей вони швидше розчиняються. Зменшуючись у розмірах, ці частинки виносяться водою у верхню частину змішувача і залишаються в ньому практично до свого остаточного розчинення у водному середовищі.

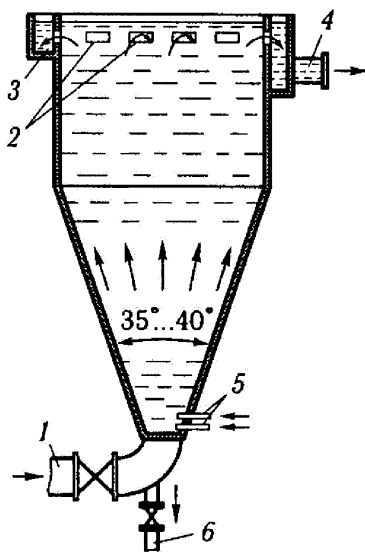


Рисунок 7.10 – Схема вертикального вихрового змішувача

- 1, 4 – відповідно, подача і відведення води; 2 – водозливні вікна;
3 – кільцевий збірний лоток; 5 – введення реагентів; 6 – спорожнення камери; 7 – перегородки; 8 – обвідний канал

Вертикальний змішувач являє собою круглий або квадратний в плані резервуар з конічною або пірамідальною нижньою частиною. Центральний кут між похилими стінками має складати 35-40°. Вода у вихровому змішувачі переміщується за рахунок зміни швидкості висхідного потоку при переході від вузької (нижньої) до широкої (верхньої) частини змішувача.

Реагенти вводять в нижню частину змішувача. Збирають воду у верхній частині змішувача в периферійний переливний жолоб або в затоплену лійку.

Рух частинок розчинної речовини у завислому стані в турбулентному висхідному потоці води забезпечує відносно повне їхнє розчинення. Найбільш великі часточки перебувають у нижній зоні підвищених швидкостей.

Вихрові змішувачі проектують на час перебування в них води протягом 1,5-2 хвилин, а при реагентному пом'якшенні – до 3 хвилин. Систему збірних відвідних труб або лотків розраховують за швидкістю руху води в них, яку приймають 0,6 м/с. Швидкість виходу води з підвідного трубопроводу приймають рівною 1-1,5 м/с, швидкість висхідного потоку води на рівні водозбірного пристрою змішувачів – 25 мм/с.

Висоту вертикальних стінок вихрового змішувача приймають не меншою 2-2,5 м. Змішану з реагентом воду відбирають через затоплені у воду на глибину 0,6-0,9 м отвори.

Порядок розрахунку вертикального (вихрового) змішувача

1. Площа горизонтального перетину верхньої частини змішувача визначається за формулою:

$$F_{\epsilon} = \frac{q_{нейтр}}{V_B}, \text{ м}^2, \quad (70)$$

V_B – швидкість висхідного потоку води, мм/с, яку рекомендується приймати в межах 30-40 мм/с або 108-144 м/годину.

Площу змішувача рекомендується приймати не більшою, ніж 20-25 м².

2. Задаючись формою змішувача в плані, визначаються його розміри:

- для змішувача круглого в плані (конічної форми) діаметр визначається за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\epsilon}}{\pi}}, \text{ м}. \quad (71)$$

Отримане значення D округляється до першого знака після коми.

- для змішувача квадратного в плані (пірамідальної форми) розмір сторони визначається за формулою:

$$b = \sqrt{F_{\epsilon}}, \text{ м}. \quad (72)$$

Отримане значення b округляється до першого знака після коми.

3. Уточнюється площа змішувача в плані:

- для змішувача конічної форми:

$$F_{\epsilon}' = \frac{\pi \cdot (D)^2}{4}, \text{ м}^2;$$

- для змішувача пірамідальної форми:

$$F_{\epsilon}' = b^2, \text{ м}^2.$$

4. Діаметр трубопроводу, що підводить воду до змішувача, визначається за формулою:

$$d_H = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{нейтр}}{\pi \cdot V_H}}, \text{ м}, \quad (73)$$

V_H – швидкість руху води в трубопроводі (нижній частині змішувача), яку рекомендується приймати $V_H=1,2-1,5$ м/с;

$q_{нейтр}$, м³/годину → м³/с.

Отримане значення d_H округляється до стандартного розміру діаметра.

5. Площа нижньої частини змішувача в місці примикання трубопроводу визначається, виходячи з зовнішнього діаметра трубопроводу, що підводить воду до змішувача ($d_H^{зовн}$):

$$d_H^{306H} = d_H + 2 \cdot \delta, \text{ м,}$$

$$\delta = 0,01 \text{ м.}$$

Звідси, площа нижньої частини змішувача конічної форми визначається за формулою:

$$F_H = \frac{\pi \cdot (d_H^{306H})^2}{4}, \text{ м}^2. \quad (74)$$

Площа нижньої частини змішувача пірамідальної форми визначається за формулою:

$$F_H = (d_H^{306H})^2, \text{ м}^2. \quad (75)$$

6. Висота нижньої частини змішувача визначається за формулами:

- для змішувача конічної форми:

$$h_H = \frac{D - d_H^{306H}}{2 \cdot \text{tg}(\alpha/2)}, \text{ м,} \quad (76)$$

α – центральний кут між похилими стінками змішувача, що повинен становити $\alpha = 35-40^\circ$.

Отримане значення h_H округляється до першого знака після коми;

- для змішувача пірамідальної форми:

$$h_H = \frac{b - d_H^{306H}}{2 \cdot \text{tg}(\alpha/2)}, \text{ м.} \quad (77)$$

Отримане значення h_H округляється до першого знака після коми.

7. Об'єм нижньої частини змішувача визначається за формулами:

- для змішувача конічної форми:

$$W_H = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h_H \cdot \left[\left(\frac{D}{2} \right)^2 + \left(\frac{d_H^{306H}}{2} \right)^2 + \frac{D}{2} \cdot \frac{d_H^{306H}}{2} \right], \text{ м}^3; \quad (78)$$

- для змішувача пірамідальної форми:

$$W_H = \frac{1}{3} \cdot h_H \cdot \left[F'_6 + F_H + \sqrt{F'_6 \cdot F_H} \right], \text{ м}^3. \quad (79)$$

8. Повний об'єм змішувача визначається за формулою:

$$W = \frac{q_{\text{нейтп}} \cdot t}{60}, \text{ м}^3, \quad (80)$$

t – тривалість перебування води в змішувачі, яку рекомендується приймати $t = 1-2$ хвилини.

9. Об'єм верхньої частини змішувача визначається за формулою:

$$W_B = W - W_H, \text{ м}^3. \quad (81)$$

10. Висота верхньої частини змішувача визначається за формулою:

$$h_B = \frac{W_B}{F'_6}, \text{ м.} \quad (82)$$

Отримане значення h_B округляється до першого знака після коми;

11. Повна висота змішувача визначається за формулою:

$$H_{повн} = h_H + h_B, \text{ м.} \quad (83)$$

12. Будівельна висота змішувача визначається за формулою:

$$H_{буд} = H_{повн} + h_{борт}, \text{ м,} \quad (84)$$

$h_{борт}$ – висота борта змішувача, яку рекомендується приймати $h_{борт}=0,3-0,5$ м.

IV. Розрахунок камери реакції (нейтралізатора)

Зі змішувача стічні води надходять у проточну камеру нейтралізації, місткість якої визначається, виходячи з тривалості процесу нейтралізації $t_{нейтр}=30$ хвилин, за формулою:

$$V_{нейтр} = q_{нейтр} \cdot t_{нейтр}, \text{ м}^3, \quad (85)$$

$t_{нейтр}$, хвилини \rightarrow години.

Приймаємо, що камера реактора-нейтралізатора має квадратну форму в плані.

Нехай глибина проточної частини нейтралізатора $H_{нейтр}$ дорівнює 2 м. Звідси, площа перетину апарата визначається за формулою:

$$F_{нейтр} = \frac{V_{нейтр}}{H_{нейтр}}, \text{ м}^2. \quad (86)$$

Довжина сторін реактора-нейтралізатора визначається за формулою:

$$B_{нейтр} = \sqrt{F_{нейтр}}, \text{ м.} \quad (87)$$

Отримане значення $B_{нейтр}$ округляється до першого знака після коми.

Будівельна глибина реактора-нейтралізатора визначається за формулою:

$$H_{буд} = H_{нейтр} + h_{борт}, \text{ м,} \quad (88)$$

$h_{борт}$ – висота борта нейтралізатора, яку рекомендується приймати $h_{борт}=0,3-0,5$ м.

Після нейтралізації промислові стічні води надходять у відстійники вертикального типу з тривалістю відстоювання не меншою 2 годин.

V. Обладнання для відстоювання стічних вод на станціях нейтралізації

Характеристика вертикального відстійника

Вертикальні відстійники рекомендується застосовувати на станціях реагентного очищення води з продуктивністю до 3000 м³/добу, а також у випадках, коли очисні споруди працюють неповну добу.

У вертикальних відстійниках (рис. 7.11) освітлювана вода рухається вертикально – знизу вгору. Відстійник являє собою круглий (іноді квадратний) у плані басейн із центральною циліндричною трубою і конічною (або пірамідальною) нижньою частиною. Центральна труба – це вбудована у відстійник камера утворення пластівців коловоротного типу. Вода подається до неї по трубі, проходить камеру зверху вниз і через гаситель надходить у нижню

частину зони осадження відстійника. Далі вода рухається вгору та відводиться через збірний жолоб і відповідну трубу. Осад, що накопичується в нижній конічній частині відстійника, періодично видаляється самопливом (під тиском стовпа води) при відкритті засувці на випускній трубі діаметром 150-200 мм.

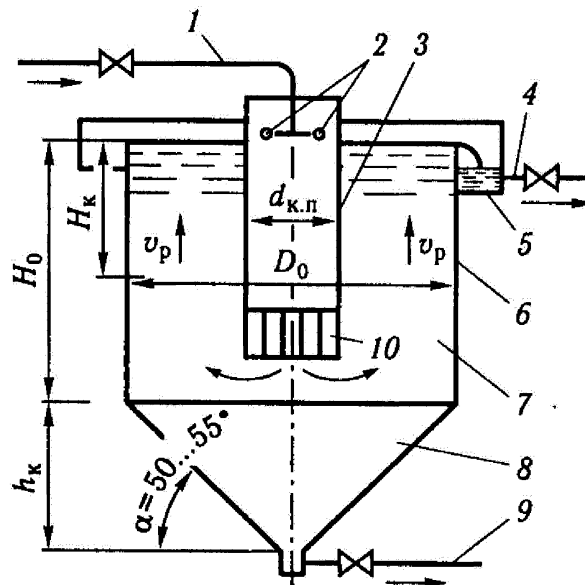


Рисунок 7.11 – Схема вертикального відстійника з центральним впуском води

- 1 – труба для підведення освітлюваної води від змішувача; 2 – сопла;
 3 – камера утворення пластівців; 4 – труба для відведення води з відстійника; 5 – кільцевий периферійний жолоб; 6 – корпус відстійника;
 7 – зона осадження осаду; 8 – зона накопичення та ущільнення осаду;
 9 – труба для відводу осаду; 10 – гасник

Висота зони осадження вертикальних відстійників H_{oc} визначається відповідно до висотної схеми споруд. Звичайно її приймають у межах 4-5 м. Висота коловоротної камери утворення пластівців залежить від висоти зони осадження вертикальних відстійників і становить 3,5-4,5 м.

Відношення діаметра вертикального відстійника до висоти зони осадження повинно бути $D_0/H_{oc}=1-1,5$.

Видалення осаду з вертикальних відстійників здійснюється без вимикання їх з роботи. Конічна (або пірамідальна) форма нижньої частини відстійника повинна забезпечувати сповзання осаду до відповідної труби. Для цього рекомендується приймати кут нахилу стінок конусної (осадової) частини відстійника до горизонту $\alpha=50-55^\circ$.

Порядок розрахунку вертикального відстійника з центральним впуском

Площа поперечного перетину вертикального відстійника складається з площі зони освітлення та площі камери утворення пластівців.

1. Розрахункова площа зони освітлення визначається за формулою:

$$F_{oc} = \beta \cdot \frac{q_{нейтр}}{3,6 \cdot V_p \cdot n_{роб}}, \text{ м}^2, \quad (89)$$

β – коефіцієнт, що враховує об'єм відстійника, який використовується; значення β рекомендується приймати в діапазоні 1,3-1,5 (нижня межа при відношенні діаметра до висоти відстійника $D_0/H_{oc}=1$, верхня – при $D_0/H_{oc}=1,5$);

V_p – розрахункова швидкість висхідного потоку води, мм/с. Середня швидкість висхідного потоку води становить 0,4-0,5 мм/с при ефективності відстоювання 40-50%. При відстоюванні гідроксидів заліза, алюмінію її приймають рівною 0,7 мм/с. При відстоюванні пластівців гідроксидів кольорових металів – 0,2 мм/с;

$n_{роб}$ – кількість робочих відстійників, яка приймається рівною не менш двох. Число відстійників залежить від конструктивного типу, діаметра одного відстійника та витрат стічної води, що подається на очищення. При кількості відстійників менш шести, слід передбачати один резервний.

2. Площа камери утворення пластівців визначається за формулою:

$$F_k = \frac{q_{нейтр} \cdot t_k}{60 \cdot H_k \cdot n_{роб}}, \text{ м}^2, \quad (90)$$

t_k – тривалість перебування стічних вод в камері утворення пластівців, яку рекомендується приймати в діапазоні $t_k=15-20$ хвилин;

H_k – висота камери утворення пластівців, яку рекомендується приймати в діапазоні $H_k=3,5-4$ м.

