

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Т. С. Айрапетян

ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ОЧИСТКА СТІЧНИХ ВОД ПРОМИСЛОВИХ
ПІДПРИЄМСТВ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні
технології

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2021

Айрапетян Т. С. Водопостачання та очистка стічних вод промислових підприємств : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології / Т. С. Айрапетян ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 138 с.

Автор
канд. техн. наук, доц. Т. С. Айрапетян

Рецензенти:

С. С. Душкін, доктор технічних наук, професор кафедри водопостачання, водовідведення і очищення вод Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

Т. О. Шевченко, кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення і очищення вод Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення і очищення вод, протокол № 1 від 30.08.2018.

Конспект лекцій складено з метою допомоги студентам будівельних, екологічних спеціальностей ЗВО під час підготовки до занять та іспитів з курсу «Водопостачання та очистка стічних вод промислових підприємств».

© Т. С. Айрапетян, 2021
© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
ЗМ 1.1 ПІДГОТОВКА ТА ВИКОРИСТАННЯ ВОДИ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ.....	6
ТЕМА 1. ВИКОРИСТАННЯ ВОДИ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ.....	6
1.1 Особливості систем виробничого водопостачання.....	6
1.2 Типи водоспоживання.....	10
1.3 Витрати води на промислових підприємствах.....	12
1.4 Вимоги споживачів до якості води.....	14
ТЕМА 2 ПРОМИСЛОВІ СТІЧНІ ВОДИ.....	19
2.1 Класифікація методів очищення промислових стічних вод....	19
2.2 Склад та властивості виробничих стічних вод.....	20
2.3 Режим водовідведення.....	26
ТЕМА 3 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ З ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД.....	27
3.1 Методи і схеми очищення.....	27
3.2 Усереднення концентрації забруднень і витрати стічних вод. Конструкції усереднювачів.....	29
ТЕМА 4 МЕХАНІЧНА ОЧИСТКА ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД.....	33
4.1 Відстоювання стічних вод. Типи відстійних споруд, їх конструктивні особливості	33
4.2 Фільтрування стічних вод.....	44
ТЕМА 5 ФІЗИКО-ХІМІЧНА ОЧИСТКА СТІЧНИХ ВОД.....	52
5.1 Сутність флотації. Загальні відомості про флотацію, формування флотаційного агрегату.....	53
5.2 Види флотації. Схема напірної флотації.....	55
ТЕМА 6. ХІМІЧНІ Й ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД.....	62
6.1 Основні способи нейтралізації. Реагенти, установки для нейтралізації.....	62
6.2 Обробка стічних вод електрофлоутацією.....	67
6.3 Очистка промислових стічних вод методами електрокоагуляції та електрофлоотокоагуляції.....	69

ЗМ 1.2 ЗВОРОТНІ ТА БЕЗСТІЧНІ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ.....	73
ТЕМА 7 ЗВОРОТНІ ТА ЗАМКНЕНІ СИСТЕМИ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ГІРНИЧОМЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ.....	73
7.1 Водне господарство підприємств чорної металургії.....	73
7.2 Обробка стічних вод на локальних очисних спорудах.....	74
7.3 Досвід проектування і практика експлуатації замкнених (безстічних) й маловідходних систем водного господарства. Значення хвостових установок.....	83
ТЕМА 8 МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ І СТІЧНИХ ВОД, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ ДЛЯ ПІДЖИВЛЕННЯ ЗАМКНЕНИХ ЗВОРОТНИХ СИСТЕМ.....	90
8.1 Формування сольового складу і стабілізація іонного складу води в безпродувочних системах зворотного водопостачання.....	90
8.2 Пояснення підживлювальної води і стабілізувальної витрати зворотної води.....	94
8.3 Іонообмінне коректування мінерального складу очищених стічних вод й стабілізувальної витрати перед підживленням замкнених зворотних систем.....	96
ТЕМА 9 ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ГАЛЬВАНІЧНИХ ЦЕХІВ МАШИНОБУДІВНИХ ЗАВОДІВ ТА ПІДПРИЄМСТВ МЕТАЛУРГІЇ ВІД ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ.....	99
9.1 Гальванічне виробництво машинобудівних підприємств і металургійних заводів. Особливості стічних вод.....	99
9.2 Огляд основних методів очищення стічних вод гальванічних виробництв.....	101
9.3 Метод іонної флоатації з використанням іоноактивних ПАР для очищення промислових стічних вод.....	106
9.4 Доочищення виробничих стічних вод від іоноактивних ПАР.	109
9.5 Відстійники, шламонакопичувачі і хвостосховища стічних вод і шламів гірничометалургійних підприємств, їх вплив на водний басейн р. Дніпро.....	112
ТЕМА 10 ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД ВІД СУСПЕНЗІЙ І СПОЛУК ВАЖКИХ МЕТАЛІВ.....	117
10.1 Основне обладнання для очищення стічних вод металургійних і машинобудівних заводів, забруднених суспензіями й солями ВРМ, розроблене в ДП УкрНТЦ «Енергосталь».....	117
10.2 Зниження вмісту цинку в оборотній воді систем газоочисток доменного виробництва.....	129
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	136

ВСТУП

Водне господарство промислових підприємств містить у собі комплекс систем господарсько-питного і протипожежного водопостачання та промислового водопостачання, що призначене для надійного забезпечення водою належної якості виробничих процесів на підприємствах різних галузей промисловості й є складовою частиною всієї системи водного господарства промислового підприємства, що включає також його системи водовідведення.

Для забезпечення водою промислово-господарського комплексу необхідно мати цілий ряд споруд для забору води, її підйому, очистки, накопичування, транспортування і розподілу. Набір цих споруд залежить від наявності й якісних показників водних джерел, вимог споживачів до води та кількості споживачів, складу самих споживачів, наявності обладнання, матеріалів тощо.

Системи промислового водовідведення забезпечують нормальне та високоефективне функціонування промпідприємства, здійснюють очистку стічних вод до необхідного ступеня з метою їх повторного використання, що сприяє охороні водоймищ від забруднень і раціональному використанню води.

Мета дисципліни «Водопостачання та очистка стічних вод промислових підприємств» – підготовка фахівця, який володітиме знаннями та вміннями, пов'язаними з вирішенням питань водопостачання, водовідведення та очистки стічних вод, розробкою раціональних схем водокористування, створенням зворотних систем промислового водопостачання.

ЗМ 1.1 ПІДГОТОВКА ТА ВИКОРИСТАННЯ ВОДИ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

ТЕМА 1 ЗАСТОСУВАННЯ ВОДИ В ПРОМИСЛОВОСТІ

- 1.1 Особливості систем виробничого водопостачання.
- 1.2 Типи водоспоживання.
- 1.3 Витрати води на промислових підприємствах.
- 1.4 Вимоги споживачів до якості води.

1.1 Особливості систем виробничого водопостачання

Промислові підприємства є практично в кожному населеному пункті. Це можуть бути невеличкі заводи місцевої промисловості (цегельні, залізобетонних конструкцій), переробки сільськогосподарської продукції або заводи-велетні (металургійні, хімічної промисловості тощо). Вони можуть працювати в одну, дві чи три зміни. Воду найчастіше витрачають протягом робочої зміни. Деякі з підприємств не працюють у окремі період року. Потреби підприємств у воді складаються з технологічних і господарсько-питних. Режим споживання води на технологічні потреби залежить від устаткування, технології виробництва та інших факторів і встановлюється технологами. Витрата води прямо пов'язана з організацією виробничого процесу - безперервного або періодичного.

Характерною особливістю промислового водопостачання є ті вимоги, що ставляться до води, яку споживають. Якість води може змінюватися від дуже забрудненої до надто чистої залежно від виду виробництва. Десять три чверті від усієї свіжої води, що споживають припадає на так звану технічну воду, тобто воду з джерела, що пройшла тільки грубу механічну очистку.

Різні і вимоги до вільних напорів на вводах, які визначаються типом устаткування й установок, що використовують, висотою виробничих будівель.

Велике значення має надійність подачі води, особливо для безперервних виробництв, наприклад доменного процесу.

Вимоги виробничих споживачів до забезпечення їх водою (обсяги водоспоживання, вимоги до якості води й високі вимоги до надійності) обумовлюють особливий підхід до вибору насосного устаткування, джерела й системи водопостачання. Велика вартість систем водопостачання крупних промислових підприємств викликає необхідність ретельного глибокого техніко-економічного аналізу можливих варіантів вирішення цієї проблеми для вибору оптимального варіанта. Для деяких крупних виробничих об'єктів потрібні настільки великі витрати води, що часто місцевих водних джерел виявляється недостатньо. Крім того, місце розташування багатьох промислових підприємств у значній мірі продиктоване наявністю джерел сировини, родовищ корисних копалини, місцевого палива тощо. В подібних умовах доводиться звертатися до використання видалених джерел води, досить потужних для задоволення потреб підприємства.

Промислові підприємства витрачають велику кількість води, а деякі підприємства вимагають навіть безперервної подачі води. Зі збільшенням потужності підприємств, використанням складних технологічних процесів потреби у воді збільшуються. Витрати води, що споживає промисловість, у десятки разів перевищують кількість води, що споживає населення. Наприклад, кількість води, що використовують тільки на охолодження металургійні підприємства, складає більше 5 млрд. м³ на рік, що в два рази перевищує водоспоживання населення.

Найбільш крупними споживачами води є металургійні, нафтопереробні, хімічні заводи, теплосилові станції, що використовують воду для охолодження; підприємства целюлозно-паперової та гірничодобувної промисловості, де значну кількість води використовують для промивки сировини та продукції.

Система водопостачання промислових підприємств являє собою комплекс споруд, устаткування і трубопроводів, що забезпечують забір води з природного джерела, очищення і її обробку, транспортування і подачу води споживачам необхідної кількості та якості.

У системах технічного водопостачання передбачають також споруди й устаткування, необхідне для прийому відпрацьованої води й підготовки її для повторного використання, а також станції очищення стічних вод.

На підприємствах у залежності від прийнятих технологій, виготовленої продукції, потужності, займаних площ може існувати декілька систем водопостачання. В цілому можна виділити такі системи водопостачання: виробничі, господарсько-питні й протипожежні.

Господарсько-питна система подає воду для питних та інших потреб робітників і службовців протягом зміни, а також для прийняття душу протягом 45 хв. після закінчення зміни. Залежно від виду виробництва (холодні або гарячі цеха) в розрахунках встановлюють графік витрачання води протягом зміни. Воду забирають питними фонтанчиками, раковинами, мийками, різними санітарними приладами. Для розрахунків вважають, що воду споживають усі працюючі, а душем користуються не всі працівники, а якась їх частина. Кількість працюючих, які приймають душ, встановлюють залежно від типу виробництва. Якість води повинна відповідати вимогам “Вода питна”.

Протипожежна система має подавати воду тільки під час пожежі з зовнішньої та внутрішньої мереж. Витрати води на пожежогасіння можуть бути великими, але це спостерігається дуже рідко. Використовувати можна воду як питної, так і іншої якості.

Вимоги до якості води господарсько-питного призначення і води, що йде на технічні потреби (технічної води) різні. Тому на більшості промислових підприємств споруджують окремі системи господарсько-питного й технічного водопостачання. Протипожежні потреби можна забезпечити водою з виробничого або господарсько-питного водопроводу. Якщо промислове підприємство розташоване на території міста, то виникає питання про можливість об'єднання його водопостачання з міським. Рішення залежить від необхідних витрат води, її якості, напору й ряду місцевих умов.

Для підприємств, що є великими споживачами неочищеної води, звичайно будують самостійний (окремий від міського) виробничий водопровід.

Іншим характерним типом об'єктів водопостачання є великі підприємства, що розташовані за межами міста. При проектуванні водопроводів подібного промислового підприємства та селища при ньому, необхідно враховувати витрати на виробничі потреби підприємства, господарсько-питні потреби населення житлового селища й робочих під час перебування їх на виробництві, на поливання заводської території та зелених насаджень, на гасіння пожежі на підприємстві й у селищі. На промислових підприємствах у залежності від якості води, що воно використовує можна влаштовувати як об'єднані, так і окремі системи господарсько-питного, виробничого та протипожежного водопроводів. Протипожежний водопровід здебільшого об'єднують з господарсько-питним. На підприємствах з підвищеною небезпечністю влаштовують окремі протипожежні водопроводи. В разі потреби в якісній воді (кращій ніж питна) для якогось цеху можна робити локальні установки поліпшення якості води.

Іноді система виробничого водопостачання значно ускладнюється тим, що окремі виробничі споживачі, що входять до складу підприємства, пред'являють різні вимоги до якості води або до напору, під яким вона надходить. Тому доводиться споруджувати декілька систем виробничих водопроводів.

Кількість і якість води для виробничих потреб залежать від характеру виробництва, схеми технологічних процесів, обладнання, що використовують, можливих джерел водопостачання. Звичайно, ці параметри задають технологи і вони можуть коливатися в дуже широких межах. Різноманітні вимоги до якості води потребують навіть різних виробничих систем. Вимоги до якості води дуже часто визначають можливі схеми водопостачання. В деяких випадках якість води може визначати питоме водоспоживання. Так, при охолодженні мартенівських печей на Донбасі жорсткою водою на одну піч використовують 250-500 м³/год, а на Уралі при більш якісній воді – всього 150-300 м³/год.

Споживачі технічної води в промисловості та її призначення у виробничих процесах дуже різноманітні. Навіть на одному й тому ж підприємстві воду можуть використовувати для різних цілей.

Виробнича система забезпечує водою тільки виробничі процеси. При цьому в залежності від типу виробництва на підприємстві можуть бути споживачі з різними вимогами до якості води. Як приклад, можна навести водопостачання сучасного заводу синтетичного каучуку, де існує 10 мереж води різної якості.

1.2 Типи водоспоживання

Воду в промисловості витрачають на самі різноманітні цілі. З усього різноманіття функціонального використання водних ресурсів у промисловості найбільшу кількість води використовують у якості охолоджувача (50-70%), розчинника (15-20%), транспортуючого агента (15-25%). У цілому водоспоживання у виробництві можна класифікувати так: охолодження, промивання, пароутворення, гідротранспорт, як складова продукції.

Охолодження. Воду на охолодження використовують для конденсації пари, охолодження печей, машин, агрегатів. Звичайно, питома вага цих втрат значно перевищує інші витрати води і безперервно зростає. Так, у чорній і кольоровій металургії, в нафтопереробній промисловості на водяне охолодження використовують 95% води і тільки 5% на підсобні потреби, в хімічній і коксохімічній відповідно 90% і 10%. Наприклад, на теплових електростанціях 85% загальної витрати води використовують на охолодження, 12% - на транспортування золи (на станціях, де вугілля використовують як паливо), 3% - на приготування пари.

Промивання водою сировини або продукції. Велику кількість води витрачають на підсобні потреби (промивання виробів). Так, наприклад, воду використовують для промивки, замочування та зволоження в целюлозно-паперовій, текстильній, шкіряній промисловості, на фабриках виробництва штучного волокна. Промивання водою сировини або продукції здійснюють,

наприклад, на таких підприємствах, як шкіряні, консервні, овочесушильні, цукрові тощо.

Пару, яку одержують на різноманітному за потужністю та конструкцією паросиловому обладнанні, використовують практично на всіх підприємствах для обігріву приміщень, підігріву різних матеріалів, прогріву продукції – скажемо залізобетонних плит на заводі будівельної індустрії тощо.

Гідротранспорт передбачає транспортування потоком води лотками або жолобами шлаку, золи, сировини тощо. Наприклад, на теплосилових станціях воду використовують для транспортування шлаку й золи, в доменному виробництві для транспортування шлаку, на збагачувальних фабриках для транспортування різних відходів, на цукрових заводах для транспортування цукрових буряків тощо.

Вода в складі продукції - прикладом можуть бути харчова промисловість, будівельна індустрія. Це стосується виготовлення консервів і продукції на овочесушильних виробництвах, молочних заводах, виготовлення цегли на цегляних заводах тощо.

Таким чином, у загальному випадку, водоспоживання конкретного підприємства – це комплекс, що складається з окремих систем, які забезпечують ті чи інші категорії споживачів.

У залежності від ролі, що виконує вода в системах виробничого водопостачання, її можна поділити на чотири категорії:

- *Воду I категорії* використовують для охолодження обладнання і продукту в теплообмінних апаратах (без контакту з продуктом). Вода тільки нагрівається і вона практично не забруднюється. Тобто вода виконує роль теплоносія.
- *Воду II категорії* використовують як середовище, що поглинає та транспортує домішки, без нагрівання (збагачення корисних копалин, гідро-транспортування). Вода забруднюється механічними та розчинними домішками, але не нагрівається.

- *Воду III категорії* використовують також як середовище, що поглинає та транспортує механічні й розчинні домішки, з нагріванням (вода також виконує роль теплоносія). В цьому випадку воду використовують комплексно. Наприклад, уловлювання й очистка газів, гасіння коксу та ін.).
- *Воду IV категорії* використовують у якості розчинника реагентів, наприклад флотаційне збагачення руди, вугілля.

1.3 Витрати води на промислових підприємствах

Промислові підприємства витрачають значну кількість води. Воду використовують на виробничі, господарсько-питні й протипожежні потреби. До найбільш значних виробничих споживачів належать металургійні, нафтопереробні, хімічні заводи, теплоелектростанції, що використовують воду для охолодження, целюлозно-паперової і гірничодобувної промисловості, де значну кількість води використовують для промивки сировини й продукції.

Воду використовують для конденсації й отримання пари, як гідротранспорт, пиловловлювання і для багатьох інших потреб. Залежно від призначення води у виробництві до якості води пред'являють різні вимоги.

Значні обсяги споживання води в промисловості потребують особливої уваги до питань її економії та раціонального використання, усунення втрат води з витокami і в охолоджувачах оборотної води. Для оборотних систем водопостачання промислових підприємств важливо розрізняти витрати оборотної води, необхідні для виробництва продукції і витрати «свіжої води», що забирають з джерела водопостачання для поповнення втрат води на виробництві. Для підвищення ефективності роботи системи водного господарства промислових підприємств і захисту навколишнього природного середовища необхідно прагнути до зниження витрат свіжої води і зменшення об'ємів стічних вод, що скидають у водойми.

Витрати води на виробничі потреби підприємств залежать від характеру й обсягу виробництва та застосованих технологічних процесів і визначають за нормами водоспоживання або питомими витратами води на одиницю продукції.

Норма водоспоживання для виробництва однакової продукції визначається рядом факторів:

- видом і якістю сировини;
- технологічною схемою виробництва;
- застосуванням обладнання;
- системою водопостачання;
- місцевими умовами;
- якістю води, що використовують;
- умовами використання води (температура нагріву, ступінь забруднення).

Також слід відмітити, що для одного й того ж виробництва норма водоспоживання може змінюватися в широких межах. Наприклад, при різній якості води норми водоспоживання можуть відрізнятись в 1-2 рази. Так, охолодження мартенівських печей Донбасу жорсткою водою потребує 250-500 м³/год на піч при температурному перепаді 10°C, а для заводів Уралу 150-300 м³/год при температурному перепаді 20°C, оскільки якість води краща. Для охолодження конденсаторів турбін на 1 кВт потужності витрачається 300 л води при температурі 25°C, а при температурі 15°C – 200 л.

Нормою водоспоживання вважається доцільна кількість води, що необхідна для виробничого процесу і встановлена на основі передового досвіду або науково обґрунтованого розрахунку.

Орієнтовно для розрахунків споживання води на виробничі потреби норми водоспоживання приймають за довідником.

Для різних підприємств витрати води на одиницю продукції (м³/т) змінюються в широких межах:

- підприємства вугільної промисловості – 3-5;
- металургійні заводи з повним циклом виробництва (доменні печі, мартенівські печі, газоочистка, прокатні стани, повітродувні станції) на 1 т чавуна – 150-200;
- нафтопереробні заводи – 100-120;
- заводи синтетичного каучуку – 600-1000;

- виробництво пластмас –200-250;
- машинобудівельні заводи – 15-20;
- молочні заводи – 15-20;
- м'ясокомбінати – 10-15;
- підприємства целюлозо-паперової промисловості – 50-800.

Значні витрати води характерні для теплоелектростанцій (табл.1.1)

Таблиця 1.1

Потужність, тис. кВт	25	50	100	200	1200
Витрата води, м ³ /год	5000	12000	20000	40000	200000

При таких великих витратах зазвичай застосовують оборотне водопостачання з додаванням 3-5% свіжої води.

Режим витрачання води на ПП відрізняється від режиму роботи комунального водопостачання і залежить від особливостей технологічного процесу: може бути рівномірним, нерівномірним і епізодичним.

1.4 Вимоги споживачів до якості води

Основними показниками, що визначають придатність води для різних категорій споживачів води є склад і концентрація домішок, що містяться в ній. За специфікою вимог до якості очищеної води розрізняють воду, що використовують для господарсько-питних потреб робочих і службовців промислових підприємств, для охолодження елементів технологічних агрегатів, підживлення парових котлів, технологічних потреб промисловості та ін.

Якість і властивості води, що подають для виробничих потреб, встановлюють у кожному конкретному випадку в залежності від ролі води та вимог технологічного процесу виробництва з урахуванням сировини, що використовують.

Загальними є наступні вимоги до якості та властивостей технічної води:

- 1) вода не повинна бути шкідливою для здоров'я обслуговуючого персоналу;

- 2) не повинна погіршувати якість продукції;
- 3) не повинна викликати корозії;
- 4) не повинна давати карбонатних та інших сольових відкладень і не викликати біологічного обростання;
- 5) не повинна погіршувати техніко-економічні показники виробничного процесу.

Вода для охолодження. В промисловості найбільшу кількість води використовують для охолодження технологічного обладнання, пари, рідких і газоподібних продуктів, конденсаторів парових турбін, металургійних печей. При цьому застосовують прямоточні й оборотні системи водопостачання.

Основні вимоги до якості охолоджуючої води зводяться до забезпечення високоефективної роботи теплообмінного обладнання. При цьому на поверхні охолоджуючих елементів не повинно виникати корозійних процесів і утворення сольових механічних або біологічних відкладень. Інакше будуть порушені умови теплопередачі, збільшаться енергетичні витрати, погіршаться експлуатаційні характеристики системи та буде відбуватися руйнування конструкційних матеріалів.

Якість охолоджуючої води визначається умовами застосування. Так, звичайно обмежують максимальну температуру нагріву води і бікарбонатів кальцію і магнію, загальну жорсткість води, вміст завислих речовин, їх гранулометричний склад, вміст заліза, марганцю, органічних сполук для запобігання утворення накипу, засмічення відкладеннями суспензії або біообростання холодильних апаратів чи конденсаторів, а також трубопроводів, що знижує ефективність роботи всієї системи охолодження і збільшує витрати на експлуатацію.

Для запобігання утворенню накипу в оборотних системах при нагріві води нормують як карбонатну тимчасову жорсткість, так і не карбонатну жорсткість. Присутність у воді солей марганцю і заліза, а також біогенних елементів азоту й фосфору може сприяти розвитку біологічних обростань

апаратів і труб (зменшенню живого перерізу і внаслідок цього збільшенню втрат напору).

В охолоджуючій воді нормують рН (6,5-8,5), обмежують вміст сульфатів і хлоридів, при підвищеному вмісті яких вода становиться агресивною по відношенню до бетону. Окремі вимоги такі - карбонатна жорсткість повинна бути не більшою ніж 5 мг-екв/л, вміст завислих речовин допустимий для коробчастих конденсаторів – 30-50 мг/л, трубчастих – 100 мг/л, вміст сірководню – 0,5 мг/л, заліза – 0,1 мг/л.

Особливу роль у охолоджуючій воді грають розчинені гази й кисень, вуглекислота, сірководень, метан. Вуглекислота, кисень, сірководень при певних умовах надають воді корозійні властивості по відношенню до металів і бетонів. Присутність у воді вуглекислоти суттєво впливає на її якість.

За концентрацією агресивної вуглекислоти (це різниця між вільною і рівноважною вуглекислотою) можна судити про агресивність або стабільність води. У поверхневих водах наявність вуглекислоти виключена, а в підземних може бути значною. Наявність у воді сірководню та кисню інтенсифікує процес корозії металів.

Вода для технологічних цілей промисловості. Вимоги до води, що використовують для технологічних процесів, відрізняються значним різноманіттям обумовленим специфікою виробництва. В цілому вони нижчі за вимоги ГОСТ 2874-83 “Вода питна” і таку воду називають технічною. Однак для ряду виробництв за деякими показниками ці вимоги можуть бути значно вищі, оскільки для багатьох галузей промисловості виключно важливе значення має одержання вимог відносно вмісту у воді різних речовин. Так, наприклад, лімітують жорсткість води при її використанні на підприємствах паперової і текстильної промисловості, виробництві штучних волокон. Вміст заліза й марганцю строго обмежують у воді, що використовують при виробництві пластмас, кіноплівки й фотопаперу. В харчовій і текстильній промисловості обмежують окисність води і вміст хлоридів. У воді, що використовують для приготування розчинів кислот, луг, барвників, мила жорсткість води не

повинна перевищувати 0,35 мг-екв/л. Вода, що використовується з промивною метою, не повинна містити речовин, які негативно впливають на матеріал, що промивається. Специфічні вимоги пред'являють до води, що входить до складу продукції.

Для ряду виробництв, у гірничодобувній промисловості при збагаченні корисних копалин, у воді для гідротранспорту, обмиванні й сортуванні сировини повинні бути відсутні грубодисперсні домішки.

Вимоги до якості охолоджуючої води при її комплексному використанні в якості середовища, що поглинає і транспортує забруднення при безпосередньому зіткненні з продуктом (пиловловлення й очистка газів, гасіння коксу та ін.) визначаються властивостями, видом, складом цього продукту, а також умовами використання води.

Температура води, як правило, повинна бути $\leq 25-30^{\circ}\text{C}$, завислі речовини $\leq 150-200$ мг/л, запах до 4 балів, рН 7,2-8,5, поверхнево-активних речовин ≤ 15 мг/л.

Вода для паросилового господарства. До води, яку використовують у теплоенергетичних процесах пред'являють більш жорсткі вимоги в порівнянні з водою, що використовують для охолодження. Вода повинна бути звільнена від завислих речовин, солей жорсткості й розчиненого кисню. Для котлів високого тиску її повністю звільнюють від кремeneвої кислоти та знесолюють.

Теплові електростанції з котлами високого й надвисокого тиску, на відміну від інших технічних споживачів води, є дуже вимогливими до її якості. Отримання водяної пари при високій температурі забезпечується в парових котлах різної продуктивності й різних параметрів (у першу чергу, тиску) за умов, коли окремі домішки живильної води, присутні навіть у самих незначних кількостях, можуть призвести до аварійного стану котельних агрегатів і тривалого виходу їх з ладу.

При використанні води для потреб паросилового господарства вона не повинна утворювати накип, викликати корозію металу, спінюватися, призводити до забруднення пари і відкладення різних домішок на лопатках

турбін. Норми якості живильної води для сучасних парових котлів залежать від їх типу й тиску в цих котлах.

Використання жорсткої води призводить до утворення відкладень накипу на поверхні нагріву котлів, погіршує теплопередачу, викликає перегрів і прогар металу деталей в місцях утворення накипу, сприяє перевитраті палива, скорочує термін служби устаткування і призводить до аварій різної тяжкості.

Найбільшу небезпеку представляють солі, розчинність яких зменшується з підвищенням температури: карбонат кальцію, сульфат кальцію, силікати магнію і кальцію. Присутність у воді інших солей, наприклад, хлоридів, сульфатів, сульфату натрію, що створює пухкі відкладення, при достатньо великих концентраціях їх у воді, знижує розчинність солей кальцію і магнію, сприяє утворенню накипу.

Отже вода для живлення парових котлів проходить спеціальну обробку для надання їй складу та властивостей таких, що відповідають вимогам.

Поповнення втрат живильної води на ТЕС здійснюють хімічно знесоленою водою або дистиллятом.

Контрольні запитання

1. Системи водопостачання промислових підприємств.
2. Види споживання води у виробництві.
3. Норми водопостачання.
4. Які вимоги ставляться до якості охолоджуючої води?
5. Які вимоги пред'являють до якості води, що використовується у оборотних системах технічного водопостачання.
6. Вимоги до якості води для живлення котлів різної конструкції та різного тиску.

ТЕМА 2 ПРОМИСЛОВІ СТІЧНІ ВОДИ

2.1 Класифікація стічних вод, що відводяться від промислових підприємств

2.2 Склад забруднень та властивості виробничих стічних вод.

2.3 Режим водовідведення.

2.1 Класифікація стічних вод, що відводяться від промислових підприємств

Стічні води, що відводяться з території промислових підприємств (далі – ПП), за складом розділяють на три види:

- виробничі, які утворюються в процесі виробництва різних виробів, продуктів, матеріалів (технологічні розчини, що відпрацювали, промивні води, води від охолодження; шахтні і кар'єрні води; води від хімводоочистки (ХВО); води від миття устаткування й виробничих приміщень, води від збагачувальних фабрик, а також від очистки та охолодження газоподібних відходів, очистки твердих відходів і їх транспортування тощо);
- атмосферні води – дощові води та води від танення снігу;
- побутові – стічні води від санітарних вузлів виробничих корпусів і будинків, а також від душових установок, наявних на території ПП.

Відповідно до цього розподілу на ПП існують три колектори для відводу:

- виробничо-технологічних стічних вод, тобто використаних у технологічному процесі або що утворюються при видобутку корисних копалин (вугілля, руди, нафти), технологічних процесах їх переробки на металургійних підприємствах і одержанні готового продукту;
- побутових стічних вод;
- поверхневого стоку з території ПП, що утворюється з дощових і талих вод.

Побутова каналізація ПП підключається до загальноміської. Таким чином, водовідведення ПП розглядається в основному відносно до виробничих стічних вод і поверхневого стоку з території ПП.

2.2 Склад та властивості виробничих стічних вод

Виробничі стічні води поділяють на дві основні категорії: забруднені і незабруднені («умовно чисті»). На промислових підприємствах значну частину води (на окремих виробництвах до 70–90 %) витрачають на охолодження устаткування, готової продукції тощо. Ця вода практично не забруднюється, а лише нагрівається.

Отже, до промислових стічних вод відносяться:

- умовно чисті (від охолодження агрегатів);
- хімічно забруднені стічні води;
- поверхневі стічні води, що збираються на території підприємств.

Хімічно забруднені стічні води, в свою чергу, поділяють на:

- органічно забруднені (підприємства м'ясної, харчової, целюлозно-паперової, хімічної промисловості, заводи з виробництва пластмас, каучуку);
- забруднені переважно мінеральними домішками (підприємства металургійної, машинобудівної, рудо- й вуглевидобувної промисловості, заводи з виробництва мінеральних добрив, кислот, будівельних матеріалів);
- забруднені мінеральними і органічними домішками (підприємства нафтовидобувної, нафтопереробної, нафтохімічної, текстильної, легкої, фармацевтичної промисловості; заводи з виробництва консервів, цукру, та ін.);
- води, що мають специфічні забруднення.

Речовини, що забруднюють виробничі стічні води, різноманітні і залежать від технології та виду виробництва.

За вмістом забруднюючих речовин виробничі стічні води (слабкоконцентровані та висококонцентровані) розділяються на чотири групи: 1-500, 500–5000, 5000–30000 і більше 30 000 мг/л.

Виробничі стічні води можуть розрізнятися за фізичними властивостями забруднюючих їх органічних продуктів (наприклад, за температурою кипіння): менше 120 °С, 120–250 °С та вище 250 °С.

За ступенем агресивності стічні води поділяють на:

- слабоагресивні (слабокислі із $\text{pH} = 6\text{--}6,5$ і слабколужні із $\text{pH} = 8\text{--}9$);
- сильноагресивні (сильнокислі із $\text{pH} < 6$ і сильнолужні із $\text{pH} > 9$);
- неагресивні (з $\text{pH} = 6,5\text{--}8$).

Для розробки раціональної схеми водовідведення і оцінки можливості повторного використання виробничих стічних вод визначають їх склад і режим водовідведення. При цьому аналізують фізико-хімічні показники стічних вод і режим надходження в каналізаційну мережу не тільки загального стоку промислового підприємства, але й стічних вод від окремих цехів.

Під час аналізу стічних вод визначають: вміст компонентів, специфічних для даного виду виробництва (фенолів, нафтопродуктів, поверхнево-активних, радіоактивних, вибухонебезпечних речовин), загальну кількість органічних речовин, що виражається величинами $\text{БПК}_{\text{повн}}$ і ХПК ; активну реакцію; інтенсивність забарвлення; ступінь мінералізації. Необхідно встановити такі параметри, як кінетика осідання або спливання механічних домішок та ін. Ці дані дозволяють вибрати найбільш доцільний і економічно обґрунтований метод очистки стічних вод для певного підприємства.

Фізико-хімічні показники виробничих стічних вод окремих підприємств свідчать про широкий діапазон коливань складу цих вод, що викликає необхідність ретельного обґрунтування вибору оптимального методу очистки для кожного виду виробничих стічних вод.

Якість стічних вод характеризується вмістом компонентів, специфічних для даного виду виробництва: загальною кількістю органічних речовин, активною реакцією, інтенсивністю кольору, ступенем мінералізації, наявністю біогенних елементів, режимом притоку, властивостями домішок і ін. Ці дані дозволяють вибрати найбільш раціональний метод очищення стічних вод певного підприємства. Фізико-хімічні показники виробничих стічних вод окремих підприємств свідчать про широкий діапазон коливань складу цих вод, що викликає необхідність ретельного обґрунтування вибору оптимального методу очищення для кожного виду вод.

Виробничі стічні води різних галузей промисловості істотно відрізняються як за складом забруднюючих речовин, так і за їх концентраціями.

Заводи чорної металургії. Вода забруднена завислими речовинами (0,2–5 г/л – різні цехи), окалиною (0,3–2 г/л – прокатні цехи), залізом 3–5 мг/л і мастилами 200–250 мг/л; сірчаною кислотою до 0,3 г/л і залізним купоросом до 0,7 г/л (травильні установки – промивні води), фенолами 0,7–1 г/л тощо.

Коксохімічні заводи. Стічні води містять завислі речовини (0,3–0,5 г/л), смоли і мастила (0,3–0,5 г/л), феноли (0,4–1,8 г/л), аміак (0,2–3 г/л і більше), ціаніди і роданіди (0,1–0,4 г/л), солі неорганічних кислот. Високий вміст органічних речовин – БПК₅ = 0,8–3 г/л (хімічні цехи – фенольні води).

Нафтопереробні заводи з нафтохімічними виробництвами. Стічні води забруднені нафтою і нафтопродуктами від 150 мг/л до 15 г/л, завислими речовинами до 300 мг/л, солями (хлориди) 3–15 мг/л, різними органічними речовинами. БПК стічних вод коливається від 150 мг/л (більшість виробництв) до 7 г/л (виробництво жирних кислот).

У стічних водах целюлозно-паперових заводів завислих речовин затримуються 400–2000 мг/л – це переважно волокно і целюлоза.

Текстильні підприємства. Основні забруднюючі речовини: миючі засоби (50–120 мг/л), завислі речовини (250–400 мг/л), барвники; БПК досягає 300–350 мг/л. Сильно забруднені СВ *фабрик первинної обробки шерсті*: завислі речовини (20–40 г/л), тваринний жир (8–12 г/л); БПК₂₀ 16–20 г/л.

У стічних водах підприємств важкої індустрії затримуються в основному забруднення мінерального походження, а харчової й легкої промисловості - забруднення органічного походження.

Машинобудівні й автомобільні заводи. Концентрація забруднень у стічних водах становить: ціанідів – 70–120 мг/л, хрому – 40–60 мг/л, кислот – 70–100 мг/л, нафтопродуктів – 25–40 мг/л (цехи металопокриттів), завислих речовин – 100–200 мг/л (загальний стік). У відпрацьованих розчинах і

емульсіях вміст забруднень досягає: хрому – 200 г/л, ціану – 100 г/л, мастил – 50 г/л, окалини – 15 г/л.

Слід також відмітити, що на різних підприємствах, навіть при однакових технологічних процесах, склад виробничих стічних вод, режим водовідведення і питома витрата на одиницю продукції, що випускається, дуже різноманітні.

Велике значення у формуванні складу виробничих стічних вод має вид перероблюваної сировини. Склад стічних вод залежить також від технологічного процесу виробництва, застосовуваних компонентів, проміжних виробів і продуктів, продукції, що випускається, складу вихідної водопровідної води, місцевих умов і інших факторів.

Кількість виробничих стічних вод визначається залежно від продуктивності підприємства за укрупненими нормами водоспоживання та водовідведення для різних галузей промисловості.

Нормою водоспоживання вважається доцільна кількість води, яка необхідна для виробничого процесу, встановлена (або що рекомендується) на підставі передового досвіду чи науково обґрунтованого розрахунку. Нормою водовідведення є встановлена середня кількість стічних вод, що відводяться від виробництва у водойму при доцільній нормі водоспоживання.

До укрупненої норми водоспоживання входять всі витрати води на підприємстві, як виробничі, так і господарсько-питні, витрати для приймання душів тощо. Норма водовідведення включає кількість стічних вод, що випускаються у водойму: очищених виробничих і побутових, виробничих, що не потребують очистки, фільтраційних, із ставків-освітлювачів, хвостосховищ і шламонакопичувачів.

Укрупнені норми водоспоживання та водовідведення виражаються в м³ води на одиницю готової продукції або використовуваної сировини.

Укрупнені норми водовідведення в різних галузях промисловості коливаються в широких межах. Так, наприклад, при збагаченні 1 т вугілля утворюється 0,08 м³ стічних вод; при виплавці 1 т сталі – 4 м³; при виробництві 1 т синтетичного дивинилового каучуку – 18 м³; 1 т добрив – 2 м³; 1 т

бавовняної тканини – 300 м³; 1 т хліба – 4 м³, 1 т м'яса – 22 м³; 1 т цементу – 0,12 м³. При відсутності норм водовідведення кількість стічних вод визначається за технологічними розрахунками відповідно до регламенту виробництва. Кількість стічних вод від великих промислових підприємств може досягати 200-400 тис. м³ за одну добу, що відповідає кількості стічних вод від міста з населенням 1-2 млн осіб.

Розрахункові витрати виробничих стічних вод, що надходять на очисні споруди, визначають за формулами:

– добова витрата, м³/добу

$$Q_{доб} = N \cdot M, \quad (1.1)$$

де N – норма водовідведення на одиницю продукції або сировини, що переробляється, м³/од продукції;

M – добова продуктивність цеху, установок по сировині або продукції, од. прод./добу;

– секундна витрата, л/с

$$q_{с max} = \frac{N \cdot M_{зм} \cdot K_{год}}{T \cdot 3,6}, \quad (1.2)$$

де $M_{зм}$ – змінна продуктивність цеху, установки по сировині або продукції, од. прод./зм;

$K_{год}$ – коефіцієнт годинної нерівномірності утворення промстоків;

T - тривалість роботи цеху в зміну, год.

На практиці ж кількість промстоків від окремих установок або цехів може коливатися в широких межах: від декількох м³/год до десятків тисяч. Крім того, слід враховувати нерівномірність утворення промстоків і при проектуванні передбачати акумулюючі ємкості необхідних обсягів.

Розрахункові добові, годинні й секундні витрати побутових стічних вод на промислових підприємствах визначаються для зміни з максимальною кількістю працюючих людей з урахуванням числа робочих годин у зміну за наступними формулами:

$$Q_{\text{доб}} = \frac{25 \cdot n_1 + 45 \cdot n_2}{1000} \quad (1.3)$$

$$Q_{\text{доб}} = \frac{25 \cdot n_3 \cdot k_1 + 45 \cdot n_4 \cdot k_2}{T \cdot 1000} \quad (1.4)$$

де n_1 і n_2 – кількість працюючих у добу в цехах при нормах водовідведення відповідно 25 і 45 л на одну людину (холодні і гарячі цехи);

n_3 і n_4 – максимальна кількість працюючих у зміну при тих же нормах водовідведення;

K_1 і K_2 – коефіцієнти годинної нерівномірності, які відповідають тим же нормам водовідведення і дорівнюють 3 і 2,5.

Витрати стічних вод від душових установок у побутових приміщеннях промислових підприємств обчислюють у відповідності від кількості душових сіток, що визначається залежно від характеру процесу, санітарної характеристики, кількості працюючих, що користуються душем у найбільш численну зміну.

Орієнтовно кількість робітників, що користуються душем, у текстильній промисловості складає 10 %, машинобудівній – 25 %, металургійній, металообробній, хімічній, целюлозно-паперовій – 40 %, харчовій, шкіряній, будівельних матеріалів – 75 % і т.д.

Розрахункова кількість людей на 1 душову сітку залежить від категорії виробництва і становить: для мартенівських, прокатних, термічних, ливарних, вогнетривких, нафтохімічних, віскозних, хлорних, фенольних цехів – 3 ос.; для харчових, фармацевтичних, металообробних, бавовняних, фарбувальних, скляних, мийних цехів – 5 ос.; для прядильних, ткацьких, текстильних, сушильних цехів – 7 ос.; для механоскладальних, інструментальних, деревообробних 15 ос. і т.д.

Витрата води на 1 душову сітку складає 500 л/год при коефіцієнті нерівномірності $K_e = 1$. Витрата душових вод приймається в першу годину наступної зміни в обсязі 100 % змінної витрати попередньої зміни, при цьому тривалість користування душем дорівнює 45 хв.

2.3 Режим водовідведення

При проектуванні водовідвідних мереж і очисних споруд необхідно знати не тільки добову кількість стічних вод, але і режим їх надходження за годинами доби, інакше кажучи, годинний графік припливу стічних вод. Виробничі стічні води протягом зміни можуть надходити рівномірно або нерівномірно, що пов'язано з безперервною або періодичною роботою технологічних установок. На багатьох виробництвах хімічної, легкої, текстильної, фармацевтичної, харчової й інших галузей промисловості відбуваються залпові надходження висококонцентрованих і високотоксичних стоків. При цьому періодичність скидання може бути один раз у зміну, у добу, у тиждень. Режим спуску виробничих стоків цілком визначається регламентом технологічного процесу виробництва окремих цехів і промислового підприємства в цілому.

Для промислових підприємств, крім режиму водовідведення стічних вод за годинами, на протязі доби слід враховувати графіки добового коливання складу стічних вод за основними фізико-хімічними показниками, а також за специфічними забруднюючими компонентами (поверхнево-активними, токсичними і радіоактивними речовинами).

Контрольні запитання

1. Поняття «стічні води». Основні категорії стічних вод, що відводяться від промислових підприємств.
2. За якими показниками хімічного складу та фізико-хімічними властивостями забруднюючих речовин розділяють виробничі стічні води?
3. Види забруднень промислових стічних вод.
4. Як визначити розрахункову витрату виробничих стічних вод?
5. Кількісна та якісна характеристика промислових стічних вод. Навести приклади.

ТЕМА 3 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ З ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД

3.1 Класифікація методів очищення промислових стічних вод.

3.2 Усереднення концентрації забруднень і витрати стічних вод.

Конструкції усереднювачів.

3.1 Класифікація методів очищення промислових стічних вод

Основними критеріями при виборі технології очищення стічних вод промислових підприємств є склад води, а саме наявність у ній тих або інших забруднювачів. Відповідно до складу води, витрати, площі підприємства проектується локальні й загальні системи очищення стічних вод промислових підприємств.

Одним з основних видів забруднень виробничих стічних вод є нерозчинні (легкі й важкі) мінеральні і органічні домішки, концентрація яких коливається в широких межах. Усереднення концентрації й регулювання витрати стічних вод, а також виділення нерозчинних домішок з води в очисних спорудах становлять завдання механічного очищення. Механічна очистка служить для видалення нерозчинених речовин розміром більше 10^{-4} см. Забезпечується це за рахунок проціджування на ґратах, дугових ситах, грохотах; відстоювання (гравітаційного або відцентрового), фільтрування через спеціальні сітки або піщано-гравійні фільтри (для відділення дрібних частинок що перебувають у воді в зваженому стані, тобто суспензій) та центрифугування.

Процес очищення стічних вод виробничого підприємства, як правило, включає кілька стадій, на кожній з яких можливе застосування різних методів очищення стічних вод і відповідного технологічного встаткування.

Для очищення стічних вод промислових підприємств застосовують:

– механічні методи (проціджування, відстоювання стічних вод у відстійниках з використанням або без використання хімічних реагентів залежно від складу стоків; фільтрування),

- хімічні (нейтралізація, коагуляція, флокуляція),
- фізико-хімічні (флотація, сорбція, екстракція, евапорація, а також електрохімічні методи, пов'язані з накладенням електричного поля - електрокоагуляція, електрофлотація),
- комбіновані.