3. Загальна площа вертикального відстійника визначається за формулою:

$$F = F_{oc} + F_k, \text{ м}^2. \quad (91)$$

4. Діаметр вертикального відстійника визначається за формулою:

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}, \text{ м}. \quad (92)$$

Отримане значення D_0 округляється до максимально цілого числа.

5. Висота зони освітлення, яку приймають на 10% більшою за висоту камери утворення пластівців, визначається за формулою:

$$H_{oc} = 1,1 \cdot H_k, \text{ м}. \quad (93)$$

Отримане значення H_{oc} округляється до першого знака після коми.

6. Перевіряємо співвідношення діаметра відстійника до висоти зони освітлення:

$$\frac{D_0}{H_{oc}} = 1 - 1,5.$$

Якщо співвідношення не відповідає прийнятому (значення D_0/H_{oc} більш граничного), необхідно збільшити кількість робочих відстійників і провести розрахунок параметрів вертикального відстійника знову.

7. Тривалість відстоювання стічних вод у вертикальному відстійнику визначається за формулою:

$$t_e = \frac{H_{oc}}{3,6 \cdot V_p}, \text{ години.} \quad (94)$$

8. Внутрішній діаметр камери утворення пластівців визначається за формулою:

$$d_{kn} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_k}{\pi}}, \text{ м.} \quad (95)$$

Отримане значення d_{kn} округляється до стандартного розміру діаметра.

9. Діаметр і висота розтруба центральної труби відстійника визначаються за формулою:

$$d_p = h_p = 1,35 \cdot d_{kn}, \text{ м.} \quad (96)$$

Отримані значення d_p (h_p) округляються до першого знака після коми.

10. Діаметр відбивного щита визначається за формулою:

$$d_{вщ} = 1,3 \cdot d_p, \text{ м.} \quad (97)$$

Отримане значення $d_{вщ}$ округляється до першого знака після коми.

11. Висота відбивного щита визначається за формулою:

$$h_{вщ} = \frac{d_{вщ}}{2} \cdot \text{tg} \varphi, \text{ м,} \quad (98)$$

φ – кут нахилу поверхні відбивного щита до горизонту, що дорівнює $\varphi=17^\circ$.

Отримане значення $h_{вщ}$ округляється до першого знака після коми.

12. Загальна висота циліндричної частини вертикального відстійника визначається за формулою:

$$H_0 = H_{oc} + h_{щ} + h_{oc} + h_{борт}, \text{ м,} \quad (99)$$

$h_{щ}$ – висота щілини між нижньою кромкою центральної труби та поверхнею відбивного щита, яку рекомендується приймати в діапазоні $h_{щ}=0,25-0,5$ м;

h_{oc} – висота шару між низом відбивного щита і поверхнею осаду, що дорівнює $h_{oc}=0,3$ м;

$h_{борт}$ – висота борта вертикального відстійника, яку рекомендується приймати в діапазоні $h_{борт}=0,3-0,5$ м.

13. Висота конусної частини відстійника визначається за формулою (35):

$$h_k = \frac{D_0 - d}{2 \cdot \text{tg}(90 - \alpha)}, \text{ м.}$$

Отримане значення h_k округляється до першого знака після коми.

14. Загальна будівельна висота вертикального відстійника визначається за формулою (36):

$$H_{б\text{уд}} = H_0 + h_k, \text{ м.}$$

15. Об'єм конусної частини вертикального відстійника визначається за формулою (37):

$$V_{\kappa} = \frac{\pi}{3} \cdot h_{\kappa} \cdot \left[\left(\frac{D_0}{2} \right)^2 + \left(\frac{d}{2} \right)^2 + \frac{D_0 \cdot d}{4} \right], \text{ м}^3.$$

16. Кількість сухого осаду, що утворюється в процесі відстоювання, визначається за формулою:

$$M_{\text{сух}} = \frac{100 - B}{B} \cdot (A_1 + A_2) + A_3 + (E_1 + E_2 - 2), \text{ кг/м}^3, \quad (100)$$

A_1 – концентрація активної частини CaO, необхідної для осадження металів (заліза, цинку та ін.), кг/м³;

A_2 – концентрація активної частини CaO, необхідної для нейтралізації вільної сірчаної кислоти, кг/м³;

A_3 – концентрація гідроксидів металів (заліза, цинку та ін.), що утворюються, кг/м³;

E_1 – концентрація сульфату кальцію, що утворюється при осадженні металів (заліза, цинку та ін.), кг/м³;

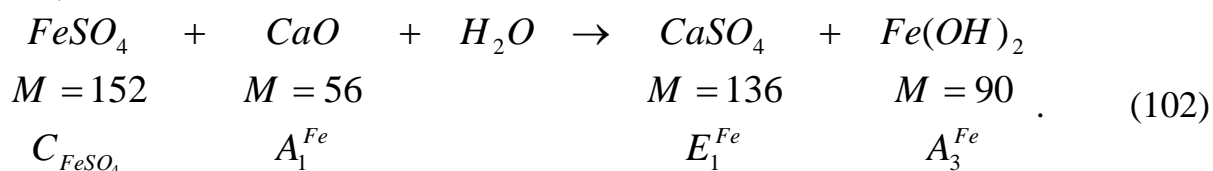
E_2 – концентрація сульфату кальцію, що утворюється при нейтралізації вільної сірчаної кислоти, кг/м³.

Третій член у даній формулі не враховується, якщо його значення від'ємне.

Значення A_1 – кількості активного вапна, необхідного для осадження заліза, цинку та інших металів, визначається за формулою:

$$A_1 = A_1^{Fe} + A_1^{Zn} + \dots + A_1^i, \text{ кг/м}^3. \quad (101)$$

Кількість активного вапна, необхідного для осадження заліза, знаходиться за реакцією:



$$\text{Звідси, } A_1^{Fe} = C_{FeSO_4} \cdot b_{Fe} \cdot \frac{M_{Fe}}{M_{FeSO_4}}, \text{ кг/м}^3,$$

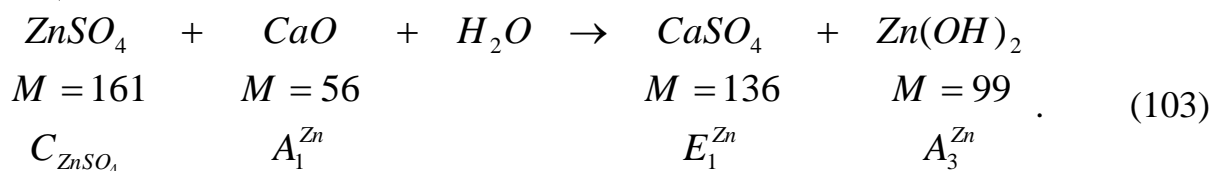
C_{FeSO_4} – масова концентрація сульфату заліза, що міститься в промислових стічних водах, яку наведено у вихідних даних, кг/м³;

b_{Fe} – витрати реагенту, необхідного для видалення заліза, кг/кг, що визначаються за табл. 7.4;

M_{Fe} – молекулярна маса заліза, г/моль;

M_{FeSO_4} – молекулярна маса сульфату заліза, г/моль.

Кількість активного вапна, необхідного для осадження цинку, знаходиться за реакцією:



$$\text{Звідси, } A_1^{\text{Zn}} = C_{\text{ZnSO}_4} \cdot b_{\text{Zn}} \cdot \frac{M_{\text{Zn}}}{M_{\text{ZnSO}_4}}, \text{ кг/м}^3,$$

C_{ZnSO_4} – масова концентрація сульфату цинку, що міститься в промислових стічних водах, яку наведено у вихідних даних, кг/м³;

b_{Zn} – витрати реагенту, необхідного для видалення цинку, кг/кг, що визначаються за табл. 7.4;

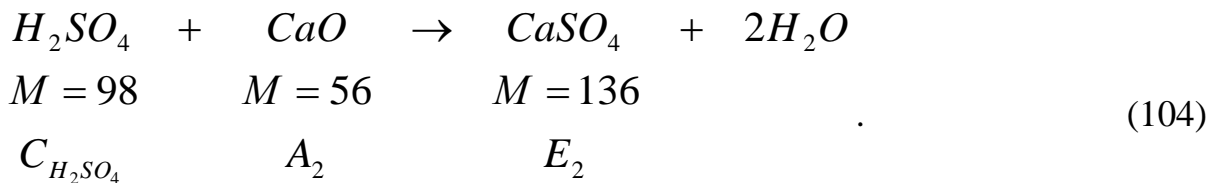
M_{Zn} – молекулярна маса цинку, г/моль;

M_{ZnSO_4} – молекулярна маса сульфату цинку, г/моль.

Аналогічним чином визначається кількість активного вапна, необхідного для осадження інших металів.

На підставі отриманих величин, за формулою (101) визначається значення $A_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ кг/м³.

Кількість активного вапна, необхідного для нейтралізації сірчаної кислоти, визначається за реакцією:



$$\text{Звідси, } A_2 = C_{H_2SO_4} \cdot a, \text{ кг/м}^3,$$

$C_{H_2SO_4}$ – масова концентрація сірчаної кислоти, що міститься в промислових стічних водах, яку наведено у вихідних даних, кг/м³;

a – витрати реагенту (CaO), необхідного для нейтралізації сірчаної кислоти, кг/кг, що визначаються за табл. 7.3.

Кількість гідроксидів заліза, цинку та інших металів, що утворюються, визначається за формулою:

$$A_3 = A_3^{\text{Fe}} + A_3^{\text{Zn}} + \dots + A_3^i, \text{ кг/м}^3. \quad (105)$$

Кількість гідроксиду заліза, що утворюється, визначається за допомогою реакції (102) за формулою:

$$A_3^{\text{Fe}} = C_{\text{FeSO}_4} \cdot \frac{M_{\text{Fe(OH)}_2}}{M_{\text{FeSO}_4}}, \text{ кг/м}^3,$$

$M_{\text{Fe(OH)}_2}$ – молекулярна маса гідроксиду заліза, г/моль.

Кількість гідроксиду цинку, що утворюється, визначається за допомогою реакції (103) за формулою:

$$A_3^{\text{Zn}} = C_{\text{ZnSO}_4} \cdot \frac{M_{\text{Zn(OH)}_2}}{M_{\text{ZnSO}_4}}, \text{ кг/м}^3,$$

$M_{Zn(OH)_2}$ – молекулярна маса гідроксиду цинку, г/моль.

Аналогічним чином визначається кількість гідроксидів інших металів, що утворюються.

На підставі отриманих величин, за формулою (105) визначається значення $A_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ кг/м³.

Кількість сульфату кальцію, що утворюється при осадженні заліза, цинку та інших металів, визначається за формулою:

$$E_1 = E_1^{Fe} + E_1^{Zn} + \dots + E_1^i, \text{ кг/м}^3. \quad (106)$$

Кількість сульфату кальцію, що утворюється при осадженні заліза, визначається за допомогою реакції (102) за формулою:

$$E_1^{Fe} = C_{FeSO_4} \cdot \frac{M_{CaSO_4}}{M_{FeSO_4}}, \text{ кг/м}^3,$$

M_{CaSO_4} – молекулярна маса сульфату кальцію, г/моль.

Кількість сульфату кальцію, що утворюється при осадженні цинку, визначаємо за допомогою реакції (103) за формулою:

$$E_1^{Zn} = C_{ZnSO_4} \cdot \frac{M_{CaSO_4}}{M_{ZnSO_4}}, \text{ кг/м}^3.$$

Аналогічним чином визначається кількість сульфату кальцію, що утворюється при осадженні інших металів.

На підставі отриманих величин, за формулою (106) визначається значення $E_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ кг/м³.

Кількість сульфату кальцію, що утворюється при нейтралізації сірчаної кислоти, визначаємо за допомогою реакції (104) за формулою:

$$E_2 = C_{H_2SO_4} \cdot \frac{M_{CaSO_4}}{M_{H_2SO_4}}, \text{ кг/м}^3, \quad (107)$$

$M_{H_2SO_4}$ – молекулярна маса сірчаної кислоти, г/моль.

Підставляючи всі отримані значення у вихідне рівняння (100), отримуємо величину $M_{сyx} = \underline{\hspace{2cm}}$ кг/м³.

17. Максимальна вологість осаду (W_{oc} , %) визначається за умови, що $W_{oc}^{\max} \leq 100\% - P_{сyx}$,

$P_{сyx}$ – процентний вміст сухої речовини у воді, що визначається за формулою:

$$P_{сyx} = \frac{M_{сyx} \cdot 100\%}{1000}, \%. \quad (108)$$

Звідси, $W_{oc}^{\max} = \underline{\hspace{2cm}}$ %.

18. Процентна кількість вологого осаду, що утворюється при нейтралізації

1 м³ води, визначається за формулою:

$$P_{oc} = \frac{10 \cdot M_{cux}}{100 - W_{oc}}, \%, \quad (109)$$

W_{oc} – вологість осаду, що видаляється, %. Вологість осаду завжди повинна бути меншою або дорівнювати $100\% - P_{cux}$, тобто $W_{oc} \leq W_{oc}^{max}$.

Приймаємо $W_{oc} = \underline{\hspace{1cm}}$ %.

19. Добовий об'єм осаду визначається за формулою:

$$V_{oc} = \frac{P_{oc}}{100} \cdot Q_{нейтр}, \text{ м}^3, \quad (110)$$

$Q_{нейтр}$ – сумарні добові витрати води, що проходить через станцію нейтралізації, які визначаються за формулою:

$$Q_{нейтр} = q_{нейтр} \cdot T_B, \text{ м}^3/\text{добу}.$$

20. Кількість вивантажень осаду з кожного відстійника за добу визначається за формулою:

$$n_{виван} = \frac{V_{oc}}{n_{роб} \cdot V_k}, \text{ разів/добу}. \quad (111)$$

7.4. Методи доочищення промислових стічних вод

7.4.1. Доочищення промислових стічних вод методом фільтрування

Характеристика методу фільтрування

Фільтраційні споруди й установки застосовують для глибокого очищення (доочищення) виробничих стічних вод, що пройшли фізико-хімічне очищення.

Фільтри з зернистим завантаженням класифікують:

- за напрямом потоку: бувають зі спадним (зверху вниз) і висхідним (знизу вгору) потоком, в окремих випадках – з горизонтальним потоком;

- за конструкцією: розрізняють одношарові, двошарові, аеровані та каркасно-засипні;

- за видом фільтруючого матеріалу: природні матеріали (кварцовий пісок, гравій, гранітний щебінь, доменний шлак, керамзит, антрацит, горілі породи, мармурова крихта) або штучні матеріали (полімери – пінополіуретан, полістирол, поліпропілен тощо).

Внаслідок доочищення промислових стічних вод у завантаженні фільтрів затримуються дрібнодисперсні завислі частинки й активний мул, що виносяться з відстійників, а також деякі специфічні компоненти, що є характерними для стоків окремих промислових підприємств (нафтопродукти, фосфор тощо).

В табл. Д.10 Додатка Д наведено характеристику основних типів фільтрів із зернистим завантаженням. Згідно з даними таблиці найбільш прийнятним варіантом доочищення виробничих стічних вод є застосування зернистих фільтрів з висхідним потоком води (рис. 7.12).

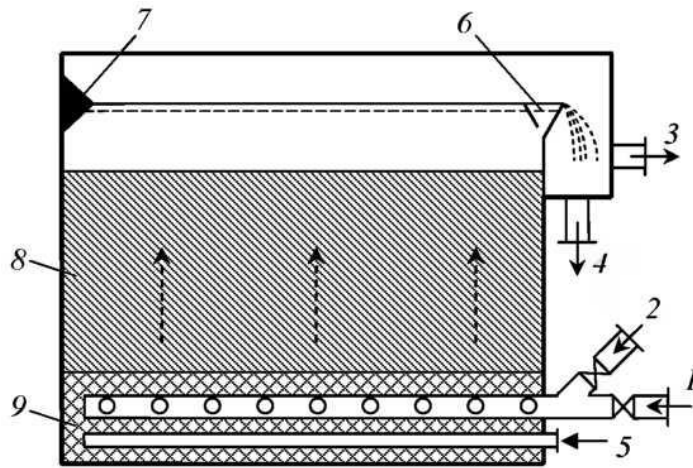


Рисунок 7.12 – Схема фільтра з висхідним потоком води

1 – подача води; 2 – подача промивної води; 3 – відвід фільтрату; 4 – відвід промивної води; 5 – подача повітря; 6 – пісковловлюючий жолоб; 7 – струмино-направляючий виступ; 8 – завантаження; 9 – підтримуючий шар

Фільтрування води знизу вгору значно поліпшує умови роботи фільтра, внаслідок реалізації принципу убутної крупності зерен вздовж потоку. Як наслідок, збільшується брудоемність фільтра, тривалість фільтроциклу, виключається замулення дрібнозернистих шарів.

Фільтруюче завантаження складається з річкового піску крупністю 1,2-2 мм і висотою шару 1,5-2 м, а також шару гравію, що підстиляється, товщиною до 0,95 м.

Для регенерації фільтрів передбачається водно-повітряне промивання.

В табл. Д.11-Д.12 Додатка Д наведено розрахункові параметри зернистих фільтрів з висхідним потоком води.

Порядок розрахунку зернистих фільтрів з висхідним потоком води

1. Необхідна площа фільтрів визначається за формулою:

$$F_{\phi} = \frac{Q_{\text{заг}}}{T_B \cdot V_H - 3,6 \cdot n_{\text{пром}} \cdot (w_1 \cdot t_1 + w_2 \cdot t_2 + w_3 \cdot t_3) - n_{\text{пром}} \cdot t_4 \cdot V_H}, \text{ м}^2, \quad (112)$$

$Q_{\text{заг}}$ – загальні витрати стічних вод гальванічного та травильного виробництва після їхнього об'єднання, що визначаються за формулою:

$$Q_{\text{заг}} = (q_{\text{ГВ}} + q_{\text{нейтр}}) \cdot T_B, \text{ м}^3/\text{добу};$$

V_H – розрахункова швидкість фільтрування при нормальному режимі експлуатації, м/годину, що приймається відповідно даних табл. Д.11 Додатка Д;

$n_{\text{пром}}$ – кількість промивок одного фільтра за добу при нормальному режимі експлуатації (рекомендується приймати $n_{\text{пром}}=2$);

w_1 – інтенсивність первісного розпушування завантаження фільтра (подачі повітря), $\frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$;

t_1 – тривалість подачі повітря (розпушування), години;

w_2 – інтенсивність подачі води для водно-повітряного промивання, $\frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$;

t_2 – тривалість водно-повітряного промивання, години;

w_3 – інтенсивність подачі води на відмивання фільтра, $\frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$;

t_3 – тривалість відмивання фільтра водою, години;

t_4 – час простою фільтра в зв'язку з промиванням ($t_4=0,33$ години при промиванні водою, $t_4=0,5$ години при промиванні водою та повітрям).

Значення $w_1, t_1, w_2, t_2, w_3, t_3$ приймаються відповідно даних табл. Д.12 Додатка Д. Крім того, значення t_1, t_2, t_3 , хвилини \rightarrow години.

2. Кількість фільтрів визначається за формулою:

$$N_{\phi} = 0,5 \cdot \sqrt{F_{\phi}}, \text{ штуки.} \quad (113)$$

Отримане значення N_{ϕ} округляється до максимального цілого числа.

Кількість фільтрів на станції очищення продуктивністю більшою 1600 м³/добу повинна бути не менш чотирьох.

3. Площа одного фільтра визначається за формулою:

$$F_1 = \frac{F_{\phi}}{N_{\phi}}, \text{ м}^2. \quad (114)$$

Площа одного фільтра не повинна перевищувати 100-120 м².

4. Підбираємо розміри одного фільтра в плані: b (ширина) \times l (довжина).

Приймаємо фільтр квадратної форми в плані, тобто $b=l$.

Звідси сторона фільтра становить:

$$b = l = \sqrt{F_1}, \text{ м.}$$

Отримане значення b (l) округляється до першого знака після коми.

5. Уточнюємо фактичну площу одного фільтра:

$$F_1' = b \cdot l, \text{ м}^2.$$

6. Уточнюємо фактичну площу всіх фільтрів:

$$F_{\phi}' = F_1' \cdot N_{\phi}, \text{ м}^2.$$

7. З урахуванням фактичної площі фільтрів уточнюємо швидкість фільтрування при нормальному режимі експлуатації за формулою:

$$V_H' = \frac{Q_{\text{заг}} + 3,6 \cdot n_{\text{пром}} \cdot F_1' \cdot N_{\phi} \cdot (w_1 \cdot t_1 + w_2 \cdot t_2 + w_3 \cdot t_3)}{F_1' \cdot N_{\phi} \cdot (T_B - n_{\text{пром}} \cdot t_4)}, \text{ м/годину.} \quad (115)$$

Значення t_1, t_2, t_3 , хвилини \rightarrow години.

8. Швидкість фільтрування при форсованому режимі експлуатації визначається за формулою:

$$V_{\phi}' = V_H' \cdot \frac{N_{\phi}}{N_{\phi} - N_I}, \text{ м/годину,} \quad (116)$$

N_I – кількість фільтрів, що знаходяться в ремонті. При $N_{\phi} < 20$ приймають $N_I = 1$; при $N_{\phi} \geq 20$ – $N_I = 2$.

Отримане значення V_{ϕ}' повинно відповідати рекомендованому в табл. Д.11 Додатка Д діапазону. Відхилення від рекомендованих значень швидкості фільтрування при форсованому режимі експлуатації можливо в розмірі не більше (менше) 5%:

$$\Delta V_{\phi} = \left| \frac{(V_{\phi}' - V_{\phi})}{V_{\phi}} \cdot 100\% \right| \leq 5\%, \quad (117)$$

V_{ϕ} – швидкість фільтрування при форсованому режимі експлуатації, м/годину, що приймається відповідно даних, наведених в табл. Д.11 Додатка Д.

Якщо ця умова не виконується, необхідно збільшувати (зменшувати) значення швидкості фільтрування при нормальному режимі експлуатації V_H та здійснювати перерахунок.

9. Загальні витрати води для промивання фільтрів визначаються за формулою:

$$\sum V_{\text{промивання}} = V_{\text{пром}} + V_{\text{відм}}, \text{ М}^3, \quad (118)$$

$V_{\text{пром}}$ – кількість води, що необхідна для промивання фільтрів повітрям і водою, яка знаходиться за формулою:

$$V_{\text{пром}} = w_2 \cdot t_2 \cdot F_{\phi}', \text{ л} \rightarrow \text{М}^3, \quad (119)$$

t_2 , хвилини \rightarrow секунди;

$V_{\text{відм}}$ – кількість води, що необхідна на відмивання фільтрів, яка знаходиться за формулою:

$$V_3 = w_3 \cdot t_3 \cdot F_{\phi}', \text{ л} \rightarrow \text{М}^3; \quad (120)$$

t_3 , хвилини \rightarrow секунди.

На підставі розрахованих величин за формулою (118) визначається значення $\sum V_{\text{промивання}} = \text{_____ М}^3$.

7.4.2. Доочищення промислових стічних вод методом іонного обміну

Характеристика іонообмінного методу очищення промислових стічних вод

Іонообмінні процеси застосовують 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 очищених стічних вод у системах оборотного водопостачання тощо.

Сильнокислотні катіоніти для вилучення простих катіонів кольорових металів застосовують за відсутності в стічних водах іонів кальцію або за їх концентрації, що не перевищує вмісту катіонів для вилучення.

Аніонообмінні смоли використовуються для вилучення з води важких і кольорових металів, які знаходяться в розчині у вигляді аніонів (CrO_4^{2-} , VO_4^{3-} , ZnO_2^{2-} , CrO_2^-), катіонів кольорових металів, які утворюють з аміногрупами смол

міцні комплекси. Іонообмінні способи очищення стічних вод від катіонів кольорових металів застосовують, якщо загальна мінералізація їх не перевищує 3-4 г/дм³.

Іонообмінний метод очищення води засновано на її послідовному фільтруванні через *H*-катіонітовий, а потім *OH*-аніонітовий фільтри. В *H*-катіонітовому фільтрі катіони, що містяться у воді, обмінюються на катіони водню. При пропусненні води після *H*-катіонітових фільтрів через *OH*-аніонітові фільтри аніони кислот, що утворилися, обмінюються на іони *OH*. Для видалення з води іонів металів застосовують сильнокислотні *H*-катіоніти з великою обмінною здатністю.

Очищення й часткове знесолення стічних вод, що мають слабкокисло або нейтральну реакцію, від іонів 2-х і 3-х валентних металів, при відсутності або малому вмісті катіонів лужних металів, а також амонію, аніонів слабких кислот (карбонатів, силікатів, боратів) або допустимості їхньої присутності в очищеній воді відбувається за одноступінчатою схемою послідовного фільтрування через катіоніт у водневій формі та слабколужний аніоніт у гідроксильній формі (рис. 7.13).

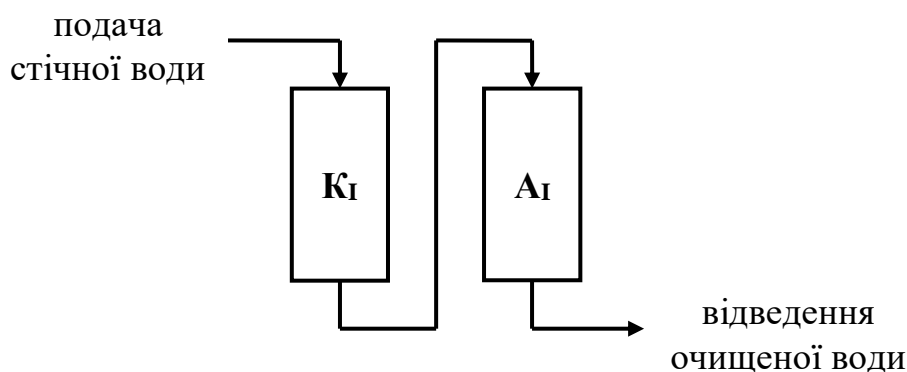


Рисунок 7.13 – Одноступенева схема очищення промислових стічних вод на іонообмінній установці

Порядок розрахунку елементів іонообмінної установки

1. Розрахунок катіонітових фільтрів першого ступеня

Як першу ступінь іонообмінної установки приймаємо *H*-катіонітові фільтри, що завантажуються сильнокислотним катіонітом КУ-2.