Основні труднощі при виборі раціональної схеми очищення виникають внаслідок того, що стічні води містять частки різного ступеня дисперсності, а агрегатний стан багато в чому визначається температурою, рН розчину, компонентним складом й іншими факторами. Тому основним фактором при виборі методу обробки води є фазовий стан речовини. Фазово-дисперсна характеристика домішок незалежно від типу стоків і місця їхнього утворення дає можливість запропонувати для кожної групи класифікації конкретний специфічний метод переробки.

Залежно від вимог до якості очищеної води застосовують різні очисні споруди:

- решітки та сітки, призначені для затримання крупних домішок, що рухаються по каналу (проціджування);
- піскоуловлювачі – для виділення важких мінеральних домішок, головним чином, піску;
- відстійники та фільтри – для затримки більш дрібних у воді домішок;
- гідроциклони та осаджувальні центрифуги.

Механічна очистка стічних вод

Внаслідок сильного забруднення промислових стічних вод їхнє очищення від домішок здійснюють у кілька етапів. У всіх випадках очищення стоків першою стадією є механічне очищення, призначене для видалення найбільш великих механічних домішок, суспензій і дисперсно-колоїдних часток. Наступне очищення від хімічних речовин здійснюють різними методами.

На деяких промислових підприємствах механічна очистка є єдиним і достатнім способом очистки стічних вод від механічних домішок і для

підготовки їх до повторного використання в системах оборотного водопостачання, наприклад, залізорудні й вуглезабагачувальні фабрики. На деяких ПП, наприклад, на металургійних заводах, передбачається охолодження механічно очищеної стічної води на градирнях.

Однак, як правило механічна очистка є попереднім, і рідше – остаточним етапом очистки виробничих стічних вод. При механічному очищенні забезпечується видалення завислих речовин зі стічних вод на 90–95 % , зниження органічних забруднень (БПК_{повн}) на 20–25 %. Більш високий ефект механічної очистки стічних вод досягається інтенсифікацією гравітаційного відставання, наприклад, додавкою реагентів, проясненням у зваженому шарі або в тонкому шарі (тонкошарові відстійники).

Для затримання різних речовин, що плавають на поверхні стічних вод (масел, жирів, нафти, смол і т.п.), застосовують масло-, жиро-, нафто-, смолоуловлювачі.

Для більш повного прояснення стічних вод застосовують фільтрування - пропуск води через шар завантаження з різного зернистого матеріалу (кварцового піску, гранітних щебенів, дробленого антрациту і керамзиту та інших матеріалів) або через сітчасті барабанні фільтри і мікрофільтри, через високопродуктивні напірні фільтри або фільтри із плаваючим завантаженням.

3.2 Усереднення стічних вод

Графік надходження стічних вод може мати довільний характер. Для стоків підприємств характерні нестабільність їх витрат та складу, що пов'язано з особливостями технологічних процесів. Витрата й забрудненість стоків в обмежений період часу можуть змінюватися від мінімуму до максимуму.

Розрізняють три види нестационарності потоку: залпові скиди висококонцентрованих стічних вод, циклічні та довільні характери коливання.

Витрати й показники якості стоку з певною закономірністю міняються під час виробничого циклу, що триває від декількох хвилин до декількох годин, а

потім знову повторюється. Існують виробничі процеси, при яких стічні води по завершенню циклу «залпом» скидають в каналізацію протягом короткого часу.

Для вирівнювання кількісного та якісного складу стічних вод промислових підприємств застосовують усереднювачі. Надходження на очисні споруди виробничих стічних вод з постійною витратою та усередненою концентрацією забруднень підвищує ефект механічної очистки, а також наступних етапів очистки. Завдяки усередненню досягається економія матеріальних та енергетичних ресурсів на очищення стічних вод внаслідок зменшення розрахункових витрат і концентрацій забруднень та підвищення надійності роботи очисних споруд.

В резервуарах – усереднювачах накопичуються й перемішуються стічні води, завдяки чому вирівнюються концентрації забруднень; взаємно нейтралізуються кислі і лужні стоки й виключаються різкі коливання навантаження на весь ланцюжок очисних споруд.

Типи і конструкції усереднювачів

Усереднювачі зазвичай проектують в складі локальних станцій очищення промислових стічних вод. Усереднювачі існують контактні і проточні. При невеликих витратах і періодичному скиданні води використовують контактні усереднювачі. Однак, як правило, застосовують усереднювачі проточного типу.

Розрізняють наступні типи проточних усереднювачів:

- багатоканальні - прямокутні й круглі в плані, з нерівномірним розподілом витрати води по каналах (рис. 3.1);
- усереднювачі-змішувачі (усереднювачі із пристроями, що перемішують) барботажного типу й з механічним перемішуванням.

Усереднення в багатоканальних усереднювачах забезпечується за рахунок механічного перемішування струменями стічної води. Кількість каналів у кожній половині усереднювача становить не менше 5-6.

Вибір раціональної системи усереднення й розрахунок обсягу усереднювачів здійснюють на підставі інформації про характер коливань параметрів вхідних потоків (концентрацій C_{en} , $i(t)$ і витрат q_{en} , (t)) з

урахуванням вимог щодо припустимих коливань параметрів потоку на виході ($C_{ex}(t)$, $q_{ex}(t)$). Зазначені вимоги зазвичай встановлюють на підставі аналізу максимально припустимих величин C_{adm} й q_{adm} призначуваних залежно від типу наступних апаратів очисних споруд.

За наявності на підприємстві контрольно-виміральної апаратури зміни складу стічних вод реєструються безперервно, при відсутності контрольно-виміральної апаратури - дискретно, з установленою технологом тривалістю інтервалів між лабораторними аналізами.

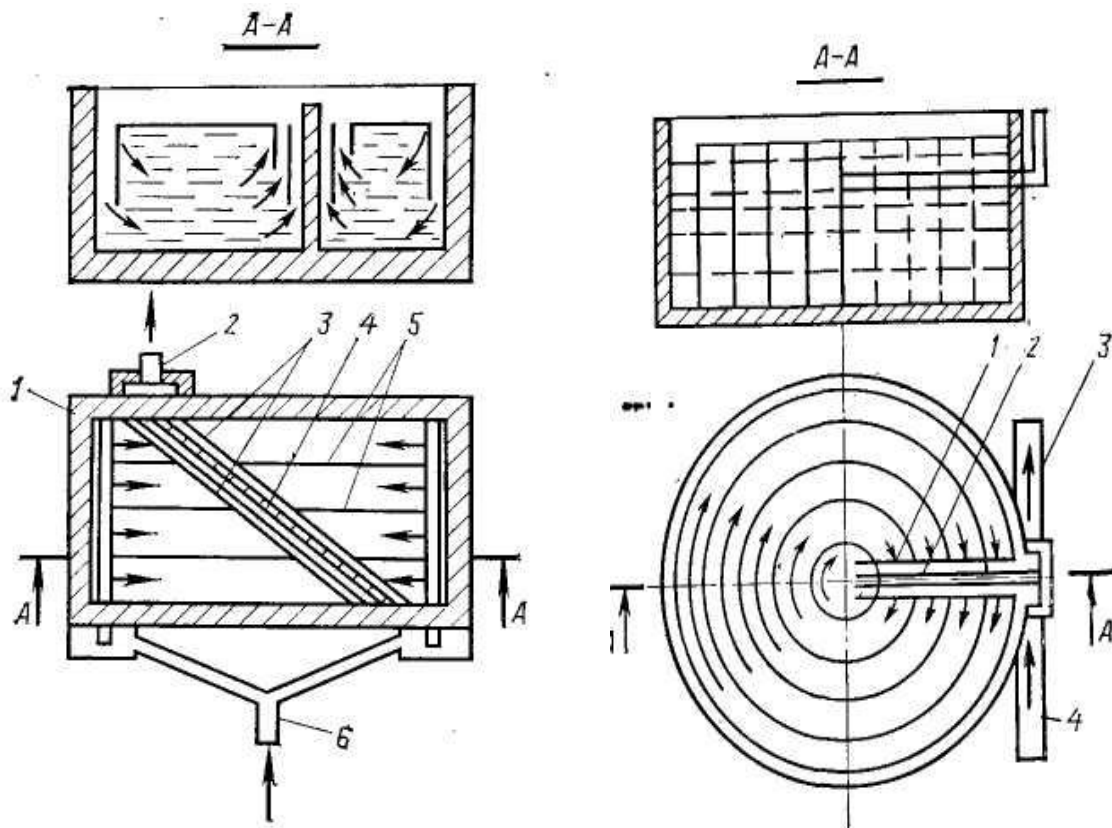


Рисунок 3.1 Багатоканальні усереднювачі:

а – Прямокутний усереднювач стічних вод:

*1 – розподільний лоток; 2 – водовідвідний канал; 3 – збірні лотки;
4 – глуха перегородка; 5 – вертикальна перегородка; 6 – підведення води*

б – Круглий усереднювач стічних вод:

*1 – розподільний лоток; 2 – перегородка, 3 – збірний лоток;
4 – підведення води*

Конструктивний тип усереднювача обирають залежно від характеру коливань забруднюючих компонентів, виду й кількості завислих речовин, а також динаміки надходження стічних вод.

Для того щоб упоратися із залповими скидами висококонцентрованих стоків і довільних коливань складу за наявності зважених дрібнодиспергованих речовин з концентрацією до 500 мг/л, гідравлічною крупністю до 5 мм/с слід застосовувати багатоканальні усереднювачі без примусового перемішування. При необхідності усереднення витрати споруди блокують з акумулюючою ємністю.

Для усереднення стічних вод за концентрацією забруднень в усереднювачах будь-якої конструкції вода повинна перемішуватися за допомогою мішалок, насосів та ін. Найбільш зручними в експлуатації є перфоровані трубчасті барботери.

Усереднювач-змішувач барботажного типу застосовують для усереднення стоків з вмістом завислих речовин більше 500 мг/л, гідравлічною крупністю до 10 мм/с.

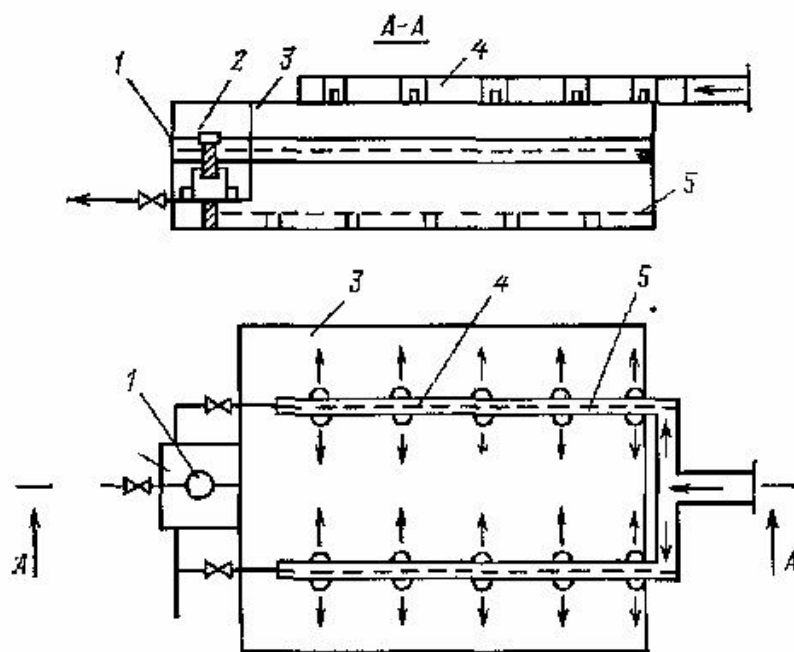


Рисунок 3.2 – Усереднювач із перемішуючим пристроєм:

1 – випускна камера, 2 – випускний пристрій; 3 – корпус;

4 – лоток; 5 – барботер

Як усереднювачі можуть бути використані типові ємнісні споруди (нафтоуловлювачі, відстійники, а також прийомні резервуари насосних станцій), що мають систему примусового перемішування

Усереднювач-змішувач із механічним перемішуванням і відстійною зоною застосовують для усереднення стоків із вмістом завислих речовин більше 500 мг/л і будь-якою гідравлічною крупністю з вільним режимом надходження стоків.

ТЕМА 4 МЕХАНІЧНА ОЧИСТКА ПРОМИСЛОВИХ СТИЧНИХ ВОД

4.1 Відстоювання стічних вод. Типи відстійних споруд, їх конструктивні особливості.

4.2 Фільтрування стічних вод.

4.1 Відстоювання стічних вод. Типи відстійних споруд, їх конструктивні особливості

Метод відстоювання використовують для видалення з виробничих стічних вод нерозчинених домішок, які здатні в спокійній воді осідати на дно або спливати на поверхню. Час очищення залежить від швидкості осідання (спливання) нерозчинених домішок у спокійній воді. Така швидкість (гідравлічна крупність часток) є основною величиною для розрахунку відстійних споруд.

Як правило, стічні води містять зважені частки різної форми й розміру. Такі води являють собою полідисперсні гетерогенні агрегативно-нестійкі системи. У процесі осідання розмір, щільність і форма часток, а також фізичні властивості системи змінюються. Основним параметром, що використовують при розрахунку відстійників, є швидкість осадження часток (гідравлічна крупність). Здатність до агломерації залежить від концентрації, форми, розміру й щільності зважених часток, а також від співвідношення часток різного діаметра й в'язкості середовища.

Відстійники для очистки промислових стічних вод можуть являти собою як самостійні споруди, на яких процес очистки закінчується, або ж споруди, призначені тільки для попередньої очистки. Так, наприклад вони поширені для прояснення стічних вод, що використовуються у системах оборотного водопостачання на заводах чорної металургії.

При виборі типу й конструкції відстійників для виробничих стічних вод необхідно враховувати їх хімічні й фізичні властивості, а також вплив на склад стічних вод технологічних умов виробництва й місцевих факторів. До числа основних показників ставляться: температура стічних вод, що надходять на очистку; концентрація зважених речовин й їхні фізичні властивості; крупність часток й їхня щільність, ступінь агломерації зважених часток, швидкість осадження або спливання часток (гідравлічна крупність); вологість осаду безпосередньо після його випадання; кінетика процесу ущільнення осаду; щільність сухого залишку.

У більшості випадків у відстійниках ефект відстоювання становить 40–60 % при тривалості відстоювання 1–1,5 год. Підвищення ефективності роботи досягають шляхом попередньої аерації стічних вод, введенням у стічні води коагулянту, додаванням активного мулу.

Для очищення промислових стічних вод використовують як звичайні конструкції відстійних споруд, що застосовують при очищенні міських стічних вод, так і спеціальні. Залежно від вимог до якості проясненої стічної води застосовують горизонтальні, радіальні відстійники різних конструкцій, зокрема обладнані камерами флокуляції.

Для очищення стічних вод від великої кількості жирів, нафти й масел використовують жируловлювачі, нафта уловлювачі тощо. Ці споруди аналогічні відстійникам, але мають устаткування для видалення великої кількості спливаючих домішок.

На результати відстоювання суспензій сильний вплив чинять: рівномірність розподілу й збору води у відстійниках; перепад температур, обумовлений коливаннями температури води в джерелі водопостачання;

звуження перетину відстійників осадом, що нагромадився; наявність завихрень і вирів навколо виступів і колон.

На рисунку 4.1 зображені принципові схеми відстійників різних конструкцій.

Горизонтальні відстійники являють собою прямокутні проточні ємкості, в яких відбувається осадження забруднень під дією сил тяжіння. Рух води здійснюється у відстійнику вздовж довгої сторони від однієї торцевої стінки до другої. Підведення та відведення води здійснюється по лотках. Горизонтальну швидкість руху води у відстійнику приймають не більше за 0,01 м/с.

При роботі горизонтальних відстійників найбільш крупні частки випадають на початку відстійника в бункер для осаду (шламу). Більш дрібні частки випадають далі по довжині відстійника за ходом руху води.

Тривалість відстоювання залежить від дисперсності часток, їх форми, тобто величини гідравлічної крупності (швидкість осадження часток у нерухливій воді, мм/с). Глибина проточної частини становить 1,5–4,0 м, ширина 6–9 м, довжина 8–12 м.

Горизонтальні відстійники є найпоширенішими спорудами для очистки як природних, так і стічних вод, незважаючи на наявність істотних недоліків. Найбільш часто вони застосовуються для очистки стічних вод підприємств чорної металургії, зокрема, станів гарячої прокатки металу. При цьому є істотні розходження при застосуванні таких відстійників для очистки питної води і для очистки стічних вод ПП. Ці розходження у першу чергу стосуються питань, пов'язаних з видаленням осаду (шламу). При очищенні промислових стічних вод, завислі речовини яких відрізняються високою щільністю, осад (шлам) віддаляється за допомогою спеціальних механізмів. При цьому осад видаляється з відстійників періодично.

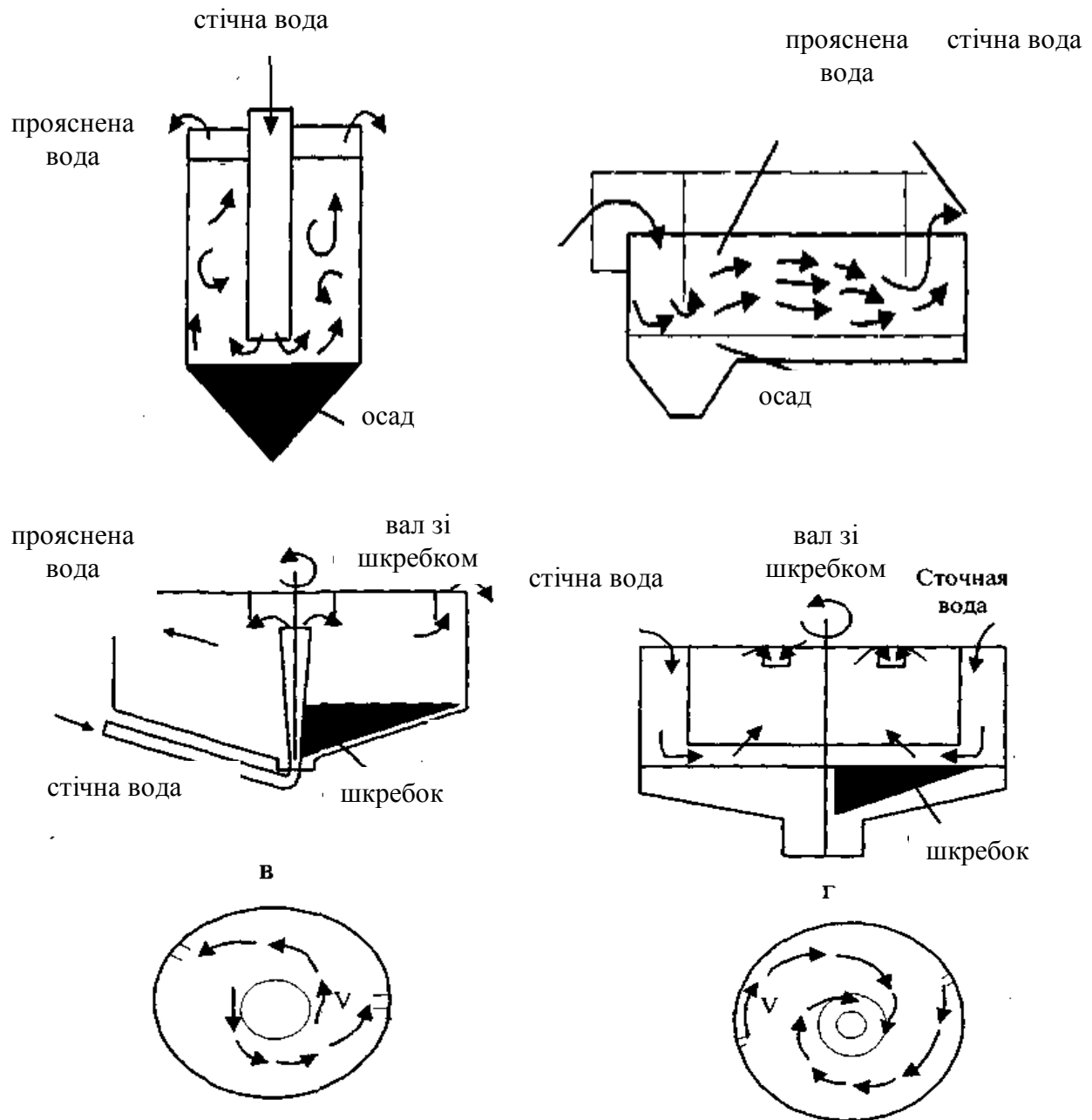


Рисунок 4.1 – Різновиди конструкцій відстійників за принципом їхньої роботи:

а – відстоювання у вертикальних відстійниках з висхідним потоком води;

б – відстоювання в горизонтальних відстійниках з горизонтальним рухом потоку води;

в – радіальний відстійник із центральним уведенням води;

г – радіальний відстійник з периферійним уведенням води

Горизонтальні відстійники застосовують на станціях очищення стічних вод пропускною здатністю більше $15\,000\text{ м}^3/\text{добу}$.

Відстійники обладнують скребковими механізмами, зазвичай візкового або стрічкового типу, які зрушують осад, що випав до мулових приямків, звідки він видаляється насосами, гідроелеваторами, грейферами або під гідростатичним напором.

Горизонтальні відстійники традиційних конструкцій, що застосовуються для очистки стічних вод від механічних домішок мають ряд недоліків: низька продуктивність (питоме гідравлічне навантаження знаходиться у межах $1\text{--}2\text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{год}$, непристосованість до роботи з коагуляцією та флокуляцією, недосконалість конструкцій (коефіцієнт використання об'єму не перевищує $0,5$), труднощі з видаленням осаду з плоского днища, незадовільна робота механізмів для згрібання осаду, особливо у зимовий період. У горизонтальних відстійниках неможливо організувати безперервне видалення осаду, який випадає, що призводить до порушення їх роботи і викликає труднощі при подальшому збезводненні, утилізації або складуванні шламів. Крім цього, їм притаманні недосконалість пристроїв впуску, розподілу та збирання води. Конструктивні удосконалення передбачають покращення гідравлічних режимів роботи відстійників за допомогою систем розосередженого збору освітленої води, а також створення сприятливих умов для укрупнення часток механічних домішок шляхом влаштування камери флокуляції.

Для визначення величини гідравлічної крупності забруднень при визначенні розмірів відстійників дуже часто застосовують технологічне модулювання процесу очистки стічних вод від механічних домішок. У результаті проведення експериментів з технологічного моделювання процесу відстоювання будується крива кінетики процесу відстоювання стічних вод.

Розрахункова величина гідравлічної крупності визначається за кривими кінетики осадження завислих речовин $E = f(t)$, що отримані експериментально відстоюванням стічної води в статичних умовах у шарі висотою h , як правило, відмінному від дійсної висоти відстоювання в обраному типі відстійника. Для

приведення отриманих результатів до натурної величини (висоти шару проточної частини відстійника) слід робити перерахування U_0 за формулою:

$$U_0 = \frac{1000 \cdot H_{set} \cdot K_{set}}{t_{set} \cdot \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h_1} \right)^{n_2}}, \quad (3.1)$$

де H_{set} – глибина проточної частини відстійника, м;

K_{set} – коефіцієнт використання об'єму проточної частини відстійника;

t_{set} – тривалість відстоювання, що відповідає заданому ефекту очистки, отримана у лабораторних умовах у циліндрі в шарі h ;

n_2 – показник степені, який залежить від агломерації зависі у процесі осадження.

За цією формулою можна також визначити гідравлічну крупність спливаючих домішок забруднюючих речовин, що легше води.

Величина K_{set} для горизонтальних відстійників дорівнює 0,5, для радіальних та вертикальних відповідно – 0,45 та 0,35. Для відстійників з тонкошаровими блоками, які працюють за протиточною та перехресною схемами K_{set} відповідно дорівнює 0,5–0,7 та 0,8. Глибина проточної частини горизонтальних відстійників $H_{set} = 1,5–4$ м.

При дослідженні кінетики осадження дуже важливо вивчити флокуляційні властивості зависі, тобто схильність до укрупнення при повільному перемішуванні води без додавання коагулянтів. Помітними природними флокуляційними властивостями володіють не всі види завислих речовин. Флокулюємість залежить від хімічного складу завислих речовин, вихідної концентрації твердої фази у стічних водах тощо. Флокуляційні властивості завислих речовин краще всього проявляються у повільно висхідному потоці води.

Врахування флокуляційних властивостей завислих речовин дозволяє значно збільшити продуктивність споруд та апаратів, що призначені для прояснення води. Так, у інституті ВНДІчерметенергоочистка розроблено

декілька конструкцій апаратів і споруд, в яких найкращим чином реалізовані флокуляційні властивості завислих речовин.

Вертикальні відстійники. Вертикальні відстійники застосовують на станціях продуктивністю до 20 тис м³/добу. Зазвичай це круглі в плані резервуари діаметром 4–9 м з конічним днищем, у яких потік проясненої води рухається у вертикальному напрямку. Найбільш поширеним типом відстійника є відстійник з впуском води через центральну трубу з розтрубом у нижній частині й відбивним щитом. Стічна вода опускається вниз по центральній розтрубній трубі, відбивається від конусного відбивного щита й надходить у зону прояснення. Відбувається флокуляція частинок, причому ті з них, гідравлічна крупність яких перевершує швидкість висхідного вертикального потоку, випадають в осад. Прояснена вода збирається периферійним збірним лотком. Швидкість висхідного потоку становить 0,5–0,6 мм/с. Кожна частка рухається з водою нагору зі швидкістю V і під дією сили ваги вниз V_{oc} . Тому різні частки будуть займати різне положення у відстійнику. При $V_{oc} > V$ будуть швидко осідати, при $V_{oc} < V$ – підніматися нагору. Ефективність осадження вертикальних відстійників нижче на 10–20 %, ніж у горизонтальних.

Недоліки:

1) вертикальні відстійники чутливі до коливань витрати, ефективність очистки перебуває в прямій залежності від рівномірності подачі очищуваної води;

2) низький коефіцієнт використання об'єму проточної частини, $\alpha \leq 0,5$.

Радіальні відстійники. Відстійники такої конструкції мають круглу в плані форму резервуарів, у яких стічна вода подається в центр відстійника й рухається радіально від центра до периферії. Такі відстійники застосовують при витратах стічних вод більше 20 000 м³/добу. Глибина проточної частини відстійника становить 1,5–5 м. Улаштовують з випуском води знизу або зверху, вода в обох випадках надходить у відстійник по центральній трубі, а прояснена вода зливається в круговий жолоб, звідки відводиться трубами або лотками. У

радіальних відстійниках на відміну від інших швидкість води непостійна і змінюється від максимуму в центрі до мінімального значення на периферії. Осад, що випав на дно, згрібається до центру скребками, закріпленими на рухливій фермі й надходить у приямок, з якого відсмоктується за допомогою шламових насосів.

Недоліками таких відстійників є недосконалість конструкцій розподільних пристроїв, що призводить до утворення застійних зон. Ці недоліки усунуті у відстійниках з обертовим збірно-розподільним пристроєм й у відстійниках з подачею води через периферійний лоток і відводом проясненої води в центрі.

Застосування радіальних відстійників з периферійною подачею дозволяє зменшити час перебування стічних вод у відстійнику при тій самій ефективності затримання завислих речовин. Стічна вода надходить у водорозподільний жолоб, розташований на периферії відстійника, потім направляється в центральну зону й далі до водовідвідного кільцевого жолоба. Осад, що випав у відстійнику, скребковим механізмом згрібається в приямок і по муловій трубі направляється на подальшу обробку.

На підставі досліджень НВО «Енергосталь» розроблений промисловий відстійник діаметром 30 м з вбудованою камерою флокуляції діаметром 10 м, (конструкція ВНДВІЧерметенергоочистка). Камера флокуляції утворена у центрі відстійника, виконана в виді циліндра, підвішеного до моста скребкової ферми, що рухається. У цій камері відбувається обертово-висхідний рух потоку в результаті тангенційного виходу води з патрубків розподільного устрою. Камера обладнана розподільним пристроєм, який складається з радіальних труб, на яких кріпляться сопла різних діаметрів для регулювання швидкості висхідного потоку. Збір проясненої води здійснюється через затоплені радіально розташовані дірчасті труби, сполучені з периферійним водовідвідним лотком.

Радіальні відстійники із вбудованою камерою флокуляції застосовують для очистки с вміст завислих речовин стічних вод металургійних заводів. Такі

відстійники побудовані й експлуатуються в системах оборотного водопостачання станів гарячого прокату «2000» Череповецького металургійного заводу та багатьох інших. Застосовують для очистки стічних вод від машин безперервного розлиття заготовок, а також для прояснення стічних вод газоочисток доменних, конверторних цехів металургійних комбінатів.

При очищенні стічних вод від доменних печей вміст завислих речовин у проясненій воді не повинен перевищувати 200 мг/л, питоме гідравлічне навантаження становить 2-2,5 м³/м² год. без коагулювання, і 4 м³/м² год. з коагуляцією. Коагуляція здійснюється хлорним залізом або сірчанокислим алюмінієм разом з ПАА.

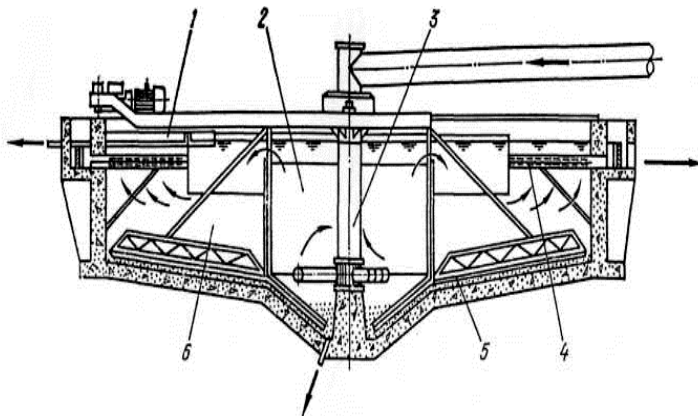


Рисунок 4.2 – Радіальний відстійник із вбудованою камерою флокуляції:
1 – маслосбірний пристрій; 2 – камера пластівцеутворення; 3 – розподільчий пристрій; 4 – водозбірна система; 5 – скребкова ферма; 6 – зона осадження

При очищенні стічних вод, що утворюються під час виплавки феромарганцю, гідравлічне навантаження приймають таким, що дорівнює 0,6–0,8 м³/м²×год., остаточний вміст завислих речовин при цьому 180-250 мг/л.

При очищенні стічних вод газоочистки кисневих конвертерів гідравлічне навантаження без коагуляції приймають до 1 м³/м²×год, а коагуляцією і ПАА дозою 1 мг/л – до 2 м³/м² год. При цьому досягається остаточний вміст завислих речовин 150 мг/л.

Ефективність роботи відстійника з камерою пластівцеутворення ($2,5 \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{год}$) значно перевищує показники горизонтальних та звичайних радіальних відстійників ($1,2 \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{год}$).

Тонкошарові відстійники. Створення відстійників, що працюють за принципом відстоювання в тонкому шарі, є одним з найбільш перспективних напрямків удосконалювання горизонтальних відстійників.

Тонкошарове відстоювання застосовується при необхідності зменшення об'єму очисних споруд унаслідок обмеженості площі, що відводиться для цього та для підвищення ефективності існуючих відстійників. У першому випадку тонкошарові відстійники виконують роль самостійних споруд, у другому - існуючі відстійники доповнюються тонкошаровими модулями, які розташовують в апараті, який удосконалюється перед водоскидним пристроєм.

Чим менше висота відстоювання, тим менше час відстоювання. У тонкошарових відстійниках відстійна зона ділиться на ряд шарів (ярусів) невеликої глибини. Процес відстоювання відбувається дуже швидко, оскільки шлях руху часточок, що осаджують, у десятки разів менший ніж у звичайних відстійниках. Принцип дії їх полягає в проходженні потоку води через пакет похилих пластин. У пакеті пластин між ними утворюється система тонкошарових каналів, у яких завдяки малим відстаням між пластинами різко скорочується час осідання або спливання механічних часток. Кут нахилу пластин до горизонтальної площини 60° . Пластини можуть бути як плоскими, так і хвилястими. Також застосовують й трубчасті елементи.

Перевагами тонкошарових відстійників є їхня компактність, високий ефект освітлення (до 70–80 %).

Робочим елементами трубчастих відстійників є трубки діаметром 25–30 мм і довжиною 0,6–1 м. Трубки можна встановлювати з малим (до 5°) та крутонахиленим (45 – 60°) (рис. 4.3).

Трубчастий відстійник з невеликим нахилом працює періодично. Спочатку здійснюють відстоювання, потім промивку трубок від осаду. Для успішного проведення процесу необхідний рівномірний розподіл води по

трубкам і ламінарний режим руху. Такі відстійники використовують для прояснення стічних вод з невеликим вмістом завислих речовин при витратах до 10 тис. м³/добу. Гідравлічне навантаження у відстійників 6–10 м³/год на 1 м² вхідного перерізу трубок. Ефективність очистки 80–83 %.

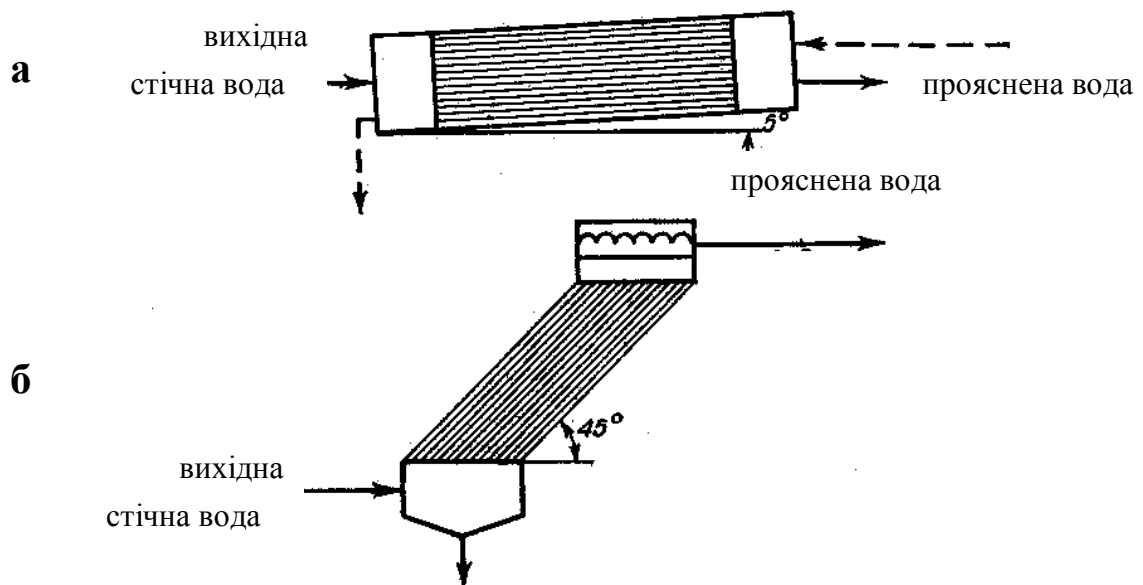


Рисунок 4.3 – Схема трубчатого відстійника:

а – з малим нахилом труб; б – круто нахилений

У трубчастих відстійниках з великим нахилом вода проходить згори вниз, а осад безперервно сповзає по дну трубок у шламовий простір. Безперервне видалення осаду виключає необхідність промивки трубок. Відстійники цього типу можуть бути виготовлені з пластмасових блоків, які встановлюють в корпусах звичайних відстійників. Гідравлічне навантаження відстійників з великим нахилом труб становить від 2,4 м³/год до 7,2 м³/год на 1 м² вхідного перерізу труб.

Пластинчаті відстійники мають у корпусі ряд паралельно встановлених похилих пластин. Вода рухається між пластинами, а осад сповзає вниз у шламоприймач (рис. 4.4).

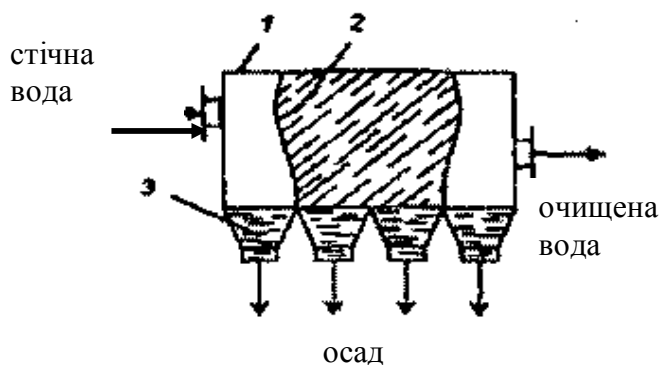


Рисунок 4.4 – Тонкошаровий відстійник з похилими пластинами:

1 – корпус, 2 – пластины, 3 – шламоприймач

Взаємний рух прояснюваної води й виділюваного осаду може здійснюватися за перехресною схемою (у полинних відстійниках), прямоточною або протиточною схемами. При перехресній схемі виділений осад рухається перпендикулярно руху стічних вод, а при прямоточній і протиточній схемам - відповідно за ходом руху стічних вод або у зворотному напрямку.

4.2 Фільтрування стічних вод

Класифікація фільтрів

У більшості випадків фільтри застосовують для глибокого очищення (доочищення) стічних вод, що пройшли біологічне або фізико-хімічне очищення.

Фільтри підрозділяються на фільтри із зернистим завантаженням і сітчасті барабанні фільтри.

Фільтри із зернистим завантаженням застосовують для доочищення стоків виробництв хімічної, металургійної, легкої, гірничодобувної, будівельної й ряду інших галузей промисловості.

Фільтрування води полягає в пропущенні її через шар зернистого або пористого фільтруючого матеріалу, що володіє здатністю затримувати на своїй поверхні під дією сил приставання або у своїй товщі зважені частки забруднень, що втримуються у воді.

Фільтри із зернистим завантаженням класифікують:

- **за напрямком потоку:** зі спадним (зверху вниз) і висхідним (знизу нагору) потоком;

- **за конструкцією** фільтри є одношарові, двошарові й каркасно-засипні;

- **за видом фільтруючого матеріалу:** природні матеріали (кварцовий пісок, гравій, гранітні щебені, доменні шлаки, керамзит, антрацит, горілі породи, мармурова крихта) або штучні матеріали (полімери - пінополіуретан, полістирол й ін.).

Фільтруючі матеріали. До фільтруючих матеріалів пред'являється ряд вимог. Вони повинні мати певний фракційний склад, механічною міцністю (на стирання й здрібнювання), хімічною стійкістю до води і її домішок, повинні бути доступними й мати невисоку вартість.

Фракційний склад зерен фільтруючого завантаження визначає продуктивність фільтрів. Використання дуже великого фільтруючого матеріалу приводить до збільшення пропускної здатності фільтра й зниженню якості фільтрату. І навпаки, дрібний фільтруючий матеріал викликає зменшення тривалості фільтроцикла й перевитрата промивної води. Збільшення ступеня неоднорідності зерен завантаження погіршує умови промивання фільтруючого матеріалу, а також обумовлює концентрування дрібних часток на поверхні завантаження внаслідок гідравлічної класифікації часток при промиванні. Останнє, приводить до утворення на поверхні фільтруючого шару плівки зважених часток і перешкоджає фільтруванню води.

Недостатня механічна міцність фільтруючого матеріалу сприяє збільшенню гідравлічного опору завантаження й віднесенню матеріалу промивною водою.

Хімічна стійкість матеріалу завантаження - одне з основних вимог, що запобігає забрудненню очищуваної води та зміні властивостей фільтруючого матеріалу в процесі експлуатації фільтрів.

Найбільшого поширення набули такі фільтруючі матеріали, як кварцовий пісок, дроблений антрацит, кварц, мармур, керамічна крихта, доломіт, магнетит й ін. Останнім часом одержав поширення керамзит, пористі пластмаси

(полістирол, поліуретан й ін.), горілі породи й ін. Для завантаження фільтрів застосовують середньозернистий (розміри зерен 0,35– 1,5 мм) і грубозернистий пісок (0,5– 2 мм).

- **за швидкістю фільтрування** фільтри є *повільні* ($V = 0,1\text{--}0,5$ м/год), у яких фільтрування йде переважно у верхньому шарі; *швидкі* ($V = 3\text{--}25$ м/год), що працюють у повному обсязі завантаження і *надшвидкісні* ($V = 25\text{--}100$ м/год)

- **за робочим тиском** є відкриті (безнапірні) і напірні фільтри.

- **за крупністю фільтруючого матеріалу** розрізняють – дрібнозернисті (розміром часток верхнього шару завантаження 0,4 мм), середньозернисті (0,4– 0,8 мм) і грубозернисті (більше 0,8 мм) завантаження.

Для запобігання виносу фільтруючого матеріалу з фільтратом застосовують спеціальні дренажні системи (пористі труби й плити, ковпачки й ін.) або укладають фільтруючі матеріали на підтримуючі шари (гравій, щебінка й т.п.), розташовувані один по одному збільшення крупності часток.

При погіршенні якості фільтра або значному збільшенні гідравлічного опору фільтра проводиться промивання фільтруючого матеріалу завантаження. Фільтри промивають через дренажну систему знизу нагору.

Для більше ефективного очищення фільтрів використовують водоповітряну промивку, за якої зернистий шар спочатку продувається повітрям для розпушення, а потім подається вода. Інтенсивність подачі повітря змінюється в межах від 18 л ($\text{м}^2/\text{с}$) до 22 л ($\text{м}^2/\text{с}$), а води – від 6 л ($\text{м}^2/\text{с}$) до 7 л ($\text{м}^2/\text{с}$).

Сітчасті барабанні фільтри, застосовувані як самостійні споруди глибокого очищення, називають мікрофільтрами, а встановлювані перед зернистими фільтрами глибокого очищення – барабанні сітки.

В одношарових фільтрів фільтруючий шар складається з однорідного матеріалу, у багатошарових – із суміші різних матеріалів (пісок, антрацит й ін.). Як матеріал верхніх фільтруючих шарів у цьому випадку використовують антрацит (діаметр 0,8–1 мм), керамзит, полістирол, а нижніх - пісок (діаметр 0,4–0,5 мм), граніт, магнетит. Найчастіше як завантаження застосовують шар піску крупністю 0,5–1,2 мм, висотою 400–500 мм і шар дробленого антрациту

або керамзиту такої самої висоти, крупністю 0,8–1,8 мм. Оскільки антрацит приблизно в 1,7 рази легше піску, то при промиванні більші зерна антрациту не змішуються з піском, і зберігається пошарове розташування. При фільтруванні через таке завантаження вода зустрічає на своєму шляху спочатку більші зерна антрациту, а потім більше дрібний пісок. Внаслідок цього, затримувані фільтром забруднення, можуть проникати на більшу глибину. При цьому ступінь ефективності фільтруючого завантаження значно підвищується.

Брудоемкість зернистих фільтрів приймають за затримкою $1\text{--}2 \text{ кг/м}^3$ нафти і $1,5\text{--}3 \text{ кг/м}^3$ механічних домішок. Ефективність фільтрування підвищується при додаванні у воду $5\text{--}10 \text{ мг/л}$ коагулянту $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ і $0,2\text{--}0,3 \text{ мг/л}$ флокулянта ПАА.

Збільшення брудоемкості фільтрів без зниження ефективності прояснення води досягається застосуванням фільтрів з багатошаровим завантаженням, що складається з матеріалів різної щільності. Наявність у багатошаровому фільтрі верхніх грубозернистих шарів спричиняє більшу глибину проникнення забруднень, а наявність нижнього дрібнозернистого піщаного шару - досить високу ефективність прояснення води. Крім того, різні за природою фільтруючі матеріали збільшують імовірність адгезійної взаємодії часток із зернами завантаження.

Найбільше поширення одержали двошарові фільтри. Як матеріал верхніх фільтруючих шарів використовується антрацит ($d_3 = 0,8\text{--}1,1 \text{ мм}$), керамзит, полістирол, для нижніх шарів – пісок ($d_3 = 0,4\text{--}0,5 \text{ мм}$), граніт, магнетит і ін.

Швидкість фільтрування води становить 10 м/год і більше (до 25 м/год). Брудоемкість багатошарових фільтрів вище у $2\text{--}4$ рази, а тривалість фільтроциклу – у $2\text{--}3$ рази, ніж одношарових фільтрів.