1. Об'єм *H*-катіоніту в фільтрах визначається за формулою:

$$W_k = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{заг} \cdot \sum [K]}{n_p \cdot E_{роб}^k}, \text{ м}^3, \quad (121)$$

α_1 – коефіцієнт, що враховує витрати води на власні потреби установки; значення α_1 рекомендується приймати в діапазоні $\alpha_1=1,05-1,35$ (більші значення приймають при підвищеному солемісті та глибокому знесоленні води);

$\sum [K]$ – сума катіонів у вихідній воді, мг-екв/л або г-екв/м³;

n_p – число регенерацій кожного фільтра за добу (не більше 2), що визначається за формулою:

$$n_p = \frac{T_B}{t + t_1} \quad (122)$$

Отримане значення n_p округляється до максимально цілого числа.

t – корисна тривалість фільтроциклу за добу, яку рекомендується приймати в діапазоні $t=10-22$ години (для катіонітових фільтрів першого ступеня приймається $t=10,5$ годин);

t_1 – тривалість операцій, що пов'язані з регенерацією фільтра (для катіонітових фільтрів $t_1=1,5$ години);

$E_{роб}^k$ – робоча обмінна здатність катіоніту, що визначається за формулою:

$$E_{роб}^k = \alpha_e^k \cdot E_{повн}^k - 0,5 \cdot q_1 \cdot \sum [K], \text{ г-екв/м}^3, \quad (123)$$

α_e^k – коефіцієнт ефективності регенерації, що залежить від питомих витрат H_2SO_4 (табл. 7.5). Для катіонітів першого ступеня питомі витрати 100%-вої H_2SO_4 складають 150 г/г-екв поглинутих катіонів.

$E_{повн}^k$ – повна обмінна здатність катіоніту (для катіоніту типу КУ-2 значення $E_{повн}^k$ дорівнює 1850 г-екв/м³);

0,5 – коефіцієнт, що враховує тип іоніту, тобто 50% катіонів затримується катіонітом при відмиванні його водою;

q_1 – питомі витрати освітленої води на відмивання 1 м³ Н-катіоніту першого ступеня після регенерації, які рекомендується приймати в діапазоні $q_1=5-6$ м³/м³.

Таблиця 7.5 – Значення коефіцієнта ефективності регенерації (α_e^k) при різних питомих витратах H_2SO_4

Питомі витрати H_2SO_4 , г/г-екв поглинутих катіонів	50	70	80	100	125	150	175	200	250
Значення коефіцієнта α_e^k	0,68	0,78	0,81	0,85	0,89	0,91	0,92	0,93	0,95

2. Сумарна площа катіонітових фільтрів визначається за формулою:

$$\sum F_k = \frac{W_k}{h_k}, \text{ м}^2, \quad (124)$$

h_k – висота завантаження Н-катіонітового фільтра, яку рекомендується примати 2 або 2,5 м.

3. За табл. 7.6 приймається діаметр катіонітового фільтра $D_k = \dots$ мм \rightarrow м.

4. Площа фільтрування стандартного фільтра обраного діаметра визначається за формулою:

$$F_1^k = \frac{\pi \cdot (D_k)^2}{4}, \text{ м}^2. \quad (125)$$

Таблиця 7.6 – Типові розміри катіонітових фільтрів першого ступеня

Висота шару завантаження h_k , м	Діаметр фільтрів D_k , мм
2	1000
2	1500
2,5	2000
2,5	2600
2,5	3000
2,5	3400

5. Кількість робочих фільтрів визначається за формулою:

$$N_k = \frac{\sum F_k}{F_1^k}, \text{ штуки.} \quad (126)$$

Отримане значення N_k округляється до максимально цілого числа.

Число катіонітових фільтрів першого ступеня слід приймати: робочих – не менш двох, резервних – один.

Звідси, загальна кількість фільтрів становить $\sum N_k = N_k + 1$.

6. Уточнюємо сумарну площу робочих фільтрів:

$$\sum F_k' = F_1^k \cdot N_k, \text{ м}^2.$$

7. Фактична швидкість фільтрування води на катіонітових фільтрах при нормальному режимі експлуатації визначається за формулою:

$$V_{\phi}^k = \frac{Q_{заг}}{T_B \cdot \sum F_k'}, \text{ м/годину.} \quad (127)$$

Швидкість фільтрування води через катіонітові фільтри першого ступеня повинна знаходитися в діапазоні 10-25 м/годину.

8. Регенерацію катіонітових фільтрів першого ступеня проводять 7-10%-вими розчинами кислот (соляної чи сірчаної).

Витрати реагенту (кислоти) на регенерацію H -катіонітових фільтрів визначаються за формулою:

$$D_{кисл} = \frac{W_k \cdot E_{роб}^k \cdot q_{кисл} \cdot M_{кисл}}{10 \cdot B_{кисл}}, \text{ кг,} \quad (128)$$

$q_{кисл}$ – питомі витрати реагенту (кислоти) на регенерацію катіонітового фільтра першого ступеня, які рекомендується приймати в діапазоні $q_{кисл}=2,5-3$ мг-екв/мг-екв робочої ємності катіоніту;

$M_{кисл}$ – молекулярна маса кислоти (соляної чи сірчаної), г/моль;

$B_{кисл}$ – вміст кислоти в товарному продукті, %. Найбільш поширені сорти товарної соляної кислоти мають концентрацію від 27,5 до 31% HCl , що пов'язано з особливостями її виробництва (вміст HCl у технічній кислоті

повинен бути не менш 27,5%, в синтетичній – 31%). Вміст сірчаної кислоти в товарному продукті становить 91-92,5% H_2SO_4 .

Витрати води на приготування розчину кислоти (соляної чи сірчаної) визначаються за формулою:

$$V_{\text{кисл}} = \frac{D_{\text{кисл}} \cdot n_p}{10 \cdot C_{\text{кисл}} \cdot \rho_{\text{кисл}}}, \text{ м}^3, \quad (129)$$

$C_{\text{кисл}}$ – процентний вміст кислоти в регенеруючому розчині, % (для катіонітових фільтрів першого ступеня рекомендується приймати в діапазоні $C_{\text{кисл}}=7-10\%$);

$\rho_{\text{кисл}}$ – щільність регенеруючого розчину кислоти, тонни/м³, значення якої в залежності від процентного вмісту кислоти наведено в табл. 7.7.

Таблиця 7.7 – Щільність розчинів кислот

Вміст розчинів кислот, % за масою	Щільність розчинів кислот при 20° С, тонни/м ³	
	соляна кислота HCl	сірчана кислота H_2SO_4
6	1,029	1,04
8	1,039	1,055
10	1,049	1,069

Витрати води на розпушування завантаження (катіоніту) визначаються за формулою:

$$V_{\text{розп}}^{\text{к}} = \frac{60 \cdot \sum F_{\text{к}}^{\text{л}} \cdot q_{\text{розп}}^{\text{к}} \cdot t_{\text{розп}}^{\text{к}} \cdot n_p}{1000}, \text{ м}^3, \quad (130)$$

$q_{\text{розп}}^{\text{к}}$ – інтенсивність розпушування катіоніту перед регенерацією, л/с·м²; для катіонітових фільтрів першого ступеня рекомендується приймати в діапазоні $q_{\text{розп}}^{\text{к}}=4-5$ л/с·м²;

$t_{\text{розп}}^{\text{к}}$ – тривалість розпушування катіоніту, хвилини; для катіонітових фільтрів першого ступеня рекомендується приймати в діапазоні $t_{\text{розп}}^{\text{к}}=20-30$ хвилин.

Витрати води на відмивання завантаження (катіоніту) після регенерації визначаються за формулою:

$$V_{\text{відм}}^{\text{к}} = W_{\text{к}} \cdot q_{\text{відм}}^{\text{к}} \cdot n_p, \text{ м}^3, \quad (131)$$

$q_{\text{відм}}^{\text{к}}$ – питомі витрати води на відмивання H -катіонітових фільтрів першого ступеня, які рекомендується приймати в діапазоні $q_{\text{відм}}^{\text{к}}=5-6$ м³/м³.

Загальні витрати води на регенерацію катіонітових фільтрів першого ступеня визначаються за формулою:

$$\sum V_{\text{к}} = V_{\text{кисл}} + V_{\text{розп}}^{\text{к}} + V_{\text{відм}}^{\text{к}}, \text{ м}^3. \quad (132)$$

II. Розрахунок аніонітових фільтрів першого ступеня

Аніонітові фільтри використовують для усунення з води аніонів сильних кислот, внаслідок чого їх завантажують слабколужним аніонітом типу АН-18.

1. Робоча обмінна здатність аніонітових фільтрів визначається за формулою:

$$E_{роб}^a = \alpha_e^a \cdot E_{повн}^a - 0,8 \cdot q_3 \cdot \sum[A], \text{ г-екв/м}^3, \quad (133)$$

α_e^a – коефіцієнт ефективності регенерації аніоніту, що залежить від питомих витрат луку (при питомих витратах луку 60 г на 1 г-екв поглинених сульфатів і хлоридів α_e^a можна приймати в діапазоні 0,8-0,9). Для слабколужних аніонітів $\alpha_e^a = 0,9$;

$E_{повн}^a$ – повна обмінна здатність аніоніту, г-екв/м³; для аніоніту типу АН-18 значення $E_{повн}^a$ дорівнює 1000 г-екв/м³;

q_3 – питомі витрати освітленої води на відмивання 1 м³ аніоніту першого ступеня після регенерації, які рекомендується приймати в діапазоні $q_3=3-4$ м³/м³; для слабколужних аніонітів $q_3=4$ м³/м³;

$\sum[A]$ – концентрація аніонів сильних кислот (хлоридів і сульфатів) у воді, г-екв/м³;

0,8 – коефіцієнт, що залежить від типу іоніту, тобто 80% аніонів затримується аніонітом при відмиванні його водою.

2. Розрахункова швидкість фільтрування води на аніонітових фільтрах визначається за формулою:

$$V_p^a = \frac{E_{роб}^a \cdot h_a - 5 \cdot h_a \cdot \sum[A]}{T_{роб} \cdot \sum[A] + 0,02 \cdot E_{роб}^a \cdot \ln \sum[A] - 0,1 \cdot \sum[A] \cdot \ln \sum[A]}, \text{ м/годину}, \quad (134)$$

h_a – висота завантаження аніонітового фільтра, що дорівнює $h_a=2,5$ м;

$T_{роб}$ – тривалість роботи кожного фільтра між регенераціями, що визначається за формулою:

$$T_{роб} = \frac{T_B}{n_p} - t_3 - t_4 - t_5, \text{ години}, \quad (135)$$

n_p – число регенерацій за добу, яке рекомендується приймати 1 або 2;

t_3 – тривалість розпушування аніоніту, яку рекомендується приймати в діапазоні $t_3=15-20$ хвилин; t_3 , хвилини \rightarrow години;

t_4 – тривалість пропускання через аніоніт регенераційного розчину луку, що дорівнює $t_4=1,5$ години;

t_5 – тривалість відмивання аніоніту після регенерації, яку рекомендується приймати в діапазоні $t_5=3-3,25$ години.

Швидкість фільтрування води через аніонітові фільтри першого ступеня повинна знаходитися в діапазоні 4-30 м/годину.

3. Сумарна площа аніонітових фільтрів визначається за формулою:

$$\sum F_a = \frac{Q_{заг}}{n_p \cdot T_{роб} \cdot V_p^a}, \text{ м}^2. \quad (136)$$

4. Приймаємо діаметр аніонітового фільтра $D_a = \text{--- мм} \rightarrow \text{м}$ (зазвичай обирається таким же, як і для катіонітових фільтрів).

5. Площа фільтрування стандартного фільтра обраного діаметра визначається за формулою:

$$F_1^a = \frac{\pi \cdot (D_a)^2}{4}, \text{ м}^2. \quad (137)$$

6. Кількість робочих фільтрів + 1 резервний визначається за формулою:

$$N_a = \frac{\sum F_a}{F_1^a}, \text{ штуки}. \quad (138)$$

Отримане значення N_a округляється до максимально цілого числа.

Таким чином, загальна кількість фільтрів становить $\sum N_a = N_a + 1$.

7. Уточнюємо сумарну площу робочих фільтрів:

$$\sum F_a' = F_1^a \cdot N_a, \text{ м}^2.$$

8. Фактична швидкість фільтрування води через аніонітові фільтри при нормальному режимі експлуатації визначається за формулою:

$$V_{\phi}^a = \frac{Q_{заг}}{n_p \cdot T_{роб} \cdot \sum F_a'}, \text{ м/годину}. \quad (139)$$

Отримане значення фактичної швидкості фільтрування води через аніонітові фільтри порівнюється з розрахунковим (фактична швидкість фільтрування не повинна перевищувати розрахункову).

9. Регенерацію аніонітових фільтрів першого ступеня проводять 4-6%-вими розчинами їдкою натру, кальцинованої соди або аміаку.

Витрати реагенту (лугу) на регенерацію аніонітових фільтрів визначаються за формулою:

$$D_{луг} = \frac{W_a \cdot E_{роб}^a \cdot q_{луг} \cdot M_{луг}}{10 \cdot B_{луг}}, \text{ кг}, \quad (140)$$

W_a – об'єм аніоніту в фільтрах, що визначається за формулою:

$$W_a = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{заг} \cdot \sum [A]}{n_p \cdot E_{роб}^a}, \text{ м}^3, \quad (141)$$

$q_{луг}$ – питомі витрати реагенту (лугу) на регенерацію аніонітового фільтра першого ступеня, які рекомендується приймати в діапазоні $q_{луг} = 2,5-3$ мг-екв/мг-екв робочої ємності аніоніту;

$M_{луг}$ – молекулярна маса лугу, г/моль;

$B_{луг}$ – вміст лугу в товарному продукті, %. Вміст їдкою натру (гідроксиду натрію) в товарному продукті становить 42-45% $NaOH$, кальцинованої соди – 98,5-99,4% Na_2CO_3 , аміаку – 25% NH_4OH .

Витрати води на приготування розчину лугу визначаються за формулою:

$$V_{\text{луг}} = \frac{D_{\text{луг}} \cdot n_p}{10 \cdot C_{\text{луг}} \cdot \rho_{\text{луг}}}, \text{ м}^3, \quad (142)$$

$C_{\text{луг}}$ – процентний вміст лугу в регенеруючому розчині, %; для аніонітових фільтрів першого ступеня рекомендується приймати в діапазоні $C_{\text{луг}}=4-6\%$;

$\rho_{\text{луг}}$ – щільність регенеруючого розчину лугу, тонни/м³, значення якої в залежності від процентного вмісту лугу наведено в табл. 7.8.

Таблиця 7.8 – Щільність розчинів лугу

Вміст розчинів лугу, % за масою	Щільність розчинів лугу при 20° С, тонни/м ³		
	гідроксид натрію <i>NaOH</i>	кальцинована сода <i>Na₂CO₃</i>	аміак <i>NH₄OH</i>
4	1,046	1,04	0,983
6	1,069	1,061	0,973

Витрати води на розпушування завантаження (аніоніту) визначаються за формулою:

$$V_{\text{розп}}^a = \frac{60 \cdot \sum F_a^i \cdot q_{\text{розп}}^a \cdot t_{\text{розп}}^a \cdot n_p}{1000}, \text{ м}^3, \quad (143)$$

$q_{\text{розп}}^a$ – інтенсивність розпушування аніоніту перед регенерацією, л/с·м²; для аніонітових фільтрів першого ступеня рекомендується приймати $q_{\text{розп}}^a=3$ л/с·м²);

$t_{\text{розп}}^a$ – тривалість розпушування аніоніту, хвилини; для аніонітових фільтрів першого ступеня рекомендується приймати в діапазоні $t_{\text{розп}}^a=15-20$ хвилин.

Витрати води на відмивання завантаження (аніоніту) після регенерації визначаються за формулою:

$$V_{\text{відм}}^a = W_a \cdot q_{\text{відм}}^a \cdot n_p, \text{ м}^3, \quad (144)$$

$q_{\text{відм}}^a$ – питомі витрати води на відмивання аніонітових фільтрів першого ступеня, що дорівнюють $q_{\text{відм}}^a=10$ м³/м³.

Загальні витрати води на регенерацію аніонітових фільтрів першого ступеня визначаються за формулою:

$$\sum V_a = V_{\text{луг}} + V_{\text{розп}}^a + V_{\text{відм}}^a, \text{ м}^3. \quad (145)$$

7.5. Допоміжні розрахунки

7.5.1. Розрахунок апаратів для очищення об'єднаних потоків промислових стічних вод

Після того, як промислові стічні води виробництва пройшли окреме очищення, їх об'єднують в один потік. Передбачаємо проміжну ємність для змішування промислових стічних вод.

1. Об'єм ємності за умови, що промислові стічні води повинні перебувати в ній впродовж півгодини, тобто $T_{\text{ємність}}=0,5$ годин, визначається за формулою:

$$V_{\text{ємність}} = (q_{\text{ГВ}} + q_{\text{нейтр}}) \cdot T_{\text{ємність}}, \text{ м}^3. \quad (146)$$

2. Остаточна концентрація завислих речовин, що містяться в промислових стічних водах після об'єднання потоків, визначається за формулою:

$$C_{\text{залишок}} = \frac{q_{\text{ГВ}} \cdot C_1^{\text{дрібні}} + q_{\text{нейтр}} \cdot C_2^{\text{дрібні}}}{q_{\text{ГВ}} + q_{\text{нейтр}}}, \text{ мг/л}, \quad (147)$$

$C_1^{\text{дрібні}}$ і $C_2^{\text{дрібні}}$ – концентрація завислих речовин, що містяться в промислових стічних водах I (гальванічного) і II (травильного) виробництв після апаратів очищення від піску та частинок середньої крупності, мг/л.

Величина остаточної концентрації завислих речовин, що містяться в промислових стічних водах виробництва після апаратів очищення, визначається наступним чином.

Для гальванічного виробництва:

Вміст завислих речовин, що містяться в промислових стічних водах гальванічного виробництва, становить, згідно з вихідними даними, $C_{\text{завись}}^{\text{ГВ}} = ___ \text{ мг/л}$. Приймаємо, що на частку частинок середньої крупності припадає 80% від загальної кількості завислих речовин ($C_{\text{початок}}^{\text{середні}} = C_{\text{завись}}^{\text{ГВ}} \cdot 0,8 = ___ \text{ мг/л}$), на частку дрібнодисперсних частинок – 20% ($C_{\text{початок}}^{\text{дрібні}} = C_{\text{завись}}^{\text{ГВ}} \cdot 0,2 = ___ \text{ мг/л}$).

Ефективність очищення промислових стічних вод від завислих частинок середньої крупності у відстійниках обраного типу визначається за табл. 7.1 та становить $E_{\text{середні}} = ___ \%$. Звідси, після очищення промислових стічних вод гальванічного виробництва у відстійниках обраного типу, концентрація завислих речовин становить:

$$C_{\text{залишок}}^{\text{середні}} = C_{\text{початок}}^{\text{середні}} - C_{\text{початок}}^{\text{середні}} \cdot \frac{E_{\text{середні}}}{100}, \text{ мг/л}. \quad (148)$$

Кількість дрібнодисперсних частинок, що містяться в промислових стічних водах гальванічного виробництва, після очищення у відстійниках обраного типу визначається за формулою:

$$C_1^{\text{дрібні}} = C_{\text{початок}}^{\text{дрібні}} + C_{\text{залишок}}^{\text{середні}}, \text{ мг/л}. \quad (149)$$

Для травильного виробництва:

Вміст завислих речовин, що містяться в промислових стічних водах травильного виробництва, становить, згідно з вихідними даними, $C_{завись}^{ТВ} = \text{---}$ мг/л. Раніше було прийнято, що на частку піску припадає 40% від загальної кількості завислих речовин ($C_{початок}^{пісок} = C_{завись}^{ТВ} \cdot 0,4 = \text{---}$ мг/л), на частку частинок середньої крупності – 40% ($C_{початок}^{середні} = C_{завись}^{ТВ} \cdot 0,4 = \text{---}$ мг/л); на частку дрібнодисперсних частинок – 20% ($C_{початок}^{дрібні} = C_{завись}^{ТВ} \cdot 0,2 = \text{---}$ мг/л).

Частка піску, що затримується в пісковловлювачі, визначається за табл. Д.4 Додатка Д, та становить $E_{пісок} = \text{---}\%$. Звідси, після очищення промислових стічних вод травильного виробництва в пісковловлювачі, концентрація завислих речовин становить:

$$C_{залишок}^{пісок} = C_{початок}^{пісок} - C_{початок}^{пісок} \cdot \frac{E_{пісок}}{100}, \text{ мг/л.} \quad (150)$$

Кількість частинок середньої крупності, що містяться в промислових стічних водах травильного виробництва, після очищення в пісковловлювачах визначається за формулою:

$$C_{середні} = C_{початок}^{середні} + C_{залишок}^{пісок}, \text{ мг/л.} \quad (151)$$

Ефективність очищення промислових стічних вод від завислих частинок середньої крупності у відстійниках обраного типу визначається за табл. 7.1 та становить $E_{середні} = \text{---}\%$. Звідси, після очищення промислових стічних вод травильного виробництва у відстійниках обраного типу, концентрація завислих речовин становить:

$$C_{залишок}^{середні} = C_{середні} - C_{середні} \cdot \frac{E_{середні}}{100}, \text{ мг/л.} \quad (152)$$

Кількість дрібнодисперсних частинок, що містяться в промислових стічних водах травильного виробництва, після очищення у відстійниках обраного типу визначається за формулою:

$$C_2^{дрібні} = C_{початок}^{дрібні} + C_{залишок}^{середні}, \text{ мг/л.} \quad (153)$$

Отримані за формулами (149) і (153) значення $C_1^{дрібні}$ і $C_2^{дрібні}$ підставляються в формулу (147) для розрахунку величини $C_{залишок}$.

Ефективність очищення об'єднаних промислових стічних вод від дрібнодисперсних частинок через фільтри обраного типу визначається за табл. Д.10 Додатка Д та становить $E_{фільтр} = \text{---}\%$. Звідси, після очищення об'єднаних промислових стічних вод через фільтри обраного типу, кінцева концентрація завислих речовин становить:

$$C_{кінцева} = C_{залишок} - C_{залишок} \cdot \frac{E_{фільтр}}{100}, \text{ мг/л.} \quad (152)$$

7.5.2. Розрахунок шламової площадки

Внаслідок очищення промислових стічних вод у пісковловлювачах, відстійниках та на станції нейтралізації утворюється осад. Цей осад періодично вивантажується з очисних споруд і відправляється на шламові площадки.

1. Загальна кількість осаду, що утворюється внаслідок очищення промислових стічних вод, визначається за формулою:

$$\sum V_{oc} = V_{oc}^1 + V_{oc}^2 + V_{oc}^3, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (153)$$

V_{oc}^1 , V_{oc}^2 , V_{oc}^3 – добовий об'єм осаду, що затримується внаслідок очищення промислових стічних вод в пісковловлювачах, відстійниках і на станції нейтралізації, відповідно, $\text{м}^3/\text{добу}$.

2. Площа шламової площадки, яка необхідна для даної кількості осаду, визначається за формулою:

$$F_{шлам} = \frac{365 \cdot \sum V_{oc}}{q_{шлам}}, \text{ м}^2, \quad (154)$$

$q_{шлам}$ – питоме накопичення осаду на шламовій площадці, що приймається рівним $q_{шлам} = 10 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{рік}$.

Приймаємо шламову площадку квадратної форми в плані. Тоді сторона шламової площадки визначається за формулою:

$$b_{шлам} = \sqrt{F_{шлам}}, \text{ м}. \quad (155)$$

Звідси розміри шламової площадки становлять $b_{шлам} \times b_{шлам}$.

8. ВИСНОВКИ

У цьому розділі курсової роботи рекомендовано:

- надати стислу характеристику впливу виробничої діяльності промислового підприємства на стан навколишнього середовища;
- навести головні забруднюючі речовини, що утворюються внаслідок виробничої діяльності промислового підприємства;
- надати опис технологічної схеми очищення стічних вод промислового підприємства із зазначенням апаратів, пристроїв і установок (та їх кількості, що встановлюється на підставі отриманих розрахунків), які увійшли в запропоновану схему.

9. ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

Пояснювальна записка повинна містити: титульний аркуш із зазначенням автора роботи та викладача, що її перевірів (Додаток А), завдання, зміст, вступ (готується студентом самостійно з використанням літературних джерел і повинен стосуватися питань охорони навколишнього середовища в певній галузі виробництва), три розділи згідно пунктів завдання з усіма викладеннями, розрахунками і поясненнями до них з короткими висновками у кожному

розділі. В кінці пояснювальної записки подаються загальний висновок (стисло викладаються результати за всіма пунктами завдання), а також список використаної літератури.

10. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Надати характеристику стічним водам.
2. Наведіть основні джерела забруднення поверхневих водойм антропогенного походження.
3. Вкажіть пріоритетні забруднювачі водних екосистем за галузями промисловості.
4. Вкажіть екологічні наслідки забруднення гідросфери.
5. Запропонуйте природоохоронні заходи щодо зменшення кількості стічних вод і їхнього забруднення.
6. Якими принципами керуються при виборі методів очищення стічних вод промислового підприємства.
7. Надати характеристику домішок I групи та методів їх видалення.
8. Надати характеристику домішок II групи та методів їх видалення.
9. Надати характеристику домішок III групи та методів їх видалення.
10. Надати характеристику домішок IV групи та методів їх видалення.
11. Надати характеристику обладнання для усереднення промислових стічних вод.
12. Надати характеристику споруд для видалення з промислових стічних вод частинок піску.
13. Надати характеристику споруд для видалення з промислових стічних вод грубодисперсних домішок.
14. Надати характеристику процесу хімічного очищення промислових стічних вод.
15. Надати характеристику обладнання, що використовується при нейтралізації промислових стічних вод.
16. Надати характеристику методу доочищення промислових стічних вод фільтруванням.
17. Надати характеристику методу доочищення промислових стічних вод іонообмінним способом.

11. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Оцінювання курсової роботи здійснюється за рейтинговою (100-бальною) та інституційною шкалою, що наведена нижче:

Рейтингова шкала	Інституційна шкала
90-100	відмінно / Excellent
74-89	добре / Good
60-73	задовільно / Satisfactory
0-59	незадовільно / Fail

Курсова робота зараховується, якщо здобувач отримав підсумкову оцінку не менше 60 балів. За виконання розрахунків та оформлення пояснювальної записки курсової роботи студент/ка може отримати 100 балів.

Критерії оцінювання курсової роботи наведені в таблиці нижче та враховують основні структурні елементи: складові роботи, орфографія, пунктуація та граматика, правильність виконання завдань, термінологія та одиниці виміру, висновки.