Сітчасті фільтри

Напірний сітчастий фільтр з автоматичним промивним пристроєм ВСФ-2000. Фільтруючим елементом є сітка з проволочи діаметром $0,25\text{--}0,12 \text{ мм}$. Сітки відрізняються за розміром, матеріалом і способом плетіння. Принцип роботи: вода, що очищається, подається у дві камери, розташовані

зверху і знизу, а відводиться через патрубок, розташований у середній частині корпусу. Камери розділені між собою перегородками, які складаються з 3-х шарів – фільтруючої металевої сітки, з двох боків затиснутої дірчастими плитами. Вода фільтрується через цю металеву сітку. Тиск у верхній і нижній камерах складає близько 5 атм., а в центральній камері – близько 4 атм. Забруднення, що утворилися на поверхні сіток видаляються за допомогою пристрою, що обертається, порожнина якого сполучається з атмосферою через патрубок (6) і центральну трубу. Пристрій, що обертається, за допомогою притискного механізму щільно прилягає до дірчастих плит (9).

Промивка фільтра здійснюється механізмом з частотою обертання 2,3 об/хв, що розташований на кришці фільтра. На валу механізму закріплено вертикальну трубу, до якої прикріплені дві промивні камери, через які промивна вода відводиться по вертикальній трубі за межі фільтра. Сітки можуть промиватися безперервно або циклічно за заданою програмою.

Продуктивність фільтра – $2\,000\text{ м}^3/\text{год}$. Фільтр затримує завислі речовини крупністю 0,01 мм і більше при швидкості фільтрування 60–70 м/год. Втрати напору при безперервній промивці сіток складають $0,3\text{--}0,5\text{ кгс/см}^2$. Ефект очистки залежить від вихідної концентрації і дисперсного складу забруднюючих речовин, розмірів комірок фільтруючої сітки та швидкості фільтрування.

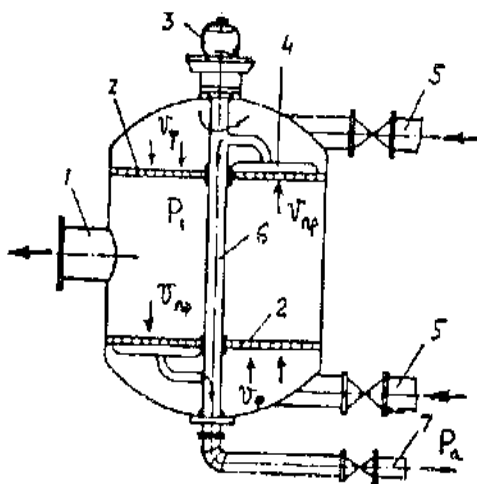


Рисунок 4.5– Вискошвидкісний
сітчастий фільтр ВДФ-2000

1 – відведення очищеної води;

2 – фільтруючі елементи;

*3 – електродвигун для переміщення
коробів, що обертаються; 4 – короб,
що обертається; 5 – подача СВ;*

*6 – полий вал; 7 – відведення промивної
води*

Напірні фільтри

Напірні фільтри являють собою закриті резервуари циліндричної форми, що можуть витримувати значний тиск. Основні елементи напірних фільтрів такі самі, як в безнапірних фільтрах – фільтрувальне завантаження і підтримуючі шари, дренажна система, призначена для відведення проясненої води і подачі промивної води, розподільним пристроєм для стислого повітря та т.п. Фільтри розраховують на тиск 0,4–0,6 МПа.

Застосовують вертикальні й горизонтальні напірні фільтри. Висота шару фільтруючого матеріалу становить звичайно 1 000–1 200 мм. Вода на очистку подається під напором у верхню частину камери фільтра. Потім у спадному потоці вода проходить фільтруючий шар, освітлюється і через трубчастий дренаж видаляється під залишковим напором за межі фільтра. В міру забруднення фільтруючого шару, при збільшенні його опору до 0,15 МПа фільтр виводиться на промивання, що полягає в подачі води і стиснутого повітря зворотним струмом - знизу нагору. Подача повітря потрібна для розпушення зерен фільтруючого матеріалу і кращого відмивання їх від забруднень.

Напірні фільтри мають напрямок фільтрування зверху вниз, швидкість фільтрування 5–12 м/год, а тривалість фільтроциклу 12–48 год залежно від якості стічних вод. Залишковий – 80 мг/л), механічних домішок – 10–20 мг/л (початковий вміст 30–60 мг/л).

Фільтри плаваючим завантаженням

Останнім часом для фільтрування поширення набули полімерні матеріали які дозволяють значно підвищити швидкість фільтрування, зменшити тривалість фільтроциклу і скоротити витрати на очистку.

Перевагами таких фільтрів є:

- висока брудоемкість, що становить 40–200 кг/м³ завантаження;
- незначні втрати напору;
- збільшена тривалість фільтроциклу;
- простота конструкції, надійність роботи.

Розроблено декілька конструкцій фільтрів із завантаженням з подрібненого пінополіуретану розмірами гранул 0,5–12 мм і пор 0,8–1,2 мм. Найбільш ефективними для доочистки стічних вод є фільтри марок ФПЗ-3 та ФПЗ-4 (рис. 4.6).

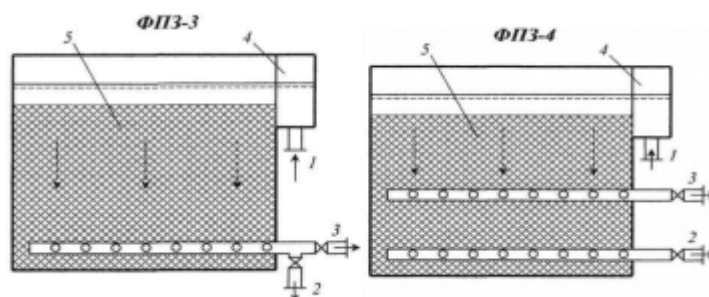


Рисунок 4.6 – Фільтри з плаваючим завантаженням:

*1 – підведення води; 2 – відведення промивної води; 3 – відведення фільтрату;
4 – розподільний карман; 5 – плаваюче завантаження*

Завантаження фільтрів ФПЗ-3 і ФПЗ-4 складається з гранул, крупність яких зменшується за напрямом руху води. Фільтр ФПЗ-4 працює до повної кальмотації завантаження, після чого необхідна її регенерація.

Висота шару завантаження становить 1,0–1,2 м.

Такі фільтри використовують для доочистки як механічно очищених виробничих стічних вод (металургійна, хімічна промисловість), так і біологічно очищених міських стічних вод.

Ефект очистки таких фільтрів становить за зваженими речовинами 70–85 %, за БПК_{повн} – 65–75 %.

Каркасно-засипні фільтри

Каркасно-засипний фільтр (КЗФ) є різновидом фільтрів, у яких використовується принцип фільтрування в напрямку зменшення крупності зерен завантаження. За конструкцією КЗФ подібний до звичайного фільтра з фільтруванням води згори вниз і верхнім відведенням промивної води.

У КЗФ на підтримуючий гравійний шар спочатку вкладають шар гравію крупністю 40–60 мм товщиною 1,8 м – так званий «каркас», який на висоту 0,9 м засипають піском крупністю зерен 0,8–1 мм.

Таким чином, КЗФ – це фактично двошаровий фільтр, верхній гравійний шар якого затримує найкрупніші частинки (приблизно 20-40 % загальної кількості), а нижній - гравійно-піщаний, - інші частинки, що залишились у воді. Завдяки цьому КЗФ має більшу брудоемкість, ніж фільтри інших конструкцій, і барабанні сітки перед ним не встановлюють.

Конструкція каркасно-засипного фільтра (рис. 4.7) аналогічна конструкції звичайного швидкого фільтра зі спадним рухом води й нижнім відводом промивної води.

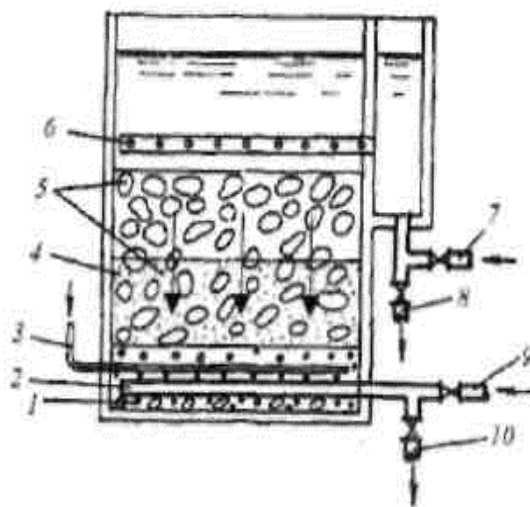


Рисунок 4.7 – Схема каркасно-засипного фільтра:

1 – підтримуючий шар з гравію; 2 – розподільна система для води; 3 – подача повітря при промивці; 4 – піщана засипка; 5 – гравійний каркас; 6 – трубчаста система для подачі вихідної та відведення фільтрованої води; 7 – подача вихідної води; 8 – відвід промивної води; 9 – подача промивної води; 10 – відвід фільтрованої води

Подача води здійснюється по системі жолобів. Дренажна система представлена у вигляді дірчастих труб з підтримуючими гравійними шарами. На підтримуючий гравійний шар завантажують гравій і пісок. Пісок заповнює міжпоровий простір гравійного каркаса. Замість гравію можна застосовувати щебінь, а замість піску шлак, керамзит, мармурову крихту, антрацит.

Перевагами каркасно-засипного фільтра є висока якість фільтрату, підвищена брудоемкість завантаження.

У цьому фільтрі використовуються дешеві фільтруючі матеріали, що вигідно відрізняє його від інших багатошарових фільтрів. Завантаження фільтра виконується у вигляді каркаса із гравію або щебенів і засипки із дрібнозернистого матеріалу, що заповнює частину порового простору каркаса. Як матеріал засипки використовують пісок, антрацит, мармурову крихту, керамзит, гранульований доменні шлаки.

При розрахунку КЗФ приймають: швидкість фільтрування – 10 м/с, тривалість фільтроциклу – 20 год, висоту шару води над піщаним завантаженням – біля 2 м, втрати напору в завантаженні до кінця фільтроциклу – до 3–3,5 м. За початкових концентрацій в доочищуваних стічних водах завислих речовин до 20, БПК_{повн} – до 15–20 і ПАР – до 2,5 мг/л, КЗФ забезпечує зменшення їх концентрацій відповідно на 70–80, 70 і 80 %.

Промивка КЗФ може бути як водяною, так і водоповітряною.

Контрольні запитання

1. Які споруди можуть входити до схеми механічної очистки виробничих стічних вод ?
2. Переваги й недоліки вертикальних і горизонтальних відстійників.
3. Типи конструкцій усереднювачів.
4. Відстоювання стічних вод у тонкому шарі.

ТЕМА 5 ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИСТКИ. ОЧИСТКА МЕТОДОМ ФЛОТАЦІЇ

- 5.1 Сутність флотації. Загальні відомості про флотацію, формування флотаційного агрегату.
- 5.2 Види флотації. Схема напірної флотації.

5.1 Сутність флотації. Загальні відомості про флотацію, формування флотаційного агрегату

Флотація відноситься до фізико-хімічних методів очищення стічних вод і застосовується в багатьох виробництвах: нафтопереробної, гірської, металургійної, машинобудівної, хімічної, харчової промисловості, штучного волокна, целюлозно-паперової, шкіряної промисловості, м'ясо-молочної.

Флотація (фр. flotter - плавати) - процес поділу дрібних твердих часток, заснований на розходженні їх у змочуваності водою. Термін «флотація», що є похідним від «flotter» - плавання, саме й позначає саму суть процесу. Перші досвіди з поділу твердої й рідкої фази з виділенням тонких суспензій сульфідної руди були проведені Хайнсом у середині 19 століття, в 1860 році, де як спливаючу субстанцію було використано масло.

У 1982 році в Англії було розроблено методику плівкової флотації, що застосовувалася також для збагачення руди й пов'язана з тим, що частки, не змочувані водою, спливають на поверхню потоку. Пінна флотація відома з 1877 року. Авторами цього методу були брати Бессели з Німеччини. Сутність процесу цього типу флотації полягає в пропущенні через очищувану рідину дрібних пухирців повітря, до яких і прилипають частки. Пінна субстанція, що утворюється (флотошлам) спливає на поверхню, звідки збирається для подальшого згущення й фільтрації. Для одержання таких пухирців найчастіше використовують спеціальний пристрій – аератор.

Флотаційні установки слід застосовувати для видалення з води завислих речовин, ПАВ, нафтопродуктів, жирів, масел, смол, волокон, часток фарби й інших речовин, осадження яких малоефективне.

Перевагами флотації є високий ступінь очищення (95–98 %), безперервність процесу, широкий діапазон застосування, невеликі капітальні вкладення й експлуатаційні витрати, простота апаратури, селективність виділення домішок, у порівнянні з відстоюванням більша швидкість процесу, а також можливість одержання шламу (пінного продукту), більш низької вологості, Флотація використається при рішенні екологічних проблем

переважно в процесах очищення стічних вод, що містять гідрофобні забруднення.

Флотаційні реагенти й механізм їхньої дії

Флотаційна активність часток в основному залежить від гідративності їхньої поверхні. Однак у промислових стічних водах, зокрема в масловміщуючих від прокатного виробництва, утримуються тонкодисперсні мулисті частки, частки окису металу (окалина), масла у вигляді стійких емульсій й інші забруднення, що володіють високою гідрофільністю поверхні. Для видалення цих часток зі стічних вод методом пінної флотації необхідно попередня зміна їх первинних поверхневих властивостей за допомогою флотаційних реагентів.

Класифікація флотаційних реагентів залежно від їхньої ролі й призначення:

- реагенти-збирачі, що підвищують гідрофобність поверхні часток;
- реагенти-піноутворювачі, що знижують поверхневий натяг на границі розділу фаз і сприяють утворенню стійких і флотаційно-активних дрібних пухирців повітря;
- реагенти-регулятори (активатори, регулятори рН середовища), що представляють собою головним чином електроліти, які підвищують селективність процесу. У стічних водах металургійних підприємств збирачі присутні у вигляді різних мастильних матеріалів.

Принцип роботи флотаційного агрегату

Процес очищення стоків при флотації полягає в наступному: потік рідини й потік повітря (дрібних пухирців) у більшості випадків рухаються в одному напрямку. Зважені частки забруднень перебувають у повному обсязі стічної води й при спільному русі з пухирцями повітря відбувається агрегування частки з повітрям. Якщо пухирці повітря значних розмірів, то швидкості повітряного пухирця й забрудненої частки розрізняються так сильно, що частки не можуть закріпитися на поверхні повітряного пухирця. Крім того, великі повітряні пухирці при швидкому русі сильно перемішують воду, викликаючи

роз'єднання вже з'єднаних повітряних пухирців і забруднених часток. Тому для нормальної роботи флотатора у флотаційну камеру не допускаються пухирці більше певного розміру.

Сутність флотаційного очищення полягає в тому, що стічні води штучно насичуються повітрям, на поверхні пухирців якого адсорбуються частки забруднень, спливають разом з ними на поверхню води, звідки видаляються. Ефект поділу флотацією залежить від розміру й кількості пухирців повітря. Оптимальний розмір пухирців дорівнює 15-30 мкм, а максимальний 100-200 мкм. При цьому необхідна високий ступінь насичення води пухирцями, і їхній рівномірний розподіл в об'ємі флотаційної установки. Велике значення має стабілізація розмірів пухирців у процесі флотації. Для цієї мети вводять різні піноутворювачі, які зменшують енергію розділу фаз. До піноутворювачів відносять: соснове масло, феноли й ін. Деякі із цих речовин володіють збиральними й піноутворюючими властивостями.

На флотаційний процес впливають: рН стічних вод, температура стоків, солевміст, конструкція флотаційної установки та ін.

Флотаційні установки бувають: одно-, двох- і багатокамерні.

5.2 Види флотації. Схема напірної флотації

Види флотації залежно від типу границі розділу фаз:

1. Масляна (вода - масло), коли забруднення, змочені маслом виносяться на поверхню флотоустановок.

2. Плівкова (вода - тверде тіло), коли тонкоподрібнені сухим способом, частинки, насипаються тонким шаром з невеликої висоти на поверхню води. При цьому гідрофобні або погано змочувані частинки утримуються силами поверхневого натягання на поверхні води, утворюючи крихку плівку, тоді як гідрофільні тонуть і опускаються на дно апаратів.

3. Пінна (газ-вода-тверде тіло-реагенти), коли у спорудах створюється енергійне перемішування стічних вод з повітрям. При цьому у пінний продукт переходять гідрофобні частинки, а для їх утворення необхідна наявність різних реагентів (масел, нафти и нафтапродуктов, ПАВ та ін.).

4. Іонна (газ-рідина), коли витягуються у піну зі стічних вод забруднення у виді іонів металів. Процес флотації відбувається за наявності дрібних пухирців повітря й збирача (ПАВ). При цьому збирач повинний утворювати у воді іони, які мають заряд, протилежний заряду іона, що вилучається. Процес ефективний при низьких концентраціях іона, що вилучається.

Напірна флотація

Найбільшого поширення в процесах очистки стічних вод отримала напірна флотація. Перевагою цього способу перед іншими є те, що виділення пухирців відбувається безпосередньо на частинках забруднень, що знаходяться у стічній воді.

Утворювані флотокомплекси «частинка – пухирець газу (повітря)» спливають, утворюючи пінний шар. В цих випадках не потрібно забезпечувати зіткнення часток з пухирцями для утворення флотокомплексу, що спричиняє перекид часток у піну. Зазвичай при флотаційному очищенні стічних вод доводиться мати справу з дуже тонкими частками, імовірність зіткнення яких з пухирцями дуже низька. В апаратах напірної флотації пухирці на порядок менше (0,2 мм), ніж у механічних, пневмомеханічних, пневматичних флотомашинах (де порядок – 1-3 мм), а, отже, у них при меншій аерованості забезпечується значно більша поверхня поділу газ – рідина.

Швидкість спливання таких флотокомплексів мала й становить приблизно 1-3 мм/с, що призводить до більш значного часу перебування поділюваної суспензії у флотаційному апараті. Збільшуються також його габарити. Іншим істотним недоліком цього способу флотації є те, що насичення газом (повітрям) стічних вод обмежено тиском, при якому відбувається розчинення газу (повітря) у воді, і температурою води. У випадку очищення стоків з підвищеною температурою (40–60 °C) різко зменшується розчинність повітря й ефект очищення падає в кілька разів.

За кількістю оброблюваної води на напірній флотоустановці є:

1. Прямоточна флотація (пряма), коли весь обсяг оброблюваних стоків надходить до сатуратора.

2. Флотація з рециркуляцією, коли до сатуратора (у напірний бак) подається 30-50 % очищеної стічної рідини.

Прямоточна напірна флотація найбільш проста в здійсненні, але вимагає високих енергетичних витрат і малоефективна при вилученні пластівчастих часток. Застосовується при рівномірному надходженні стоків (нафто- і мастиловміщуючих) на флотаційну установку й концентрації нерозчинених речовин не більше за 5 мг/л. При цьому повітрям насичується весь обсяг очищуваної рідини.

При частково-прямоточній флотації до сатуратора направляється близько 30 % неочищених стічних вод, а інша частина - безпосередньо у флотаційну установку.

Флотацію з рециркуляцією рекомендується застосовувати при очищенні стоків, що містять пластівчасті зважені речовини, при використанні в якості флотореагентів – коагулянтів і флокулянтів, а також при доочищенні біологічно очищених стічних вод й ущільненні активного мулу. У випадку частково-прямоточної схеми реагенти подають у змішувальний пристрій у дозах, необхідних для обробки всієї кількості стічної води. При спільному використанні коагулянтів і флокулянтів їх уводять у стічну воду послідовно з інтервалом 1–3 хв.

Установки для напірної флотації (рис. 5.1) прості й зручні в експлуатації. Напірна флотація дозволяє очищати стічні води з концентрацією суспензій до 4-5 г/л.

Процес здійснюється у дві стадії:

- 1) насичення води повітрям під тиском;
- 2) виділення розчиненого газу під атмосферним тиском.

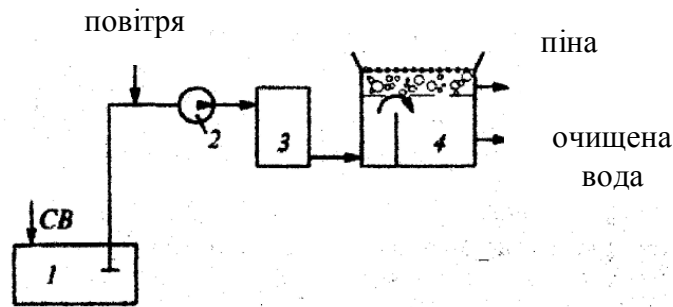


Рисунок 5.1 – Принципова схема напірної флотації.

1 – ємкість; 2 – насос; 3 – напірний бак (сатуратор); 4 – флотатор.

В технології флотаційної очистки поширення отримало примусове насичення рідини повітрям, яке здійснюється переважно з виростанням сатуратора. У флотаційній камері, яка працює при атмосферному тиску, відбувається виділення розчиненого повітря й здійснюється процес флотації. Таким чином, утворення пухирців газу у воді відбувається внаслідок зменшення розчинності повітря у воді при зниженні тиску. При цьому виділення газу з води відбувається безпосередньо на частці. Таким чином, утворення пухирців газу у воді відбувається внаслідок зменшення розчинності повітря у воді при зниженні тиску. При цьому виділення газу з води відбувається безпосередньо на частці.

Під час напірної флотації стічні води під тиском 0,3–0,5 МПа подаються в напірний бак-сатуратор, туди ж компресором подається повітря. Насичена повітрям вода із сатуратора прямує у флотаційну камеру, де пухирці повітря, що виділилися зі стічних вод, спливають разом із частками забруднень.

При експлуатації флотаційних установок особу увагу приділяють своєчасному видаленню піни, яка руйнується протягом 10-15 хв. і є вторинним забруднювачем стоку.

Залежно від об'єму і ступені забруднення стічних вод нафтопродуктами використовують горизонтальні флотатори (рис. 5.2) (до 100 м³/год) – прямокутні в плані камери глибиною 1–1,5 м з горизонтальним рухом води, і радіальні флотатори (більше 100 м³/год) глибиною не менше ніж 3 м (глибина зони флотації й зони відстоювання призначається не менше 1,5 м, а тривалість

перебування води в них відповідно не менше 5 й 15 хв). Площу флотаційної камери слід приймати виходячи з гідравлічного навантаження від 3–6 до 10 м³/ч на 1 м² площі поверхні камери. Горизонтальна швидкість руху води в прямокутних флотокамерах – не більше 5 мм/с. Об'єм флотокамери складається з об'єму робочої зони (глибина 1,0–3,0 м), зони формування й нагромадження піни (глибина 0,2–1 м), зони осаду (глибина 0,5–1,0 м). Число флотокамер повинне бути не менш двох, усі камери робочі. Розрахунок флотаційних установок полягає у визначенні об'ємів й розмірів флотаційних камер, визначенні кількості шламу, що утворюється (пінного продукту) і осадів, підбору насосів і визначенні місткості напірних баків.