Критерії оцінювання курсової роботи на тему «Природоохоронні та ресурсозберігаючі технології очищення стічних вод, що утворюються внаслідок виробничої діяльності промислового підприємства»

Критерії	Вага критерію (%) та бали			
	Вищий стандарт (100%)	Відповідає стандартам (75%)	Наближення до стандартів (50%)	Нижче стандартів (25%)
1. Складові курсової роботи	Присутні всі обов'язкові складові роботи (титульний аркуш, мета роботи, завдання на роботу, хід виконання розрахунків, висновки та додаткові коментарі до розрахунків тощо)	Всі обов'язкові елементи присутні (титульний аркуш, мета роботи, завдання на роботу, хід виконання, висновки)	Відсутній один обов'язковий елемент, але є додаткові елементи (наприклад, вдумливі коментарі, пояснення)	Бракує декількох обов'язкових елементів
Макс. 20 балів	20	15	10	5
2. Орфографія, пунктуація та граматики	У роботі немає помилок чи є по одній помилці (або менше) у написанні, пунктуації та граматиці	У роботі є дві або три помилки в орфографії, пунктуації та граматиці	У роботі є чотири помилки в орфографії, пунктуації та граматиці	У роботі є більше чотирьох помилок в орфографії, пунктуації та граматиці
Макс. 20 балів	20	15	10	5
3. Правильність виконання завдань	90-100% розв'язаних завдань не мають математичних помилок	85-89% розв'язаних завдань не мають математичних помилок	60-84% розв'язаних завдань не мають математичних помилок	Понад 40% розв'язаних завдань мають математичні помилки
Макс. 20 балів	20	15	10	5
4. Термінологія та одиниці виміру	Здобувач/ка завжди використовує правильну термінологію та всі розрахунки містять одиниці виміру, що дозволяють легко зрозуміти, що було зроблено	Здобувач/ка використовує правильну термінологію, розрахунки містять правильні одиниці виміру, але з неточностями	Здобувач/ка припускається помилок у використанні термінів, деякі розрахунки не містять одиниць виміру	Здобувач/ка використовує замало термінології та більшість розрахунків не містять одиниць виміру
Макс. 20 балів	20	15	10	5
5. Висновки	Здобувач/ка детально описує отримані результати та надає їх інтерпретацію і майбутнє використання у життєвих ситуаціях. Висновки зроблені вірно	Здобувач/ка описує отриману інформацію та можливе її застосування у життєвій ситуації. Є певні неточності, але висновки зроблені вірно	Здобувач/ка коротко описує отриману інформацію або у висновках є помилки	Висновки написано загальними фразами, але отримані результати та їхнє можливе застосування у певній життєвій ситуації не надаються
Макс. 20 балів	20	15	10	5
ВСЬОГО	100	75	50	25

12. СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Айрапетян Т.С. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія очистки промислових стічних вод» для студентів 4 курсу денної та 5 курсу заочної форм навчання напряму підготовки 6.060103 – Гідротехніка (Водні ресурси), фахове спрямування «Рациональне використання і охорона водних ресурсів» / Т.С. Айрапетян; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017. – 73 с.
2. Навчально-методичний посібник «Технології захисту водного середовища» для спеціальностей 101 «Екологія», 183 «Технології захисту навколишнього середовища» всіх форм навчання / Полтава: НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Миколаїв: Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 2022. – 306 с.
3. Методичні вказівки до виконання практичних та самостійних робіт з дисципліни «Технології очистки та утилізації промислових стоків та викидів» (Частина II) для здобувачів спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія, 162 – Біотехнології та біоінженерія; укладач: Белянська О.Р. – Кам'янське: ДДТУ, 2022. – 43 с.
4. Караїм О.А. Промислова екологія: методичні вказівки до практичних робіт. – Луцьк: Вежа-Друк, 2022. – 80 с.
5. Гумницький Я.М., Петрушка І.М. Інженерна екологія. Загальний курс: Навчальний посібник. Ч. 2. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2016. 348 с.
6. Процеси та апарати природоохоронних технологій [Текст]: підручник в 2-х т. Т.2 / Л.Д. Пляцук, Р.А. Васькін, В.П. Шапорев [та ін.]. – Суми: СумДУ, 2017. – 521 с.
7. Зацеркляний М.М. Процеси захисту навколишнього середовища: підруч. / М.М. Зацеркляний, Т.Б. Столевич, О.М. Зацеркляний. – К.: Фенікс, 2017. 454 с.
8. Природоохоронні технології. Навчальний посібник. Ч.2 : Методи очищення стічних вод / [Петрук В.Г., Северин Л.І., Васильківський І.В., Безвозюк І.І.] – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 258 с.
9. ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування». – К.: Мінрегіон України, 2013. – 172 с.
10. ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування». – К.: Мінрегіон України, 2013. – 219 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Зразок оформлення титульного аркуша курсової роботи

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний технічний університет

«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий інститут природокористування

Кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища



КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни «Природоохоронні та ресурсозберігаючі технології»
на тему: «Природоохоронні та ресурсозберігаючі технології очищення стічних вод, що утворюються внаслідок виробничої діяльності промислового підприємства»

Варіант _____

Виконав(ла): студент(ка) гр. _____
(група)

(прізвище та ініціали)

Перевірив:

(посада, прізвище та ініціали викладача)

Дніпро
(рік виконання)

Вихідні дані

Завдання: Запропонувати методи та розробити технологічну схему очищення промислових стічних вод. Використовуючи вихідні дані, а саме, показники якісного складу стічних вод, що утворюються внаслідок виробничої діяльності промислового підприємства, розрахувати основні параметри обладнання, яке планується встановити, згідно розробленої технологічної схеми очищення.

Показник	Варіант							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$q_{гв}, \text{м}^3/\text{ГОДИНУ}$	450	412	437	468	425	456	462	446
$C_{завись}^{ГВ}, \text{МГ/Л}$	300	320	350	335	370	290	390	310
$q_{тв}, \text{м}^3/\text{ГОДИНУ}$	60	62	59	57	65	50	61	68
$C_{завись}^{ТВ}, \text{МГ/Л}$	500	450	490	465	475	480	440	495
$C_{\text{H}_2\text{SO}_4}, \text{КГ/М}^3$	7,5	7,0	7,45	7,15	7,3	7,55	7,25	7,05
$C_{\text{FeSO}_4}, \text{КГ/М}^3$	6,8	6,5	6,25	6,6	6,4	6,35	6,7	6,3
$C_{\text{ZnSO}_4}, \text{КГ/М}^3$	2,6	2,0	2,4	2,15	2,55	2,3	2,25	2,5
$C_{\text{CuSO}_4}, \text{КГ/М}^3$	1,7	1,5	1,6	1,3	1,45	1,1	1,75	1,2
Сорт вапна	II	I	III	I	II	III	II	I
$\sum[K], \text{МГ-ЕКВ/Л}$	17,8	19,5	23,4	18,6	21,5	25,7	22,9	20,2
$\sum[A], \text{МГ-ЕКВ/Л}$	14,3	17,3	21,8	16,2	18,7	23,2	19,8	18,1

продовження

Показник	Варіант							
	9	10	11	12	13	14	15	
$q_{гв}, \text{м}^3/\text{ГОДИНУ}$	475	453	443	429	432	449	460	
$C_{завись}^{ГВ}, \text{МГ/Л}$	280	330	360	315	295	355	305	
$q_{тв}, \text{м}^3/\text{ГОДИНУ}$	51	63	69	58	52	67	70	
$C_{завись}^{ТВ}, \text{МГ/Л}$	470	430	460	485	455	435	445	
$C_{\text{H}_2\text{SO}_4}, \text{КГ/М}^3$	7,4	7,35	7,2	6,9	6,5	6,7	7,1	
$C_{\text{FeSO}_4}, \text{КГ/М}^3$	6,9	6,45	6,2	6,0	5,5	6,1	5,8	
$C_{\text{ZnSO}_4}, \text{КГ/М}^3$	2,2	2,45	2,1	1,9	1,5	1,75	1,95	
$C_{\text{CuSO}_4}, \text{КГ/М}^3$	1,55	1,4	1,35	1,0	0,95	0,8	1,15	
Сорт вапна	II	III	I	II	I	III	II	
$\sum[K], \text{МГ-ЕКВ/Л}$	24,0	26,8	19,3	18,3	24,9	27,3	30,2	
$\sum[A], \text{МГ-ЕКВ/Л}$	21,3	20,8	16,5	15,8	22,5	24,1	26,9	

Примітки: 1. Приймаємо, що виробництво працює в дві зміни (тривалість

однієї зміни становить 8 годин). 2. Період залпового скиду промислових стічних вод гальванічного виробництва становить $t_3^{TB} = 1,5$ години, травильного – $t_3^{TB} = 3$ години. 3. Коефіцієнт усереднення промислових стічних вод гальванічного виробництва становить $K_y^{TB} = 6,286$, травильного – $K_y^{TB} = 4,769$.

Додаток В

Методи обробки стічних вод, що забезпечують необхідний ступінь їхнього очищення

Таблиця В.1 – Методи видалення з води речовин І групи

Технологічні способи обробки води	Галузь застосування, забруднення, що видаляються	Очисні споруди
<i>Механічне безреагентне розділення</i>		
Відстоювання	Грубодисперсні домішки до 5000 мг/л, кольоровість до 50°	Водозабірні ковші, відстійники
Фільтрування	Завислі речовини до 50 мг/л, кольоровість 50°	Повільні фільтри
Мікропроціджування	Завислі речовини до 1000 мг/л, кольоровість 50°	Попередні фільтри
	Планктон при вмісті більш 1000 кл./см ³ зависі	Мікрофільтри
Центрифугування	Грубодисперсні домішки	Безупинно діючі центрифуги, гідроциклони
<i>Флотація</i>		
Безреагентна флотація	Нафти та масла при вмісті 50-150 г/см ³	Флотатори й пристрої для диспергування повітря
Реагентна флотація	Теж, при необхідності глибокого очищення	
<i>Агрегація за допомогою флокулянтів</i>		
Обробка води коагулянтами з використанням флокулянтів та наступним відстоюванням, фільтруванням	Вміст завислих речовин і кольоровість води не обмежені; патогенні бактерії, спори	Флотатори й пристрої для диспергування повітря, установки для приготування та дозування розчинів флокулянтів

Технологічні способи обробки води	Галузь застосування, забруднення, що видаляються	Очисні споруди
<i>Адгезія на високодисперсних і зернистих матеріалах, а також на гідроксидах алюмінію та заліза</i>		
Фільтрування через наливний шар допоміжної речовини	Дрібнодисперсні зависі сполук заліза та марганцю (при необхідності їх глибокого видалення)	Діатомові та інші наливні фільтри
Фільтрування з використанням явища контактної коагуляції	Завислі речовини до 150 мг/л, кольоровість до 150°	Установки для приготування та дозування розчинів реагентів, контактні освітлювачі або контактні фільтри
Обробка високодисперсними глинистими мінералами з наступним відстоюванням і фільтруванням	Патогенні бактерії, спори	Установки для приготування та дозування суспензій глинистих мінералів, змішувачі, відстійники, фільтри. Установки для приготування та дозування реагентів
Обробка води коагулянтами з наступним видаленням зависі відстоюванням, фільтруванням	Вміст завислих речовин і кольоровість води не обмежені; патогенні бактерії, спори	Установки для приготування та дозування розчинів реагентів, змішувачі, камери утворення пластівців, освітлювачі або відстійники, фільтри
<i>Бактерицидний вплив на патогенні мікроорганізми</i>		
Обробка води окислювачами: - хлорування	- патогенні бактерії, спори	- склади хлору, хлоратори, змішувачі, контактні резервуари, установки для одержання ClO ₂ ; - склади солі, гіпохлоритні установки, змішувачі, контактні резервуари
- озонування	- патогенні бактерії, спори	- озонаторні установки з цехами підготовки повітря та пристроями для введення озону в воду
Знезаражування і консервування води іонами срібла й інших важких металів	Теж, при необхідності тривалого збереження	Іонатори типу ЛК, резервуари для збереження води

Технологічні способи обробки води	Галузь застосування, забруднення, що видаляються	Очисні споруди
Обробка води: - ультразвуком	- патогенні бактерії, спори та ін.	- ультразвукові установки
- ультрафіолетовими променями	- теж, при невеликому вмісті суспензії	- бактерицидні установки

Таблиця В.2 – Методи видалення з води речовин II групи

Технологічні способи обробки води	Галузь застосування, забруднення, що видаляються	Очисні споруди
<i>Окислення хлором, озоном та ін.</i>		
1. Хлорування	Підвищений вміст у воді колоїдних і високомолекулярних сполук, що обумовлюють окислюваність і кольоровість води (35-200°); забруднення води вірусами	Склади хлору, хлоратори, змішувачі, контактні резервуари, установки для одержання двоокису хлору
2. Озонування		Озонаторні установки з цехами підготовки повітря та пристроями для введення озону в воду
<i>Адсорбція на гідроксидах алюмінію або заліза, а також на високомолекулярних глинистих мінералах</i>		
1. Коагуляція у вільному об'ємі: - обробка води коагулянтами з наступним видаленням зависі	- підвищений вміст у воді колоїдних і високомолекулярних сполук, що обумовлюють окислюваність і кольоровість води (35-200°)	- пристрої для приготування розчинів реагентів та їх дозування, змішувачі, камери утворення пластівців, відстійники або освітлювачі, фільтри
- обробка води високодисперсними замутовачами та коагулянтами	- теж, при низькій температурі та малій мутності води, а також при високій забрудненості води вірусами	- теж і пристрої для обробки води замутовачами

Технологічні способи обробки води	Галузь застосування, забруднення, що видаляються	Очисні споруди
2. Контактна коагуляція	Наявність колоїдних і високомолекулярних речовин, що обумовлюють кольоровість води 35-150° при малій її мутності	Пристрої для приготування розчинів реагентів і їхнього дозування, змішувачі та контактні освітлювачі
<i>Агрегація за допомогою флокулянтів катіонного типу</i>		
Обробка води катіонними флокулянтами	Наявність колоїдних і високомолекулярних речовин, що обумовлюють кольоровість води 35-150° при малій її мутності	Пристрої для приготування розчинів флокулянтів, їхнього дозування, камери утворення пластівців, відстійники, фільтри
<i>Ультрафільтрація</i>		
Фільтрування через крупнопористі мембрани	Наявність у воді завислих речовин	Ультрафільтраційні установки на автономних об'єктах
<i>Вируліцидний вплив</i>		
1. Обробка води окислювачами: - хлорування	- забруднення води вірусами	- склади хлору, хлоратори, змішувачі, контактні резервуари, установки для одержання двоокису хлору. Склади солі, електролітичні гіпохлоритні установки, змішувачі, контактні резервуари
- озонування		- озонаторні установки з цехами підготовки повітря та пристроями для введення озону в воду
2. Знезаражування і консервування води іонами срібла й інших важких металів	Теж, при невеликому вмісті хлоридів і необхідності тривалого збереження води	Іонатори типу ЛК, резервуари для збереження води
3. Обробка води ультрафіолетовими променями	Теж, при невеликому вмісті завислих речовин	Бактерицидні установки

Таблиця В.3 – Методи видалення з води речовин III групи

Технологічні способи обробки води	Галузь застосування, забруднення, що видаляються	Очисні споруди
<i>Десорбція газів і відгін летучих органічних сполук</i>		
1. Аерування	Гази та летучі органічні сполуки, що додають воді неприємні присмаки і запахи	Бризкальні басейни, аератори й дегазатори різних типів
2. Евапорація: - парациркуляційний метод - азеотропний відгін	- феноли в стічних водах	- установки для розгонки
<i>Окислювання хлором, озоном, перманганатом калію й ін.</i>		
1. Хлорування	Сірководень (0,3-0,5 мг) – доочищення після аерування; летучі органічні сполуки, що додають воді неприємні присмаки й запахи	Хлоратори, змішувачі, установки для одержання й дозування двоокису хлору
2. Озонування	Домішки, що обумовлюють присмаки й запахи не дуже забрудненої води, при малій ефективності хлорування й вуглевання	Озонаторні установки з цехами підготовки повітря й установки для введення озону в воду
3. Обробка води перманганатом калію	Речовини, що додають воді присмаки й запахи, при незначному її забрудненні і відсутності сполук марганцю	Установки для приготування й дозування розчину перманганату калію
<i>Екстракція органічними розчинниками</i>		
Знефенолювання	Феноли в стічних водах	Екстракційні установки
<i>Адсорбція на активованому вугіллі та інших матеріалах</i>		
Вуглевання	Неприємні запахи й присмаки, що додають воді, домішки природного походження, а також внесені зі стічними водами	Установки для приготування, дозування і змішування з водою вугільної суспензії
Очищення води на вугільних фільтрах і в адсорберах з завислим шаром вугілля	Домішки, що обумовлюють присмаки й запахи; присутні в стічних водах ароматичні органічні речовини	Вугільні фільтри, пристрої для приготування регенераційних розчинів, адсорбери з завислим шаром, печі для активування й регенерації вугілля

Технологічні способи обробки води	Галузь застосування, забруднення, що видаляються	Очисні споруди
<i>Біохімічний розпад</i>		
Розкладання мікроорганізмами: - аеробне	- речовини, що забруднюють стічні води	- аеротенки, біофільтри, відстійники
- анаеробне	- домішки, що містяться в концентрованих стоках, опадах	- метантенки та інші

Таблиця В.4 – Методи видалення з води речовин IV групи

Технологічні способи обробки води	Галузь застосування, забруднення, що видаляються	Очисні споруди
<i>Гіперфільтрація (зворотний осмос)</i>		
Фільтрування води під тиском вище осмотичного через непроникні для іонів мембрани	Загальний солевміст 20-35 г/л	Установки з напівпроникними мембранами
<i>Переведення іонів у малорозчинні сполуки. Утворення малорозчинних солей</i>		
1. Пом'якшення: - термічний спосіб	- жорсткість з перевагою $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, некарбонатна, тільки у вигляді гіпсу; мутність менш 50 мг/л	- термом'якшувачі, внутрішньокотлова обробка
- содово-вапняковий спосіб	- жорсткість 5-30 мг-екв/л; мутність до 500 мг/л	- змішувачі, вихрові реактори, установки типу "Струмінь", освітлювачі та відстійники спеціальних конструкцій
- фосфатний спосіб	- після проведення пом'якшення води до 2 мг-екв/л	
2. Знекремнювання	Підвищена для котлової води кількість SiO_2	Освітлювачі, фільтри

Технологічні способи обробки води	Галузь застосування, забруднення, що видаляються	Очисні споруди
<i>Переведення іонів у малорозчинні сполуки. Утворення малорозчинних гідроксидів</i>		
Видалення кольорових і важких металів, а також магнієвої жорсткості	Вміст іонів металів вище норм, припустимих для стічних вод. Пом'якшення води, що містить значну кількість магнію	Установки для приготування й дозування розчинів, змішувачі, відстійники або освітлювачі, фільтрпреси
<i>Переведення іонів у малорозчинні сполуки. Окислювання закисних форм металів з утворенням їх гідроксидів</i>		
Знезалізнення та видалення марганцю: - аерування або хлорування	- вміст гідрокарбонату заліза до 25 мг/л при лужності до 2 мг-екв/л та окислюваності до 6 мгО ₂ /л, підвищений вміст сполук марганцю	- бризкальні басейни, градирні, контактні резервуари, освітлювальні та контактні фільтри
- окислювання на каталізаторах		- фільтри з піском, покритим оксидами Mn або продуктами окислювання Fe (II)
<i>Сепарація іонів при різних фазових станах води. Переведення в газоподібний стан</i>		
Дистиляція	Загальний солевміст 20-35 мг/л	Випарники різних типів, термокомпресорні агрегати, геліоопріснювачі, двохцільові атомні установки
<i>Сепарація іонів при різних фазових станах води. Перерозподіл іонів в рідинах, що не змішуються</i>		
Екстракція	Солевміст 2-10 г/л, відсутність солей Ca та Mg	Екстракційні та ректифікаційні колони

Технологічні способи обробки води	Галузь застосування, забруднення, що видаляються	Очисні споруди
<i>Сепарація іонів при різних фазових станах води. Переведення води в тверду фазу</i>		
1. Опріснення виморожуванням	Солевміст до 35 г/л	Установки з використанням штучного холоду, площадки для виморожування
2. Газогідратне опріснення		Газогідратні установки, що включають реактор-гідратоутворювач, віддільник і вузол плавлення гідратів
<i>Фіксація іонів на твердій фазі іонітів. Н⁺, Na-катіонування</i>		
1. Пом'якшення	Жорсткість до 14 мг-екв/л, вміст завислих речовин до 10-15 мг/л (при використанні нерухомого шару катіоніту)	Катіонітові фільтри, адсорбери з завислим шаром катіоніту, установки для приготування й дозування
2. Вилучення іонів кольорових металів	Вміст іонів металів вище норм, припустимих для стічних вод	регенераційних розчинів
<i>Фіксація іонів на твердій фазі іонітів. ОН-аніонування</i>		
1. Опріснення	Загальний солевміст до 3-4 г/л; вміст зависі до 8 мг/л; кольоровість до 30°	Іонообмінні фільтри, дегазатори, установки для приготування й дозування регенераційних розчинів
2. Знесолення		
<i>Видалення фтору</i>		
Знефторювання	Вміст іонів фтору більш 1,5 мг/л	Фільтри, завантажені активованим окисом алюмінію
<i>Переведення іонів у малодисоційовані сполуки. Нейтралізація</i>		
Підлужування або підкислення води	Підвищена кислотність або лужність води (рН<6,5 або рН>8,5)	Установки для приготування й дозування розчинів реагентів, змішувачі

Технологічні способи обробки води	Галузь застосування, забруднення, що видаляються	Очисні споруди
<i>Переведення іонів у малодисоційовані сполуки. Утворення комплексних сполук</i>		
Стабілізація	Індекс насичення води $I > 0,5$	Установки для приготування й дозування розчинів реагентів, змішувачі
<i>Використання рухливості іонів в електричному полі</i>		
Електродіаліз	Загальний солевміст 3-10 г/л, мутність до 2 мг/л, вміст заліза до 0,3 мг/л	Установки для електрохімічного знесолення води

Додаток Г

Приклад оформлення технологічного розділу курсової роботи**Розділ 2. Вибір методів та розробка технологічної схеми очищення промислових стічних вод гальванічного та травильного виробництв**

На підставі наведених у вихідних даних значень показників якісного складу стічних вод гальванічного та травильного виробництв, необхідно обрати оптимально відповідний метод їх очищення та розробити технологічну схему очищення стічних вод з врахуванням обраних методів.

У промислових стічних водах гальванічного та травильного виробництв містяться завислі речовини. При цьому завислі речовини, що містяться в стічних водах травильного виробництва, в залежності від розміру частинок, поділяються на пісок (на частку якого приходиться 40% від загальної кількості зависі), середні (40%) та дрібнодисперсні (20%). Крім того, стічні води травильного виробництва містять сірчану кислоту, а також солі кольорових металів, а саме, сульфату заліза, цинку та міді.

Для того, щоб очищення стічних вод було більш ефективним та менш витратним, необхідно провести аналіз методів і апаратів очищення та обрати ті з них, що є найбільш відповідними.

У цій роботі потрібно очистити стічні води від наступних типів забруднень: піску, середніх завислих речовин, дрібнодисперсних речовин, сірчаної кислоти, солей кольорових металів.

Очищення стічних вод від забруднень, що містяться в них, як правило, проводиться в кілька стадій. Загальним принципом послідовності розташування очисних споруд є видалення зі стічних вод забруднень за їх зменшеною крупністю. Для очищення від завислих речовин застосовують механічні методи, за допомогою яких зі стічних вод виділяють мінеральні та органічні домішки.

Для очищення промислових стічних вод від піску використовують пісковловлювачі, від речовин середньої крупності – відстійники, від дрібнодисперсних частинок – фільтри з зернистим завантаженням. Враховуючи вказані у вихідних даних витрати стічних вод, для видалення піску запропоновано використовувати тангенціальні пісковловлювачі з ефективністю очищення 75%, для видалення частинок середньої крупності – відстійники з нисхідно-висхідним потоком води з ефективністю очищення 65%, для видалення дрібнодисперсних частинок – фільтри з висхідним потоком води з ефективністю очищення 85%.

Для очищення кислих стічних вод застосовується метод нейтралізації вапняним молоком. Реагент змішується з оброблюваною стічною водою в змішувачах. В нашому випадку, коли стічна вода обробляється вапняним молоком, буде застосовуватися вертикальний (вихровий) змішувач. Після змішування стічних вод з реагентом починається процес утворення пластівців, який відбувається в реакторах-нейтралізаторах. Наступним етапом стає видалення гідроксидів металів, що утворюються у вигляді зависі, для чого пропонуються вертикальні відстійники з центральним впуском води.

Для більш повного вилучення зі стічних вод солей кольорових металів використовуються іонообмінні методи очищення. При цьому досягається високий ступінь очищення стічної води (до рівня ГДК), а також забезпечується можливість її повторного використання в технологічних процесах або в системах оборотного водопостачання. Крім того, іони використовуються для знесолення води.

Для очищення стічних вод даним способом використовуються катіонітові й аніонітові фільтри першого ступеня.

На підставі обраних методів очищення промислових стічних вод гальванічного та травильного виробництв запропоновано наступну технологічну схему.

Спочатку промислові стічні води гальванічного та травильного виробництв проходять очищення окремо.

Промислові стічні води гальванічного виробництва надходять в усереднювач, що дозволить системі очисних споруд працювати в нормальному постійному технологічному режимі, усереднюючи кількість стічних вод, які нерівномірно надходять на станцію очищення, та хімічний склад. Це дозволить добитися максимальної ефективності роботи очисних споруд без перевитрати реагентів у комбінації з високим ступенем очищення при великій кількості стічних вод. Таким чином, економляться кошти на дорогих реагентах, а якість води завжди лишається відмінною.

Після усереднювача стічні води направляються у вертикальні відстійники з нисхідно-висхідним потоком води, де вловлюються мінеральні нерозчинні забруднення. Після очищення води у відстійниках утворюється осад, що вивантажується з визначеною періодичністю і направляється на шламові площадки.

Промислові стічні води травильного виробництва спочатку надходять у тангенціальні пісковловлювачі для виділення з них мінеральних частинок з

гідравлічною крупністю не меншою 11 мм/с, а потім в усереднювач, тому що ці води характеризуються нерівномірністю складу. Далі промислові стічні води надходять у вертикальний змішувач, де відбувається їх змішування з реагентами. Після змішувача вода направляється в нейтралізатор, а вже потім у вертикальні відстійники центральним впуском води, де відбувається видалення з них осаду. Осад, що утворюється після очищення стічних вод у пісковловлювачах і відстійниках, поєднується в один трубопровід і направляється на шламові площадки.

Після того, як промислові стічні води пройшли очищення окремо, вони поєднуються. Для цього встановлюється проміжна ємність для змішування стічних вод гальванічного і травильного виробництв.

Об'єднаний потік надходить на механічні фільтри з висхідним потоком води для глибокого очищення (видалення дрібнодисперсних частинок) після відстоювання. Пройшовши через механічні фільтри з зернистим завантаженням, вода надходить на іонообмінне очищення через катіонітові й аніонітові фільтри першого ступеня. Тут відбувається вилучення зі стічних вод катіонів сильних лугів і аніонів сильних кислот.