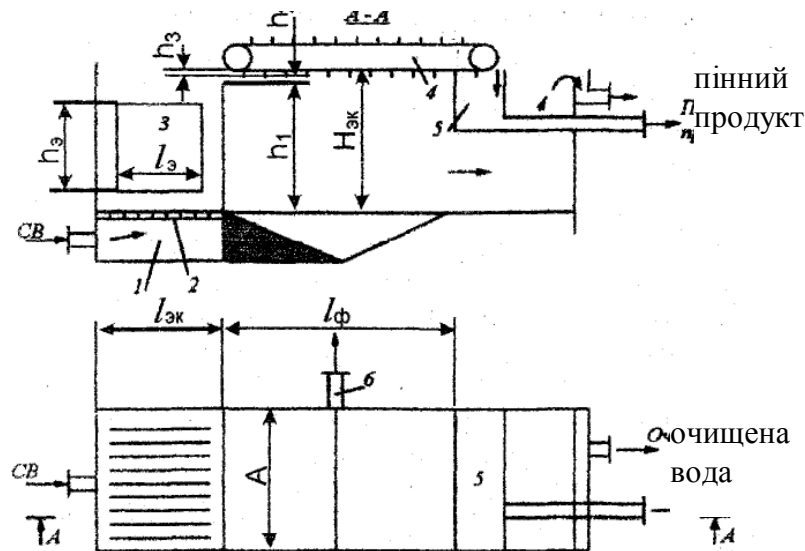


Рисунок 5.2 – Горизонтальний флотатор:

1 – впускна камера; 2 – решітка-заспокійлювач; 3 – електродна система;
4 – пінозйомник; 5 – пенозбірник; 6 – відведення осаду та випорожнення
флотатору

Флотатори-відстійники являють собою комбіновані споруди, що складаються із круглого в плані радіального відстійника з вбудованої в нього підвісної флотокамерою (рис. 5.3).

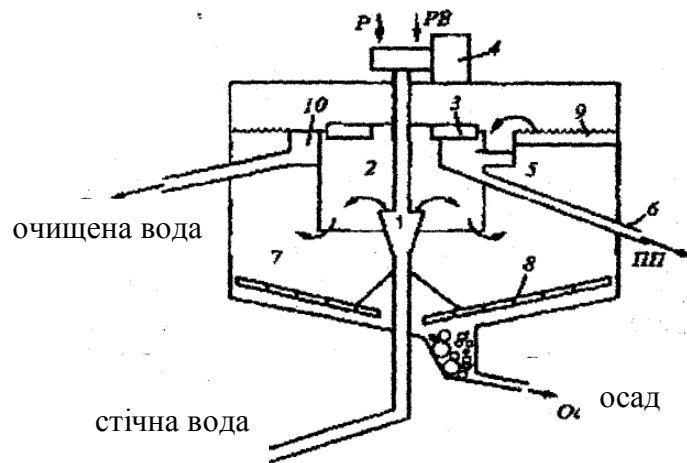


Рисунок 5.3 – Схема флотатора-відстійника

*1 – водорозподільник; 2 – підвісна флотокамера; 3 – верхні шкребки;
4 – електропривід; 5 – збірник піни; 6 – вихід пінного продукту; 7 – відстійна
камера; 8 – донні шкребки; 9 – зубчастий водозлив; 10 – кільцевий
лоток очищеної води; P – подача реагентів;
PB – рециркулююча вода; ПП – пінний продукт.*

Розроблені типові проекту радіальних флотаторів і флотаторів - відстійників пропускною здатністю 300, 600 й 900 м³/год, що мають відповідно діаметри 9, 12 й 15 м і глибину 3 м.

Контрольні запитання

1. Поясніть сутність процесу формації.
2. Види флотації.
3. Від чого залежить ефективність процесу флотації? Переваги флотації.
4. Наведіть схему напірної флотації.

ТЕМА 6 ХІМІЧНІ ТА ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИСТКИ

6.1 Основні способи нейтралізації. Реагенти, установки для нейтралізації

6.2 Обробка стічних вод електрофлотацією.

6.3 Очистка промислових стічних вод методами електрокоагуляції та електрофлотокоагуляції.

6.1 Основні способи нейтралізації. Реагенти, установки для нейтралізації

До основних хімічних способів очистки відносяться окислювання забруднюючих воду речовин, нейтралізація із введенням у стічні води речовин з кислою або лужною реакцією для забезпечення в них рН у межах 6, 5–8,5.

Хімічна очистка може здійснюватися як самостійний метод перед подачею виробничих стічних вод у систему оборотного водопостачання, а також перед спуском їх у водойму або міську каналізаційну мережу. Нейтралізацію застосовують для обробки виробничих стічних вод, що містять кислоти й луги.

Більшу небезпеку представляють кислі стоки, які до того ж зустрічаються значно частіше, ніж лужні. Найчастіше стічні води забруднені кислотами – сірчаною, азотною, соляною, а також їхніми сумішами. Крім того, у більшості кислих стоків містять солі важких металів, які необхідно видаляти.

Нейтралізацію здійснюють у наступних цілях:

- для запобігання корозії матеріалів каналізаційних мереж й очисних споруд;
- щоб уникнути порушення біохімічних процесів у біологічних окислювачах й у водоймах;
- для осадження зі стічних вод солей важких металів.

Практично нейтральними вважають води, що мають $\text{pH} = 6,5\text{--}8,5$.

Основні способи нейтралізації

1. *Взаємна нейтралізація кислих і лужних стічних вод.* Режимми скидання стічних вод, що містять кислоту й відпрацьовані луги, як правило, різні. Кислі

води зазвичай скидаються в каналізацію рівномірно протягом доби й мають постійну концентрацію. Лужні води скидаються періодично в міру того, як скидається лужний розчин. У зв'язку із цим для лужних вод часто необхідно влаштовувати регулюючий резервуар. З резервуара ці води рівномірно випускають у камеру реакції, де в результаті змішування їх з кислими стічними водами відбувається взаємна нейтралізація. Даний метод широко використовують на підприємствах хімічної промисловості.

2. *Нейтралізація реагентами* (негашене вапно, гашене вапно $\text{Ca}(\text{OH})_2$, кальцинована сода). Реагентний метод застосовують у випадку, якщо на промислових підприємствах є тільки кислі або тільки лужні стічні води, або якщо неможливо забезпечити взаємну нейтралізацію. Вапно для нейтралізації застосовують у вигляді вапняного молока 5 %-й концентрації або у вигляді порошку. Цей метод поширений для нейтралізації кислих вод. Оскільки в кислій і лужній виробничій стічній водах практично завжди присутні іони металів, то дозу реагенту визначають із урахуванням виділення в осад солей важких металів. Час контакту стічних вод і реагенту повинний бути не менше ніж 5 хв. Для кислих стічних вод, що містять розчинені іони важких металів, цей час повинний бути не менше ніж 30 хв.

3. Нейтралізація кислих стічних вод шляхом *фільтрування через нейтралізуючі матеріали* (вапно, вапняк CaCO_3 , доломіт $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$, магнезит MgO). Нейтралізацію соляно-, азотно-, а також сірчано-кислих стічних вод при концентрації сірчаної кислоти не більше за 1,5 г/л здійснюють на безперервно діючих фільтрах з вертикальним рухом води. При концентрації кислоти більше за 1,5 г/л кількість сульфату кальцію, що утворюється, перевищує його розчинність (2 г/л), і він починає випадати в осад, у результаті чого нейтралізація припиняється. Крупність фракцій матеріалу завантаження становить 3–8 см; розрахункова швидкість фільтрування залежить від виду завантажувального матеріалу, але не більше 5 м/год; тривалість контакту не менш 10 хв. Застосування таких фільтрів можливо за умови відсутності в кислих стічних водах розчинених солей важких металів, оскільки при $\text{pH} > 7$

вони будуть випадати в осад у вигляді важко розчинних сполук, які повністю забивають пори фільтра.

4. *Нейтралізація димовими газами.* Застосування для нейтралізації лужних стічних вод газів, що відходять, утримуючих діоксиди вуглецю, сірки й азоту й інші кислі гази, дозволяє не тільки нейтралізувати стічні води, але й одночасно здійснювати високоефективне очищення самих газів від шкідливих компонентів. Нейтралізація виробляється в колонних абсорбційних апаратурах, розрахунок якої заснований на закономірностях хемосорбції. Процес нейтралізації може бути проведений у реакторах з мішалкою, у розпилювальних, плівкових і тарілчастих колонах.

Вибір способу нейтралізації залежить від багатьох факторів:

- виду й концентрації кислот, що забруднюють виробничі стічні води;
- витрат і режиму надходження відпрацьованих вод на нейтралізацію, наявності реагентів;
- місцевих умов і т.п.

Нейтралізація змішуванням. Цей метод застосовують, якщо на одному підприємстві або на сусідніх підприємствах є кислі й лужні води, не забруднені іншими компонентами. Кислі й лужні води змішують у ємності (рис. 6.1) з мішалкою. При змінній концентрації стічних вод у схемі передбачають установку усереднювача або забезпечують автоматичне регулювання подачі в камеру змішування.

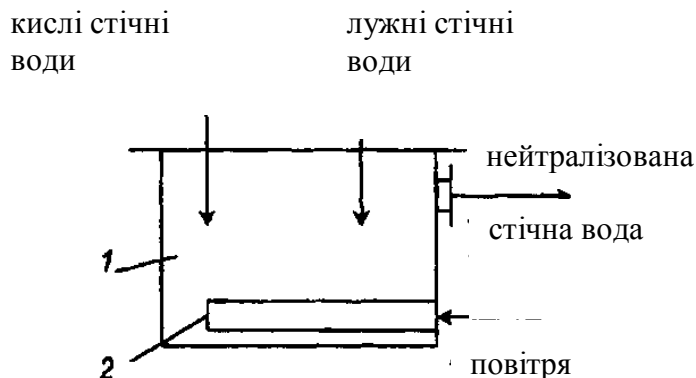


Рисунок 6.1 – Нейтралізатор змішування:

1 – ємність; 2 – розподільник повітря

Принципова схема реагентної нейтралізації наведена на рисунку 6.2.

Нейтралізовану воду використовують у виробництві, а осад зневоднюють на шламових майданчиках або вакуум-фільтрах.

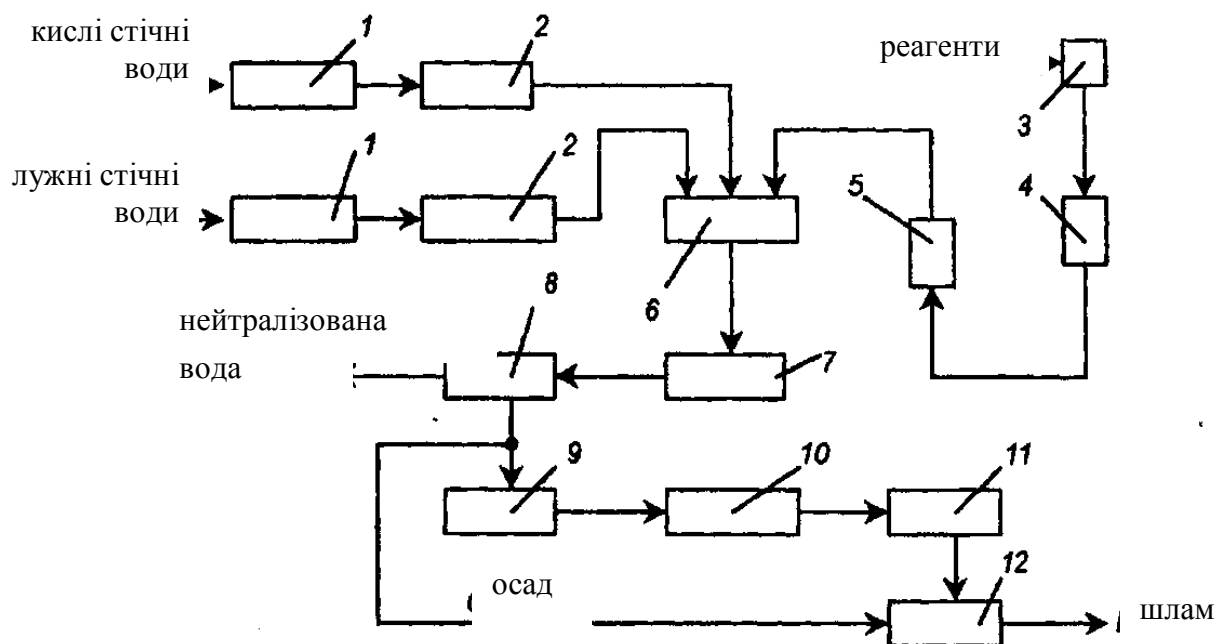


Рисунок 6.2 – Схема станції реагентної нейтралізації:

1 – пісколовки; 2 – усереднювачі; 3 – склад реагентів; 4 – розчинний бак;
5 – дозатор; 6 – змішувач; 7 – нейтралізатор; 8 – відстійник; 9 –
осадкоуловлювач; 10 – вакуум-фільтр; 11 – накопичувач зневоднених
осадів; 12 – шламовий майданчик

Нейтралізація додаванням реагентів. Для нейтралізації кислих вод можуть бути використані: NaOH , KOH , Na_2CO_3 , NH_4OH (аміачна вода), CaCO_3 , MgCO_3 , доломіт ($\text{CaCO}_3 \text{ MgCO}_3$). Однак найбільш дешевим реагентом є гідроксид кальцію (вапняне молоко) зі змістом активного вапна $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 5–10%. Іноді для нейтралізації застосовують різні відходи виробництва, наприклад, шлаки сталеплавильного, ферохромового й доменного виробництв використовують для нейтралізації вод, що містять сірчану кислоту.

Реагенти вибирають залежно від складу й концентрації кислих стічних вод. При цьому враховують, утворювання осадів.

Розрізняють три види кислотовміщуючих стічних вод:

1) води, що містять слабкі кислоти (H_2CO_3 , CH_3COOH);

2) води, що містять сильні кислоти (HCl , HNO_3). Для їхньої нейтралізації може бути використаний будь-який названий вище реагент. Солі цих кислот добре розчинні у воді;

3) води, що містять сірчану й сірчисту кислоти. Кальцієві солі цих кислот погано розчинні у воді й випадають в осад.

Час контакту стічних вод і реагенту в камерах реакції повинний бути не менше 5 хв, для кислих вод, що містять розчинені іони важких металів - не менше 30 хв.

Вапно для нейтралізації вводять у стічну воду у виді гідроксиду кальцію (вапняного молока; «мокре дозування») або у виді сухого порошку («сухе» дозування).

Установки для нейтралізації стічних вод включають реагентне господарство, усереднювачі, змішувачі, контактні резервуари, відстійники для виділення шламів.

Для змішування стічних вод з вапняним молоком застосовують змішувачі різних типів: дірчасті, перегородчасті, вихрові, з механічними мішалками або барботажні з витратою повітря 5-10 м³/год на 1 м² вільній поверхні.

Кисла вода з усереднювача потрапляє до змішувача 1, який є одночасно і контактним резервуаром. Заглибний датчик 2, встановлений на виході зі змішувача, а також прилад системи автоматичного регулювання 3 дозволяють здійснювати автоматичне регулювання рН вод на виході зі змішувача. Вапняне молоко зі збірника 4 насосом 5 подається у прийомну частину 6 дозатора 7.

Час перебування води в камері нейтралізації при використанні вапняного молока складає 5–30 хв в залежності від наявності у воді солей важких металів та інших домішок.

Під час нейтралізації стічних вод, що містять сірчану кислоту, вапняним молоком в осад випадає гіпс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Розчинність гіпсу мало міняється з температурою. При переміщенні таких розчинів відбувається відкладення гіпсу на стінках трубопроводів й їхнє забивання. Для усунення забивання

трубопроводів необхідно промивати їх чистою водою або додавати в стічні води спеціальні пом'якшувачі, наприклад гексаметафосфат. Збільшення швидкості руху нейтралізованих вод сприяє зменшенню відкладень гіпсу на стінках трубопроводу.

Для нейтралізації лужних стічних вод використовують різні кислоти або кислі гази.

Нейтралізація фільтруванням кислих вод через нейтралізуючі матеріали. У цьому випадку для нейтралізації кислих вод здійснюють фільтрування їх через шар магнезиту, доломіту, вапняку, твердих відходів (шлаки, зола). Процес ведуть у фільтрах-нейтралізаторах, які можуть бути горизонтальними або вертикальними.

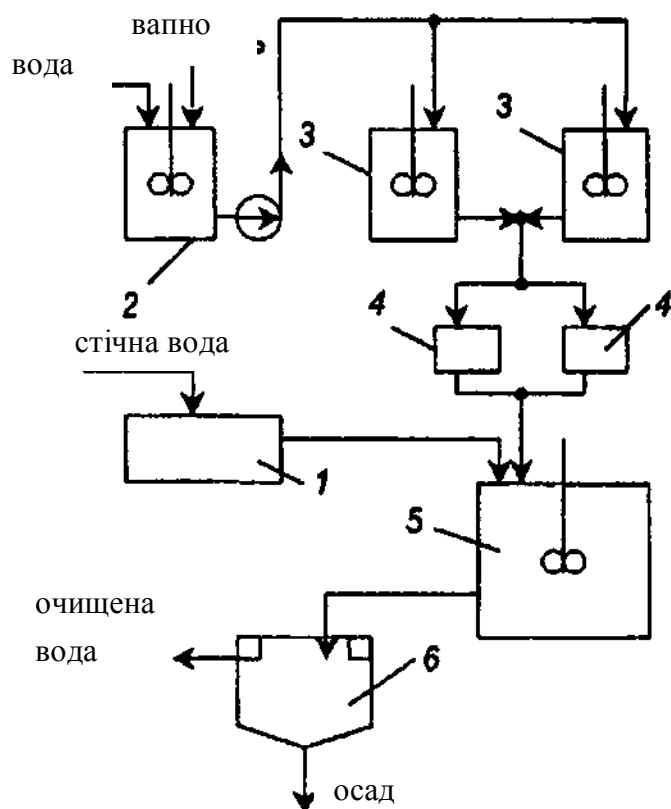


Рисунок 6.3 – Схема установки нейтралізації кислих стічних вод гідроксидом кальцію (вапняним молоком):

- 1 – усереднювач, 2 – апарат для гасіння вапна (CaO);
 3 – розчинні баки; 4 – дозатори;
 5 – нейтралізатори; 6 – відстійник

Нейтралізація кислими газами. Для нейтралізації лужних стічних вод останнім часом почали використовувати гази, що відходять і які вміщують CO_2 , SO_2 , NO_2 , N_2O_3 та ін. Застосування кислих газів дозволяє не тільки

нейтралізувати стічні води, але й одночасно здійснювати високоефективне очищення самих газів від шкідливих компонентів.

Використання для нейтралізації лужних стічних вод диоксиду вуглецю має ряд переваг у порівнянні із застосуванням сірчаної або соляної кислот, дозволяє різко знизити вартість процесу нейтралізації. Внаслідок поганої розчинності CO_2 зменшується небезпека переокислювання нейтралізованих розчинів. Карбонати, що утворюються, знаходять більшого застосування в порівнянні із сульфатами або хлоридами, крім того корозійні й токсичні впливи CO_3^{2-} іонів у воді менше, ніж іонів SO_4^{2-} і Cl_3^- .

6.2 Оброблення стічних вод електрофлотацією

Установки електрофлотації застосовують для обробки невеликої кількості стічних вод і технологічних розчинів у гальванотехніці при витраті не більше за 20-40 м³/год із високим змістом солей і низкою електропровідністю. При електрофлотації можливе використання коагулянтів і флокулянтів, а також комбіновані схеми напірної флотації й електрофлотації.

Електрофлотаційні установки застосовуються також при очищенні поверхневого стоку з територій промпідприємств з метою зниження концентрації нафтопродуктів і масел перед стадією фільтрування.

В установках електрофлотації для проведення процесу флотації використовують газоподібні продукти – водень і кисень, що виділяються на електродах при електролізі оброблюваної води. У процесі електролізу води на катоді виділяється водень, а на аноді – кисень. Основну роль у процесі флотації часток грають пухирці водню.

Сутність цього способу очищення стоків полягає в переносі забруднюючих часток з рідини на її поверхню поділу фаз за допомогою пухирців газу, що утворюються при електролізі стічної води. Пухирці поступово ростуть на поверхні електродів і при досягненні певного розміру відриваються. При спливанні вони зіштовхуються із частками забруднень і за рахунок дії молекулярних й електростатичних сил, що сприяють їхньому

злиттю, транспортуються на поверхню розчину. Присутні в розчині домішки, що володіють поверхнево-активними властивостями, будуть сприяти утворенню флотоактивних комплексів і поверхневого пінного шару.

Електрофлотація дозволяє видаляти зі стічних вод домішки, що перебувають у розчиненому стані, емульгованому і суспендованому виді, зважені речовини й колоїдні частки.

Ефективність електрофлотації багато в чому залежить від числа й крупності пухирців газу. Основну роль тут грають пухирці, що утворюються на катоді. Розмір пухирців водню значно менше, ніж при інших способах флотації. Діаметр пухирців може мінятися від 20 мкм до 100 мкм. Більше дрібні пухирці мають більшу розчинність. До того ж вони виділяються прямо на поверхні забруднень і тим самим сприяють ефекту флотації.

Для одержання необхідної кількості пухирців необхідного розміру необхідний правильний підбір матеріалу, діаметра дроту катода й щільності струму. Змінюючи щільність струму можна варіювати швидкість флотації. Зазвичай, чим більше насичення розчину пухирцями, тим вище швидкість флотації, але до певної межі. Збільшення щільності струму буде збільшувати потік пухирців, і вони почнуть відриватися від часток домішок.

При застосуванні розчинних електродів (звичайно залізних або алюмінієвих) на аноді відбувається анодне розчинення металу, у результаті чого у воду переходять катіони заліза або алюмінію, що приводять до утворення пластівців гідроокисів.

Електрофлотаційний спосіб має ряд переваг у порівнянні з іншими способами флотації: простота виготовлення апаратів й їхнього обслуговування, можливість регулювання ступеня очищення стоків залежно від фазово-дисперсного стану домішок, висока дисперсність пухирців газу, що забезпечує ефективність їхньої взаємодії з домішками.

При витраті стоків до 10-15 м³/год флотоустановки однокамерні, а при більшій - двокамерні горизонтального або вертикального типу.

Розрахунок установок для електрофлотації зводиться до визначення загального обсягу установки, обсягів електродного відділення й камери флотації.

6.3 Очищення промислових стічних вод методами електрокоагуляції та електрофлотокоагуляції

З електрохімічних методів очищення стічних вод (особливо стоків гальванічних виробництв) поширення одержав метод електрокоагуляції.

Метод використовують в системах локального очищення стічних вод, забруднених тонкодисперсними й колоїдними домішками. Очищення здійснюють від різних емульсій, масел, жирів, нафтопродуктів, сполук хрому й інших важких металів. Ефективність очищення становить: від нафтопродуктів і масел 54–68 %, від жирів – 92–99 %. Електрокоагуляційні установки мають продуктивність 50 м³год.

Метод електрокоагуляції є другим після реагентного. Цей метод не вимагає дефіцитних реагентів і має ряд переваг, таких як універсальність, відсутність додаткового сольового забруднення води в процесі очищення, невеликі розміри установок, компактність установок і простота керування, відсутність потреби в реагентах, повна відсутність або спрощення реагентного господарства, простота обслуговування встаткування, слабка чутливість до змін умов проведення процесу, одержання шламу з кращими структурно-механічними властивостями.

Електрокоагуляцію застосовують головним чином для очищення нейтральних і слабколужних стічних вод. Застосування електрохімічних методів доцільно при відносно високій електропровідності стічних вод, обумовленої наявністю в них неорганічних кислот, лугів або солей (при мінімальній концентрації солей, що дорівнює 0,5 г/л). При низьких концентраціях солей до стічних вод додають електроліти (зазвичай NaCl), що підвищують електропровідність стічних вод, у результаті чого знижуються питомі витрати електроенергії на їхню обробку.

Даний метод очищення стічних вод, заснований на електролізі з використанням металевих (сталевих або алюмінієвих) анодів, що піддаються електролітичному розчиненню. У результаті розчинення анодів вода збагачується відповідними іонами, що утворюють потім у нейтральному або слабколужному середовищі гідроксид алюмінію або гідроксид заліза. Під їхньою дією відбувається процес коагуляції високодисперсних речовин, що втримуються у воді, аналогічній обробці води відповідними солями алюмінію або заліза.

Однак, на відміну від застосування сольових коагулянтів, при електрокоагуляції вода не збагачується сульфат- і хлорид-іонами, вміст яких в очищеній воді лімітується як при скиданні її у водойми, так і при повторному використанні в системах виробничого водопостачання.

При електрокоагуляції стічних вод, що містять тонкодисперговані домішки, протікають й інші електрохімічні, фізико-хімічні й хімічно процеси: катодне відновлення розчинених у воді речовин, флотація твердих й емульгованих часток пухирцями газоподібного водню, що виділяється на катоді. Крім того, відбувається сорбція іонів і молекул розчинених домішок, а також часток, емульгованих у воді домішок, на поверхні гідроксиду алюмінію (заліза), які володіють значною сорбційною здатністю, особливо в момент утворення. Пластівці гідроксиду металу із сорбованими забрудненнями, зіштовхуються з пухирцями газу, з'єднуються з ними й спливають на поверхню рідини. Деякі частки забруднень, що мають пластівчасту структуру, можуть самокоагулювати один з одним тим самим, збільшуючи ефект гетерокоагуляції всієї системи. Для відділення пластівців коагулянту із сорбованими забрудненнями застосовують наступне відставання або флотацію.

Стримуючим фактором застосування електрокоагуляції є підвищена витрата електроенергії й листового заліза й алюмінію. Тому необхідність використання даного методу в кожному конкретному випадку повинна бути економічно обґрунтована.

На ефективність електрокоагуляції впливають: матеріал електродів, відстань між ними, швидкість руху води між електродами, температура й склад води, напруга й щільність струму. Електрокоагуляцію рекомендується проводити у нейтральному або слабколужному середовищі за наступних умов: щільність струму не більше за 10 А/м^2 , відстань між електродами – не більше за 20 мм, швидкість руху води не менше ніж 0,5 м/с.

Як аноди використовують графіт, магнетит, свинець і його з'єднання, кремнієві сплави й ін. Катоди виготовляють із графіту, молібдену, сплаву вольфраму із залізом або нікелем, нержавіючої сталі й ряду інших речовин.

Аноди й катоди часто виготовляють із того самого матеріалу, що дозволяє підвищити ресурс роботи апарата, періодично змінюючи полярність електродів. Найчастіше електроди виготовляють із заліза або алюмінію. Під дією постійного електричного струму аноди розчиняються з утворенням гідроксидів або солей металів, здатних до коагуляції.

На практиці зазвичай використовують безнапірні пластинчасті електрокоагулятори, напрямок руху рідини в які може бути горизонтальним або вертикальним. Вони можуть бути однопотоковими, багатопотоковими або змішаними. У разі багатопотокової схеми руху рідини, вода проходить одночасно через проміжки між електродами (паралельне сполучення каналів).

Електрокоагулятор являє собою корпус прямокутної або циліндричної форми, у який поміщають електродну систему.

Електрофлотокоагуляція

Часто при проведенні електрофлотації використовують попереднє введення в стічні води коагулянтів. За рахунок цього ефективність флотації істотно підвищується.

Одночасне утворення пластівців коагулянту й пухирців газу в стиснутих умовах міжелектродного простору створює передумови для надійного закріплення газових пухирців на пластівцях й інтенсивній коагуляції забруднень, що забезпечує ефективність флотаційного процесу. Такі установки називаються електрокоагуляційно-флотаційними. При пропускній здатності до

10–15 тис. м³/год установки можуть бути однокамерними, а при більшій пропускній здатності – двокамерними горизонтального або вертикального типу.

Коагулянти можна вводити безпосередньо у вигляді відповідних солей або за рахунок організації активного анода. Тобто, організується попередня (перша) секція електрокоагуляції, де відбувається розчинення анода й утворення гідроокисних структур, які виконують коагулюючі функції. У другій секції протікає основний процес електрофлотації за рахунок пухирців газів, що утворюються на графітових електродах. Третя секція організується, якщо необхідно додаткове знезаражування очищених стічних вод. У ній за рахунок певного розташування електрода збільшується поверхня його контакту з водою й збільшується кількість пухирців кисню, що утворюються, які виконують функцію окислювача.

Метод електрофлотокоагуляції (ЕФК) дозволяє одночасно здійснювати два процеси – зміна дисперсного стану домішок за рахунок їхньої коагуляції під дією електричного поля - коагуляція й закріплення пухирців електролітичного газу на поверхні часток, що коагулюють, що забезпечує їхню наступну флотацію. Особливо ефективний процес при анодному (катодному) розчиненні металу електродів. Це пояснюється тим, що коагулюючи активність електрогенерованих реагентів на відміну від коагулянтів, отриманих при гідролізі солей металів, значно вище.

Основними стадіями процесу ЕФК є генерація електролітичного коагулянту, генерація електролітичного газу, коагуляція домішок, закріплення електролітичного газу на поверхні коагульованих домішок (утворення флотокомплексів) і спливання флотокомплексів.

У процесі ЕФК на поверхні води утворюється шар піни, що згрібається з поверхні апарата механічними шкребками, а потім піддається гасінню в піногаснику. Потім осад збезводнюється на спеціальних фільтрах, а кек (збезводнений осад) вивозиться на компостування, а фугат направляється в «голову» очисних споруджень на повторне очищення.

Комбінований метод, що включає електрокоагуляцію й електрофлотацію (ЕФК) відрізняється високим ефектом виділення зі стічної води забруднень, більш економічний за витратами електроенергії й металевих електродів у порівнянні з електрокоагуляцією. При ЕФК установки відпадає необхідність введення реагентів в очищувану рідину. Піна, одержувана при електрокоагуляції має високу стійкість. Ефект очистки в ЕФК апаратах становить за жирами 96–97 %, за зваженими речовинами 90–92 %, за ХПК – 65 %, за БПК_{повн} – 70–75 %.

ЗМ 1.2 ЗВОРОТНІ ТА БЕЗСТІЧНІ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

ТЕМА 7 ЗВОРОТНІ ТА ЗАМКНЕНІ СИСТЕМИ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ГІРНИЧОМЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ

7.1 Водне господарство підприємств чорної металургії

7.2 Обробка стічних вод на локальних очисних спорудах.

7.3 Досвід проектування і практика експлуатації замкнених (безстічних) й маловідходних систем водного господарства. Значення хвостових установок

7.1 Водне господарство підприємств чорної металургії

До складу металургійного комбінату входять наступні виробництва:

- агломераційна фабрика (підготовка (ошматкування) руди і шихти для доменних печей – сировини для виробництва чавуну);
- коксохімічний завод (виробництво коксу, призначеного для відновлення руди);
- доменні печі (виробництво чавуна);
- сталеплавильний цех (виробництво сталі різних сортів);
- цех безперервного розливання сталі (формування слябів і блюмів - заготівок для виробництва кінцевої продукції);
- цех гарячої прокатки (виробництво листів, брусків тощо);

- цех холодної прокатки (виробництво готової продукції (тонкий лист різних сортів).

У комплексі цих виробництв організовано роздільну систему водовідведення. Очищення стічних вод вирішується самостійно для окремих виробництв.

Переважну кількість води на металургійних заводах використовують на охолодження й очищення газів, що виділяються під час плавлення металу, охолодження обладнання, гідротранспорт, промивання металу після травлення і знежирювання, охолодження прокатних станів.

При охолодженні й очищенні газів та гідротранспорті у зворотні системи включають споруди з очищення і охолодження води. За наявності сольових відкладень у трубопроводах і обладнанні зворотні системи водопостачання працюють із продувкою, яка становить 3–5 % загальної витрати води в системі, досягаючи максимуму в окремих випадках 10 %.

7.2 Обробка стічних вод на локальних очисних спорудах

У доменному цеху воду витрачають на зволоження шихти, охолодження доменних печей і арматури повітрянагрівачів, очищення доменного газу, грануляцію шлаку, охолодження чавуну на розливальних машинах і гідроприбирання підбункерних приміщень.

При доменному цеху в самостійний комплекс виділяють споруди з очищенні доменного газу та з обробки стічних вод, що утворюються при його очищенні. Водне господарство доменної газоочищення приймають за замкненим зворотним циклом. У цехах очищення доменного газу вода слугує поглиначем механічних домішок, розчинником газів, а також охолоджувачем і транспортувальним середовищем поглинених домішок.

Стічні води доменної газоочищення, склад і властивості яких залежать від складу шихти і тиску газів під колошником, освітлюються зазвичай у радіальних відстійниках різних конструкцій із застосуванням коагулянтів і

флокулянтів. Освітлену воду після охолодження і стабілізаційної обробки використовують повторно, осад зневоднюють і утилізують.

Температура води, що відходить від газоочищення становить 45–55 °С. Цій воді властивий високий вміст завислих речовин через частинки пилу, що потрапляють із газу у воду, кількість яких коливається від 500 до 4 000 мг/л або в середньому при роботі печей із нормальним тиском 2 900 мг/дм³, а при підвищеному до 170 кН/м² – 1 000 мг/л.

Газ доменних печей, що виплавляють феромарганець, відрізняється від газу доменних печей, що виплавляють передільний або ливарний чавун ще більшим вмістом пилу, дисперсністю і хімічним складом. Відповідно відрізняються і стічні води. При виплавці феромарганцю (м. Нікополь, м. Стаханов) питомі витрати води становлять 5–11 м³ на 1 000 м³ газу, вміст завислих речовин досягає 3–3,5 г/л, значно зростає лужність і загальна жорсткість, рН – 9–9,5, загальний солевміст – 40 г/л (з них сульфатів і хлоридів 1,2 г/л), а саме головніше – в стоках з'являються дуже токсичні речовини: ціаніди (100–200 мг/л) і роданіди (220–1 160 мг/л).

Обробка таких стоків потребує подальшої очищення – знешкодження хімічними методами за допомогою реагентів або фізико-хімічними, електрохімічними методами.

Стічні води від очищення газу доменних печей, що виплавляють феромарганцевий чавун, очищають від завислих речовин у радіальних відстійниках зі знешкодженням ціанідів залізним купоросом з подальшим підлугуванням для підтримки рН води в межах 9–10. При цьому необхідні великі витрати залізного купоросу та вапна.

Системам зворотного водопостачання газоочисток доменних печей властивий складний водно-хімічний режим. У системі зворотного водопостачання доменної газоочищення відбувається інтенсивне забруднення нижньої частини газоочисних скрубєрів, краплинного зрошувача градирень і трубопроводів карбонатними відкладеннями у вигляді СаСО₃, заліза тощо, а на деяких заводах також і ZnCO₃. Унаслідок забруднення швидко зменшується

охолоджувальний ефект градижень і знижується пропускна здатність скрубєрів і трубопроводів.

Причиною утворення карбонатних відкладень є висока концентрація вільної вуглекислоти (CO_2) та відповідний їй вміст бікарбонатних (HCO_3^-) і карбонатних (CO_3^{2-}) іонів.

Для запобігання або зменшення інтенсивності карбонатних відкладень на поверхнях, що контактують зі стічними водами, попередження корозійного руйнування устаткування (скрубєрів високого тиску тощо) в системах зворотного водопостачання доменних газоочисток знаходять застосування такі методи, як фосфатування, рекарбонізація води, додавання ІОМС.

Шлак, що утворюється під час плавлення чавуна відводять від доменних печей до грануляційних установок. Грануляція шлаку полягає в перетворенні його з рідкого стану у твердий зернистий матеріал шляхом швидкого охолодження водою. Стічні води залежно від складу чавуна мають кислу або лужну реакцію і містять сірководень, хлориди, сульфати і 300–650 мг/л завислих речовин. Для освітлення стічних вод грануляційних установок застосовують горизонтальні відстійники. Кислі води нейтралізують вапном. Вода після очищення у відстійниках повертається знову у виробництво.

На сьогодні прибирання пилу у підбункерних приміщеннях здійснюють гідравлічним засобом. *Стічні води від підбункерних приміщень* та машин для розлиття чавуна доменного виробництва відрізняються від стічних вод газоочищення значним вмістом вапна. Обробку цих стічних вод здійснюють за замкненою схемою з проясненням води у горизонтальних відстійниках.

Нагріта вода після розливальних машин містить пісок, вапно, окалину та інші завислі речовини. Для хімічного складу цих стічних вод характерна наявність гідратної лужності, що обумовлено застосуванням розчину вапна для обприскування форм (мульд) для розливання чавуна. Водопостачання розливальних машин зворотне. Середню концентрацію завислих речовин у стічній воді при розрахунку очисних споруд приймають 2 000 мг/дм³.

Сталеплавильні цехи

Стічні води сталеплавильного виробництва утворюються у процесі очищення газів мартенівських, електросталеплавильних і киснево-конвертерних цехів. Їх відмітна особливість полягає в значній зміні складу стоку в процесі плавлення. Очищення стічних вод здійснюють шляхом виділення зважених речовин у відкритих гідроциклонах, флокуляторах і радіальних відстійниках.

Сталеплавильні цехи мають зазвичай два цикли зворотного водопостачання. В одному з них вода виконує функцію теплоносія, у другому вода виконує функцію охолоджувача та середи, що поглинає й транспортує механічні домішки до водоочисних споруд (металевий пил, окалину тощо).

Водопостачання конверторного цеху здійснюють тільки за зворотною схемою.

Газоочищення конверторів. Стічні води від очищення конвертерного газу забруднені твердими частинками і розчиненими хімічними речовинами. Склад і кількість забруднень залежать від схеми відведення й очищення газів, що відходять. При цьому відбувається зміна складу стічних вод за процесом плавлення.

Гази, що утворюються під час виплавлення сталі в кисневому конвертері містять металевий пил і частинки вапна (негашене CaO). Вапно, вживане в киснево-конвертерному процесі для його інтенсифікації, потрапляє в потік газів, що відходять і розчиняється у воді. Кількість розчинного вапна залежить від її якості й способу подачі. В зв'язку з цим збільшується гідратна лужність зворотної води.

Очищення газів здійснюється мокрим способом.

Система водопостачання газоочисток конверторів зворотна. Передбачається попереднє уловлювання завислих частинок крупністю більше 500 мкм, віддувка у разі необхідності вільного оксиду вуглецю, прояснення в радіальних відстійниках або флокуляторах і подальше охолодження на градирнях. Віддувка вільного оксиду вуглецю потрібна для того, щоб поблизу

прояснювачів приземна її концентрація не перевищувала рівень, шкідливий для обслуговуючого персоналу. Питоме гідравлічне навантаження на радіальні відстійники приймають $1 \text{ м}^3/\text{год} \times \text{м}^2$.

На схемі зворотного водопостачання газоочищення (рис. 7.1) стічні води від газоочисних установок самопливом надходять у приймальну камеру 1, куди також підводиться пара. Далі вони направляються в камеру 2 для дегазації і відокремлення крупних частинок зависі, в яку подають також поліакриламід. З камери 2 попередньо очищені стічні води потрапляють у гідроциклони-флокулятори 3 і багатоярусний флокулятор 4. Прояснена вода з флокуляторів під залишковим напором надходить на градирню 5. Охолоджена вода збирається в приймальній камері 6 і насосами 8 повертається в газоочисні установки.

Шлами, що містять крупні частки, вловлені у камері 2, відводяться у двохсекційний горизонтальний відстійник 7, з якого осад періодично видаляється грейфером у бункер для зневоднення і потім відвозиться автотранспортом на утилізацію. Шлам з флокуляторів насосами 9 перекачується в радіальні згущувачі 10 діаметром 18 м, потім насосами 11 у перемішувачі 12 пульпи і в фільтр-преси 13 ФПАКМ-25. Всі флокулятори діаметром 12 м і висотою відстійної зони 10 м, конструкція їх розроблена ДП УкрНТЦ «Енергосталь».

При питомому гідравлічному навантаженні $6 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{год})$ і концентрації завислих речовин у вихідній воді оборотного циклу 20000–30000 мг/л, вміст завислих речовин у проясненій воді на виході з флокуляторів без застосування коагуляції не перевищує 300 мг/л, а з застосуванням коагуляції поліакриламідом в середньому 60–80 мг/л. Продуктивність оборотного циклу водопостачання установок очищення конвертерного газу дорівнює $4000 \text{ м}^3/\text{год}$.

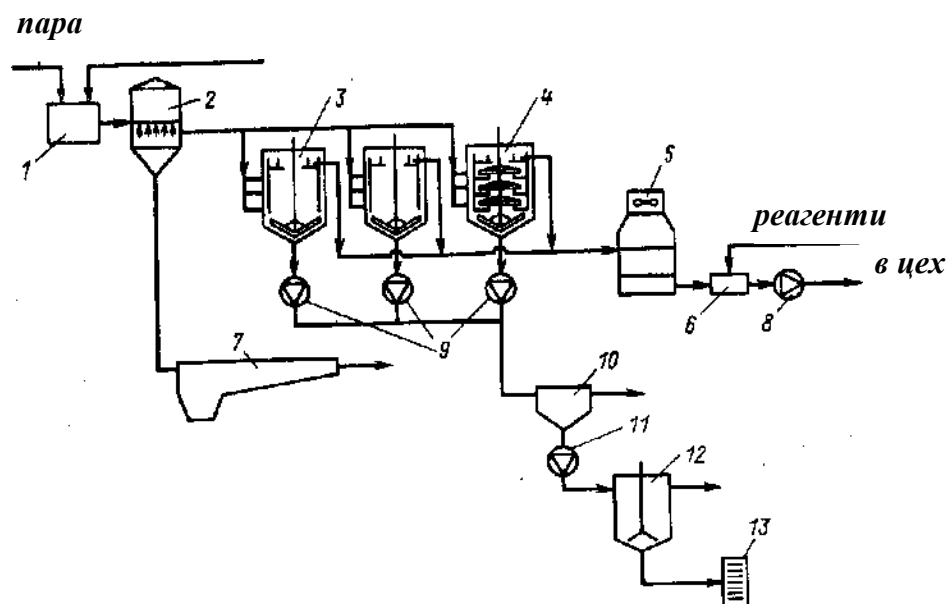


Рисунок 7.1 – Схема оборотного водопостачання газоочисток киснево-конвертерного цеху металургійного комбінату «Азовсталь»

Газоочищення мартенівських печей. Водопостачання здійснюється за оборотною схемою. Кількість стічних вод від однієї мартенівської печі складає 150–200 м³/год. Завдання очищення газів, що відходять від мартенівських печей ускладнюється через перемінний за ходом плавки вміст пилу, різної величини часток пилу і змін температури. Для очищення газів застосовують як сухі газоочищення (електрофільтри), так і мокрі.

Стічні води газоочищення мартенівських печей містять дрібно дисперсні речовини, концентрація яких значно коливається в процесі плавки від 2 до 10 г/л. Найчастіше вони характеризуються кислою реакцією, $pH = 4-6$. Це пов'язано з тим, що в процесі очищення газів вода підкислюється за рахунок уловлювання кислих компонентів таких, як SO_2 , SO_3 а також окислів азоту (NO , NO_2). Для захисту від корозії системи виготовляють кислотостійкими або передбачається нейтралізація стічних вод вапном. Доза вапна за активною речовиною складає орієнтовно 70 мг/л.

Для очищення стічних вод мартенівської газоочищення застосовують радіальні відстійники, відкриті гідроциклони або флокулятори з реагентною обробкою. При цьому питоме гідравлічне навантаження складає для

радіальних відстійників $2 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \times \text{год}$, флокуляторів $8-9 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \times \text{год}$, а для відкритих гідроциклонів $10 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \times \text{год}$.

Газоочищення електросталеплавильних печей. В електросталеплавильному цеху сталь виплавляють в електричних печах, плавка металу відбувається під дією електричного току за рахунок електричної дуги, що утворюється між електродами. В процесі плавки сталі з електропечей також відходить велика кількість газів, які очищаються найчастіше за допомогою води. Стічні води, що утворюються від очищення газів, містять дрібнодисперсні завислі речовин у концентрації до 2-3 тис. мг/л, окисли заліза та інші хімічні забруднення (іони важких металів, сірчані сполуки), рН на 1,5–2,5 одиниці менше, ніж рН вихідної води. Стічні води газоочищення електропечей можуть бути як з кислою, так і з лужною реакцією в залежності від марки виплавленої сталі. В зв'язку з цим, для повторного використання цих стічних вод у системах зворотного водопостачання, потрібна певна хімічна обробка (нейтралізація, стабілізація тощо). Найбільш раціональним методом нейтралізації і знешкодження стічних вод при оборотному водопостачанні є застосування вапняного молока.