Очищена вода збирається в ємність, а потім або використовується в якості оборотної для промивання фільтрів, або направляється у виробництво.

Запропоновану технологічну схему очищення промислових стічних вод гальванічного та травильного виробництв наведено на рис. Г.1.

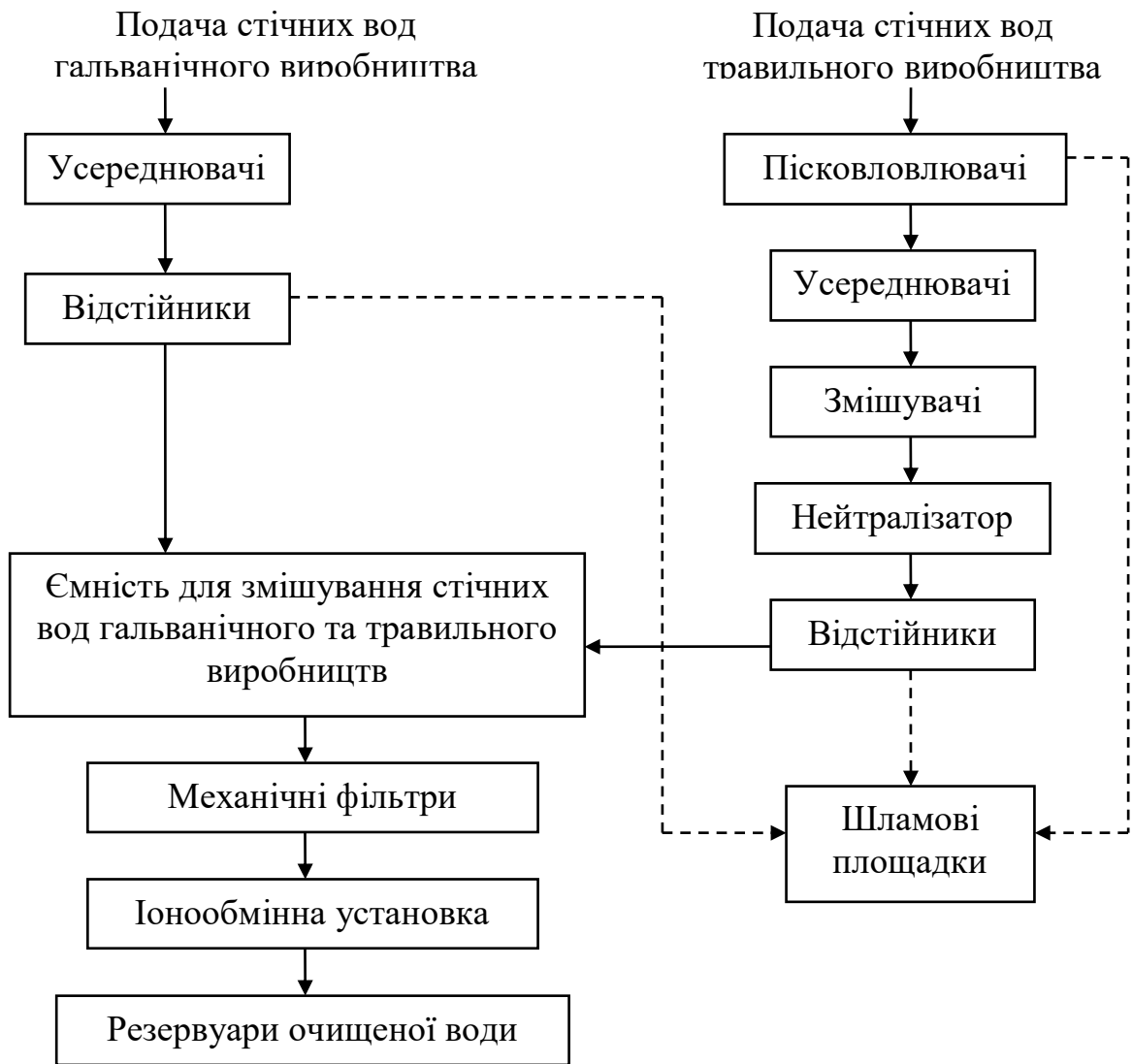


Рис. Г.1. Технологічна схема очищення промислових стічних вод гальванічного та травильного виробництв

**Характеристика та параметри обладнання для очищення
промислових стічних вод**

Таблиця Д.1 – Основні показники усереднювачів проточного типу

Робочий об'єм, м ³		Число усереднювачів	Розміри, м				
max	min		загальна ширина всіх каналів	довжина каналу	ширина каналу	глибина каналу	ширина збірної лотка
40	30	1	6	6	1,5	1,25	0,3
64	48	1	9	6	1,5	1,25	0,4
100	75	1	9	9	1,5	1,25	0,4
160	120	1	12	12	1,5	1,25	0,4
252	189	1	15	12	1,5	1,5	0,8
400	300	1	18	15	3	1,5	0,8
500	375	1	18	18	3	1,5	0,8
640	480	1	21	21	3	1,5	0,8
800	600	1	24	24	3	1,5	0,8
1000	750	1	27	27	3	1,5	0,8
1260	945	2	21	21	3	1,5	0,8
1600	1200	2	24	24	3	1,5	0,8
2000	1500	2	27	27	3	1,5	0,8

Примітка: Висота усереднювачів становить 2 м.

Таблиця Д.2 – Основні розміри горизонтальних пісковловлювачів з коловим рухом води

Пропускна здатність, Q , м ³ /добу	Основні розміри пісковловлювача, м			
	зовнішній діаметр, D	відстань між центрами відділень, R	ширина кільцевого жолоба, $b_{ж}$	ширина лотків впуску та випуску води, $b_{л}$
1400-2700	4	6	0,5	0,2
2700-4200	4	6	0,5	0,25
4200-7000	4	6	0,5	0,3
7000-10000	4	6,5	0,8	0,35
10000-17000	6	10	1	0,6
17000-25000	6	11	1,4	0,9
25000-40000	6	11	1,5	0,9
40000-64000	6	11	1,8	0,9

Таблиця Д.3 – Розрахункові параметри пісковловлювачів

Діаметр частинок піску, що затримується, $d_{п}$, мм	Гідравлічна крупність піску, u_0 , мм/с	Значення коефіцієнта K в залежності від типу пісковловлювача та відношення ширини B до глибини H аерованих пісковловлювачів			
		горизонтальні	аеровані		
			$B:H=1$	$B:H=1,25$	$B:H=1,5$
0,15	13,2	-	2,62	2,5	2,39
0,2	18,7	1,7	2,43	2,25	2,08
0,25	24,2	1,3	-	-	-

Таблиця Д.4 – Характеристика параметрів пісковловлювачів різних типів

Тип пісковловлювача	Гідравлічна крупність піску, u_0 , мм/с	Швидкість руху стічних вод, v , м/с, при притоці		Глибина, H , м	Вологість піску, %	Вміст піску в осаді, %
		max	min			
Горизонтальний	18,7-24,2	0,15	0,3	0,5-2	60	55-60
Аерований	13,2-18,7	-	0,08-0,12	0,7-3,5	-	90-95
Тангенціальний	18,7-24,2	-	-	0,5	60	70-75

Таблиця Д.5 – Розрахункові параметри первинних відстійників

Тип відстійника	Коефіцієнт K_{set}	Робоча глибина, H_p , м	Ширина, B_{set} , м	Швидкість робочого потоку, v , мм/с
Горизонтальний	0,5	1,5-4	$2H_p-5H_p$	5-10
Вертикальний	0,35	2,7-3,8	-	-
Вертикальний нисхідно-висхідним потоком води	0,65	2,7-3,8	-	$2u_0-3u_0$
Радіальний	0,45	1,5-5	-	5-10
Радіальний з обертовим збірно-розподільчим пристроєм	0,85	0,8-1,2	-	-
С тонкошаровими блоками: - протиточна (прямоточна) схема роботи	0,5-0,7	0,025-0,2	-	-
- перехресна схема роботи	0,8	0,025-0,2	-	-

Примітки: Коефіцієнт K_{set} визначає гідравлічну ефективність відстійника та залежить від конструкції водорозподільних і водозбірних пристроїв.

Таблиця Д.6 – Характеристика вапногасилок та кульових млинів

Марка	Продуктивність, тонни/годину	Габаритні розміри, мм			Потужність електродвигуна, кВт
		довжина	ширина	висота	
Вапногасилки					
С-322	1,0	1770	1750	1540	2,8
С-703	1,5-2	3260	980	1030	2,8
СМ-1247	2-3	280	996	1560	2,2
Кульові млини					
СМ-432	0,5-0,9	5088	1800	1700	20
СМ-6003	1,5-1,6	7335	2215	2220	55
СМ-6001	2,9-13,3	9569	3140	2800	100

Таблиця Д.7 – Характеристика гідравлічних і лопатевих мішалок

Марка мішалки	Об'єм, м ³	Діаметр циліндричної частини, мм	Висота циліндричної частини, мм	Повна висота, мм	Потужність електродвигуна, кВт
Гідравлічні мішалки					
М-1	1	1200	1000	1700	-
М-2	2	1600	1100	1926	-
М-4	3	1600	1530	2800	-
М-8	8	2000	2040	3800	-
М-14	14	2600	2610	4600	-
Лопатеві мішалки					
ПМТ-16	2,9	1600	1720	3015	1,5
ПМТ-20	5,6	2000	2120	3440	5,5
ПМТ-25	12,2	2500	2620	4240	5,5
ПМТ-31	24,5	3100	3255	4508	3,0
ПМТ-40	41,0	4000	3890	2800	3,0

Таблиця Д.8 – Характеристика повітродувок

Надлишковий тиск, м	Подача повітря $Q_{\text{повітря}}$, м ³ /хвилину			
	Марка повітродувки			
	ВК-1,5	ВК-3	ВК-6	ВК-12
3	1,58	3,48	6,3	10,5
6	1,4	3,1	5,7	10,4
8	1,18	2,54	5,45	10,3
10	0,91	2,09	4,9	10,2
12	0,64	1,54	4,2	9,9
14	0,38	0,98	3,6	9,6
16	0,13	0,55	2,75	9,2
18	0	0	1,9	8,9
22	-	-	0	7,8
Потужність електродвигуна, кВт	4	7,5	18,5	22
Довжина	660	1225	1500	1840
Ширина	562	527	580	780
Висота	850	990	1370	1750

Таблиця Д.9 – Основні характеристики змішувачів

Конструкція	Продуктивність водоочисної станції, тис. м ³ /добу	Максимальне навантаження на один змішувач, тис. м ³ /добу	Умови застосування
Перегородчасті	до 14	до 14	Рух води самопливом
	більш 300	будь-яке	
Дірчасті	до 24	до 24	
Вихрові	до 100	до 36	
Шайбові	будь-яка	будь-яке	Довжина трубопроводу після змішувача не менш 50 м
Механічний	від 14 до 28	до 28	Відсутність умов для руху води самопливом

Таблиця Д.10 – Галузь застосування фільтрів із зернистим завантаженням і ефективність очищення

Фільтр		Варіанти застосування	Ефективність очищення, %	
			за БСК _{повн}	за завислими речовинами
Одношарові зі спадним потоком	дрібнозернисті	Доочищення виробничих стічних вод після механічного очищення для затримання дрібнодисперсних завислих частинок, а також біологічно очищених міських стічних вод	50-60	70-75
	крупнозернисті		35-40	45-50
Одношарові з висхідним потоком			50-65	70-85
Двошарові		Доочищення виробничих або побутових стічних вод, що не містять волокнистих домішок і речовини, що клеять	60-70	70-80
Аеровані		Глибоке видалення колоїдних і розчинених органічних забруднень	75-80	80-90
Каркасно-засипні		Доочищення біологічно виробничих або очищених міських стічних вод, загального стоку машинобудівних заводів	70	70-80
З завантаженням, що плаває		Доочищення механічно очищених виробничих стічних вод (металургійна, хімічна та легка промисловість), а також біологічно очищених міських стічних вод	65-75	70-85

Таблиця Д.11 – Розрахункові параметри зернистих фільтрів з висхідним потоком води

Параметри фільтруючого завантаження				Висота шару, м	Швидкість фільтрування, м/годину, при режимі	
фільтруючий матеріал	гранулометрична характеристика завантаження, d , мм				нормальному	форсованому
	мінімальний	максимальний	еквівалентний			
кварцовий пісок	1,2	2	1,5-1,7	1,5-2	11-12	13-14
підтримуючий шар – гравій	2	40	-	0,75-0,95		

Таблиця Д.12 – Параметри промивання водою завантаження з кварцового піску

Інтенсивність промивання, л/с·м ² , фільтрів за етапами	Тривалість етапу промивання, хвилини	Тривалість фільтроциклу, години
1. Повітря – 15-20; 2. Повітря (15-20) та вода (3-4); 3. Вода (6-8)	1. 1-2; 2. 4-5; 3. 4-5	12 або 24

Начальне видання

КУЛКОВА Дар'я Володимирівна
ПАВЛИЧЕНКО Артем Володимирович

ПРИРОДООХОРОННІ ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

Методичні рекомендації до виконання курсової роботи
для здобувачів ступеня магістра освітньо-наукової програми
«Ресурсозбереження в гірничо-металургійному комплексі»
зі спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища

Видано в авторській редакції.

Електронний ресурс
Підписано до видання 12.11.2024. Авт. арк. 6,9.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19