Склад і фізико-хімічні властивості стічних вод від електросталеплавильного виробництва залежать від марок сталі, що виплавляють, складу шихти, технології виробництва сталі тощо.

Прояснення стічних найбільш доцільно здійснювати у радіальних відстійниках або у відкритих гідроциклонах. Необхідний для повторного використання ступінь прояснення стічної води до залишкового вмісту завислих речовин у ній 150-200 мг/л досягається при гідравлічному навантаженні на відстійник $0,8-1 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \times \text{год})$, а на гідроциклон $4 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \times \text{год})$. В якості коагулянту застосовують поліакриламід з концентрацією 1 мг/л.

Стічні води установок безперервного розлиття сталі

Систему водопостачання вторинного охолодження застосовують зворотну, з трьохступеневою очисткою стічних вод і охолодженням води на градирнях.

В якості першого ступеня очищення застосовують ями для окалини, подібні тим, що влаштовують в цехах гарячої прокатки. Гідравлічне навантаження на них приймають в межах $50\text{--}65 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{год})$, що забезпечує зниження вмісту окалини до $200\text{--}250$ і масла до $20\text{--}30$ мг/л. В якості другого ступеня очищення застосовують прямокутні відстійники з механізованим видаленням осаду з навантаженням до $2 \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{год}$, радіальні відстійники з навантаженням до $4 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{год})$, а також флокулятори з навантаженням $8 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{год})$. У всіх випадках передбачається застосування поліакриламідів в якості коагулянту. На цьому етапі вміст окалини знижується до $75\text{--}100$ мг/л, а масла до 10 мг/л.

Остаточну доочистку стічних вод здійснюють на напірних одношарових піщаних або двошарових антрацито-кварцевих фільтрах, після яких досягається остаточний вміст завислих речовин в оборотній воді $10\text{--}15$ мг/л, а вміст масла до 5 мг/л. Навантаження на одношарові фільтри приймають до $20 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{год})$, а на двошарові – до $30 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{год})$.

Прокатні стани

Умовно чиста вода утворюється при охолодженні нагрівальних печей. На всіх інших операціях утворюється брудна вода. В процесі гарячої прокатки металу утворюються стічні води від охолодження металу, що прокочують, і устаткування. Ці стічні води забруднені завислими речовинами (окалиною) і оліями (нафтопродуктами). У міру прокатки (зліва направо) концентрація завислих речовин, що потрапляють у стічні води, зменшується; також зменшується їх гранулометричний склад. Найбільш крупні частки завислих речовин утворюються на чорнових операціях прокатки, більшість дрібнодисперсних часток – на чистових операціях. Концентрація завислих речовин досягає $500\text{--}1\,500$ мг/л, концентрація нафтопродуктів $50\text{--}200$ мг/л. Завислі речовини утворюються при деформації металу, а нафтопродукти потрапляють у стічні води від змащення різних механізмів, двигунів, підшипників (наприклад, роликів, прокатних валків тощо).

При повторному використанні проясненої води залишковий вміст завислих речовин не повинен перевищувати 10 мг/л, масел – 5 мг/л.

На ділянці охолодження смуги здійснюється охолодження смуги, яке регулюється за допомогою ЕОМ. При цьому кількість охолоджуючої води залежить від температури прокатаного листа, марки сталі, від вимог до закалювання листа, а також від температури охолоджуючої води.

Після кожної технологічної операції гарячої прокатки металу використану воду скидають у підстановий лоток, розташований під центральним рольгангом. Він має нахил у сторону первинних відстійників, це забезпечує необхідні транспортуючі швидкості для змиву окалини.

Очищення стічних вод здійснюють у три ступеня. Первинну очистку від крупних часток окалини здійснюють в ямах для окалини (первинні відстійники), час перебування 5–8 хв. Вторинне очищення від зважених речовин і масел здійснюється в горизонтальних і радіальних відстійниках або гідроциклонах. Залишкова концентрація завислих речовин – 30–90 мг/л, масел 12–20 мг/л. Доочищення – на фільтрах із зернистим завантаженням підвищеної брудоемкості (піщаних або гравійних фільтрах), фільтрах з плаваючим завантаженням, сітчастих фільтрах. Прояснена вода використовується повторно.

Стічні води станів холодної прокатки мають дуже складний хімічний склад, бо в них потрапляють стійкі емульсії нафтопродуктів, різні технологічні змащення або олії (соняшникова, олеїнова, пальмітинова), які використовують для зниження зусиль у зоні деформації. Наприклад, пальмітинова олія має температуру твердіння 25 °С, це викликає великі ускладнення при очищенні стічних вод, тому що при звичайній температурі вони знаходяться в стічних водах у нерозчиненому стані. А при хімічній обробці поверхні металу потрапляють іони важких металів (хром, цинк, нікель). Стійкість емульсії до розшарування є основним параметром, що диктує методи і затрати на очистку. Очищаються ці стічні води звичайно методом флотації, потім нейтралізуються

до рН = 7–7,5. Кількість стічних вод від станів холодної прокатки порівняно невелика і складає від 100-200 м³/год.

7.3 Досвід проєктування і практика експлуатації замкнених (безстічних) й маловідходних систем водного господарства. Значення хвостових установок

Впровадження замкнених (безстічних) систем водокористування в даний час вважається практично єдиним раціональним вирішенням ефективного використання води в металургії.

Створення замкнених систем зворотного водопостачання промислових підприємств базується на корінній зміні існуючих принципів організації водопостачання, водовідведення та очищення стічних вод.

Водне господарство підприємства необхідно розглядати як комплексну систему, що включає водопостачання і каналізацію, до того ж очищення стічних вод розглядається як підготовка їх для повторного використання. Основою замкнених систем водного господарства є локальні зворотні цикли водопостачання, в яких об'єднують споживачів з однаковими вимогами до якості води й аналогічними забрудненнями. При цьому якість повторно використовуваної води визначається на підставі науково обґрунтованих вимог. Локальні зворотні системи об'єднують в єдиний комплекс водного господарства з використанням *каскадного принципу* – первинна подача води споживачам із підвищеними вимогами до якості води, а продувка цих систем слугує для підживлення систем з водою нижчої якості.

Основним джерелом виробничого водопостачання мають бути очищені виробничі й міські стічні води, а також поверхневий стік із території підприємства. Свіжа вода з водних джерел повинна використовуватися лише для особливих цілей і заповнення втрат води в системах. При очищенні стічних вод і регенерації технологічних розчинів, вживані методи повинні забезпечувати одночасне вилучення цінних компонентів з отриманням товарного продукту або вторинної сировини для подальшого використання.

Створення замкненої системи водопостачання є комплексним завданням, що передбачає:

- впровадження ефективних фізико-хімічних методів очищення стічних вод;
- встановлення гранично допустимих концентрацій солей і інших компонентів у зворотній воді з огляду на її безпеку для кожного замкненого циклу;
- створення максимально можливої кількості локальних замкнених циклів з багатократним використанням води;
- вилучення зі стічних вод цінних компонентів;
- переробку в цілях утилізації виділених осадів і засолених вод.

Створення систем безстічного водопостачання потребує глибокої оцінки якості води, точного визначення джерел і величини безповоротних втрат, максимально можливого спрощення загальнозаводської схеми водопостачання. Головною вимогою до якості води, що визначає необхідність продувки систем зворотного водопостачання, є її стабільність: хімічний склад зворотної води повинен виключати утворення відкладень і корозію.

Створення замкнених безстічних і безвідходних систем водного господарства металургійних підприємств передбачає знесолювання продувочних вод на заводських демінералізаційних установках з поверненням отриманої чистої води у виробничий процес.

Практика експлуатації подібних систем показує, що визначальними чинниками під час їх створення є вибір і влаштування хвостових очисних установок. Адже саме вони дають змогу зробити систему замкненою. До хвостових установок належать установки переробки продувочних вод, утилізації концентрованих відпрацьованих технологічних розчинів, кристалізації, збезводнення і сушіння осадів, а також стабілізаційні установки, установки спалювання, доочищення тощо.

Організація замкнених систем водопостачання потребує також одночасного опрацювання всіх елементів водного господарства в їх

взаємозв'язку, а не тільки окремих частин (чистих і брудних зворотних циклів, локальних споруд з очищення стоків тощо). На практиці в таких системах очищаються і використовуються злизові води, на хвостових установках переробляються відходи від локальних циклів тощо.

Створення безпродувочного режиму роботи зворотних систем, а також використання для підживлення очищених стічних вод насамперед пов'язане з вирішенням проблеми боротьби з корозією трубопроводів і апаратури та відкладенням солей, з кондиціонуванням води. Існують багато методів, успішно вживаних на практиці й докладно розглянутих у літературі.

У практиці експлуатації водного господарства вітчизняних і закордонних промислових підприємств широкого застосування набули фосфорвміщувальні комплекси, які при додаванні у зворотну воду інгібують процеси відкладання солей, корозії та біообростання.

У системах водяного охолодження при обробці води комплексом ІОМС (інгібітор відкладень мінеральних солей) при карбонатній жорсткості води до 7,0 мг-екв/л досягається практично повне запобігання утворенню відкладень мінеральних солей, при цьому експлуатаційні витрати менші, ніж під час використання традиційних методів кондиціонування води. За умов великої жорсткості води доцільно поєднувати обробку підживлювальної води ІОМС із підкисленням, вапнуванням або іншими методами зниження карбонатної жорсткості. Унаслідок впровадження нових технологій обробки води забезпечується можливість переведення діючих систем зворотного водопостачання і створюваних на схеми безстічного водокористування без великих капітальних витрат.

Досвід будівництва й експлуатації замкнених систем водопостачання на виробничих підприємствах пострадянського простору умовно розділяють на три етапи. Перший етап, що доводиться на період з 1973 р. до 1990 р, характеризується інтенсивним підйомом будівництва і експлуатації багаточисельних великих систем замкненого водопостачання. Першу в світі систему замкненого водопостачання металургійного підприємства побудовано

в 1973 році на Ісетському металургійному заводі (м. Свердловськ). Усього за цей період у радянській металургійній галузі було побудовано близько 40 досить потужних комплексів замкненого водопостачання (24 – в чорній, 15 – в кольоровій металургії), що успішно працюють і сьогодні. За кордоном будівництво таких систем почалося тільки в кінці 1980-х років.

Під час другого етапу з 1990 р. до 2000 р. роботи зі створення замкнених систем практично припинилися, до того ж не тільки в металургії, але і в інших галузях виробництва.

Третій етап почався з 2000 року, коли почали з'являтися перші серйозні ознаки відновлення промисловості та вияву інтересу до створення замкнених систем водопостачання у нашій країні. Цей етап продовжується із змінним успіхом до наших днів.

Українські досягнення

Погіршення екологічної ситуації в країні й дефіцит води в регіонах з найвищим «металургійним» навантаженням примушують підприємства здійснювати реконструкцію у напрямі створення сучасних замкнених безстічних систем водного господарства. В Україні величезний досвід у розробленні безстічних замкнених систем водопостачання металургійних підприємств має український науково-технічний центр «Енергосталь». Останнім часом за проектами ДП УкрНТЦ «Енергосталь» на ВАТ «Алчевський металургійний комбінат» і «Єнакіївський металургійний завод» створені практично безстічні системи зворотного водопостачання.

Варто зазначити, що традиційно при організації системи водопостачання станів гарячого прокату в «брудний» зворотний цикл скидали води від деяких споживачів, що використовують свіжу або «умовно-чисту» воду. Створювався дебаланс, а частину води зі зворотного циклу скидали у водоймище.

Використання нових очисних споруд, розроблених ДП УкрНТЦ «Енергосталь», дало змогу скоротити займані виробничі площі, а дебалансні води після доочищення на антрацито-кварцових фільтрах, – повернути в «умовно-чистий» зворотний цикл. Отже створено замкнену систему

водопостачання, що виключає скидання води у водоймище і дозволяє значно скоротити споживання свіжої води.

Прикладом високоефективної замкненої системи, розробленої за технічними рішеннями ДП УкрНТЦ «Енергосталь», є система зворотного водопостачання стану «3000» ВАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча», що не має світових аналогів. Система складається з «умовно-чистого» і двох «брудних» зворотних циклів. Перший зворотний цикл обслуговує ділянку чорнових клітей і включає яму для окалини, радіальні відстійники з камерою флокуляції та два ступеня фільтрів. Воду після другого ступеня фільтрів подають на установки гідрозбивання, які раніше працювали на свіжій технічній воді. Це значно скоротило переповнювання цього зворотного циклу. Для запобігання накопиченню дрібної фракції зважених речовин передбачена коагуляційна обробка води сірчано-кислим алюмінієм. Другий зворотний цикл, що обслуговує чистові кліті й відвідний рольганг, включає відкриті гідроциклони діаметром 6 м і антрацито-кварцові фільтри. Частину проясненої води доочищують на вугільних фільтрах і повертають на поповнення «умовно-чистого» циклу. Робота системи водопостачання передбачена на безстічному режимі.

Значних успіхів у сфері очищення і скидання стічних вод вдалося досягти і на ВАТ «Запоріжсталь». На комбінаті розроблена і цілеспрямовано виконується програма технічного переозброєння основних потужностей із максимальним впровадженням ресурсозберігальних технологій, розрахована на період до 2015 року. У програмі значне місце займає впровадження заходів щодо охорони водного господарства. Серед найбільших об'єктів, введених в експлуатацію, – замкнені системи з очищення промислових вод аглофабрики, доменного, мартенівського виробництв, ливарного і прокатних цехів. Нині побудовані й ефективно використовуються 11 замкнених зворотних циклів, за допомогою яких вдалося зменшити скиди стічних вод на 30 % і підвищити повторне використання технічної води на 86 %. Крім того, через

встановлені системи, щорік уловлюється і повертається у виробництво більше 200 тис. т залізовмісних шламів.

Цей досвід доводить, що проблема впровадження замкнених систем очищення води досить актуальна для металургійної галузі нашої країни. Багато масштабних металургійних підприємств заявляють сьогодні про активну роботу з проектування, будівництва і налагодження таких систем.

Значення хвостових установок

Відмітною особливістю замкнених безстічних і безвідходних систем водного господарства є необхідність мати в їх складі так звані хвостові установки, наявність яких і дає змогу зробити систему замкненою. До них належать установки переробки і утилізації концентрованих відпрацьованих технологічних розчинів, збезводнення і сушки осадів, спалювання, стабілізації, демінералізації. Установки переробки концентрованих розчинів зазвичай входять до складу основного технологічного цеху, а стабілізаційні – до складу чистих і «брудних» зворотних циклів. Широко використовують установки обробки осадів, що утворюються під час очищення стічних вод. До їх складу входять вузли згущування, кондиціонування, механічного збезводнення і сушки осадів.

Під час створення замкнених систем водопостачання найбільші труднощі викликають процеси *демінералізації* стічних вод. Стічні води, що поступають в довкілля, умовно розділяють на «керовані» (пов'язані з окремими технологічними процесами) і «некеровані», такі, що є безповоротними втратами води зі зворотних систем (краплинне віднесення води вітром, інфільтрація тощо). У чорній металургії, наприклад, дві третини солей, що скидаються, доводиться на керовані скиди. Зазвичай вони складаються із продувочних вод різних зворотних циклів (зокрема травильних і гальванічних відділень), стічних вод енергетичних установок (стоки водопідготовчих установок, води від продувки котлів, пароперетворювачів та ін.), шахтних вод. Ці стоки є багатокомпонентною системою непостійного складу.

Відомо декілька методів демінералізації стічних вод: термічний, іонообмінний, зворотний осмос, електродіаліз. На сьогодні для вирішення цієї проблеми застосовують випаровування і термічне знесолення.

Термічний метод дає змогу отримати зі стоку повністю утилізовані продукти - конденсат і сухі солі. У процесі розроблення випарних установок доводиться вирішувати питання, пов'язані з утворенням відкладень на теплообмінних поверхнях, спінюванням випаровуваних стоків і підбором антикорозійних матеріалів. Донецькою філією УкрНТЦ «Енергосталь» із залученням інших організацій розроблені технологічні схеми перероблення розсолів із здобуттям товарних солей. Так, стічні води від натрій-катионітових хімводоочисток переробляють з одержанням хлористого натрію, який повторно використовують для регенерації фільтрів, і хлористого кальцію. Продувочні води котлів і випарників переробляють з одержанням сульфату і хлориду натрію. Стоки водопідготовки енергетичних установок намічено переробляти з розділенням на дистилят і солі, при повному використанні тепла вторинної пари.

Знесолення виробничих стоків може здійснюватися із застосуванням іонообмінних установок, які давно використовують у вітчизняній практиці. У технологічному й економічному плані іонообмінне знесолення – процес, що має найбільші переваги. Проте він має і принципові недоліки: наявність сильномінералізованих стоків, що утворюються при регенерації іонообмінних смол, і значна кількість слабкоконцентрованих промивних вод.

Проблемам очищення, кондиціонування і повторного використання стічних вод промислових підприємств завжди приділяли більшу увагу, ніж питанням переробки осадів з раціональним їх використанням. Зазвичай, здійснюють складування осадів у різних накопичувачах, відвалах і полігонах, де вони зрештою становляться щонайпотужнішими джерелами вторинного забруднення довкілля.

На сучасному етапі реалізують три стадії переробки осадів: 1) осади, виділені при відстоюванні стічних вод піддають кондиціонуванню різними

методами (найпоширенішим є спосіб із застосуванням флокулянтів); 2) здійснюють збезводнення на спеціалізованих апаратах (вакуум-фільтрах, фільтр-пресах, центрифугах); 3) збезводнений осад перед утилізацією проходить додаткову обробку (сушку, грудкування тощо).

Контрольні запитання

1. На яких основних принципах базується створення замкнених систем?
2. Каскадний принцип подачі води споживачам в єдиному комплексі водного господарства.
3. Головні джерела утворення мінералізованих стічних вод.
4. Значення установок демінералізації стічних вод і хвостових установок при створенні замкнених зворотних систем.
5. Методи обробки осадів, що утворюються у разі очищення й повторного використання стічних вод.
6. Методи знесолення продувочних стічних вод.

ТЕМА 8 МЕТОДИ ОЧИСТКИ ВОДИ Й СТІЧНИХ ВОД, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ ДЛЯ ПІДЖИВЛЕННЯ ЗАМКНЕНИХ ЗВОРОТНИХ СИСТЕМ

- 8.1 Формування сольового складу і стабілізація іонного складу води в безпродувочних системах зворотного водопостачання.
- 8.2 Прояснення підживлювальної води і стабілізувальної витрати зворотної води.
- 8.3 Іонообмінне коректування мінерального складу очищених стічних вод й стабілізувальної витрати перед підживленням замкнених зворотних систем.

8.1 Формування сольового складу й стабілізація іонного складу води в безпродувочних системах зворотного водопостачання

При експлуатації зворотних систем водопостачання промислових підприємств дуже важливо знати динаміку зміни у воді концентрації окремих іонів і загального солевмісту. Підвищення концентрації солей може викликати процеси корозії теплообмінних систем і комунікацій. Зміна концентрацій іонів у циркуляційній воді залежить від умов експлуатації системи (величини продувки, і методу обробки підживлювальної води), а також від якості води у водоймищі-охолоджувачі.

У ряді випадків у результаті попадання у зворотну систему продуктів вироблення хімічних виробництв з'являється необхідність у коректуванні рН циркуляційної води. Найбільш простим способом регулювання рН є підкислення води або підлугування. Іншим способом зміни рН циркуляційної води є часткове Н-катіонування або ОН-аніонування з подальшим зміщенням фільтрату з основною витратою води.

Вибір способу зниження рН циркуляційної води залежить від допустимого вмісту в ній сульфат-іонів. При можливості продувки системи застосовують порівняно дешевий метод – підкислення води сірчаною кислотою, при обмеженні продувки – часткове Н-катіонування або комбінацію його з підкисленням, при повній відсутності продувки – лише часткове Н-катіонування.

Залежно від якості вихідної води й вимог, що висувають до якості споживаної води, частина загальної витрати зворотної води може піддаватися обробці (зм'якшенню, знесоленню та ін.) з подальшим поверненням її в систему.

При стабільності зворотної води (за відсутністю інкрустації поверхонь відкладаннями CaCO_3 , Mg(OH)_2 або зміні складу води за рахунок продуктів корозії труб і теплообмінної апаратури) зберігається рівність коефіцієнтів упарювання, визначених за поступовим збільшенням у зворотній воді

концентрацій різних іонів $k_x = k_{жс} = k_y$ (k_x , $k_{жс}$ – коефіцієнти упарювання за хлоридами, жорсткістю). Вказаний випадок можливий при декарбонізації підживлювальної води, тобто при повному або частковому її зм'якшенні.

За відсутності випадіння солей жорсткості у зворотній системі водопостачання загальний солевміст визначають за коефіцієнтом упарювання:

$$C_{зв} = K_y C_n, \quad (8.1)$$

де C_n – загальний солевміст підживлюючої води, мг/л.

Збільшення концентрації хлоридів у зворотній системі

$$X = X_{зв} - X_{П}, \quad (8.2)$$

де $X_{зв}$ і $X_{П}$ – вміст хлоридів у зворотній і підживлювальній воді, мг/л.

Стабілізація зворотної води, що в звичайних зворотних системах водопостачання досягається продувкою, в *замкнених системах* (системах без продувки) здійснюється шляхом виведення частини зворотної води для коректування її мінерального складу й подальшого повернення в цикл окремо або спільно зі свіжою підживлюючою водою. Необхідний ступінь знесолення цієї частини води залежить від коефіцієнта упарювання зворотної води в системі й відносної кількості води, що виводиться з системи для обробки замість продувки.

Ця кількість води, що називається *стабілізаційною витратою*, в замкнених системах зворотного водопостачання, обчислюється з урахуванням того, що об'єм підживлювальної свіжої води в замкнених системах водопостачання повинен компенсувати лише втрати від винесення води при її розбризкуванні й випаровуванні в охолоджувальних пристроях, а також втрати, обумовлені витратами води на власні потреби (тобто на експлуатацію споруд для коректування сольового складу й прояснення стабілізаційної витрати зворотної води).

Підживлювальна вода при замкнутому зворотному водопостачанні являє собою суміш свіжої (зазвичай проясненої і зм'якшеної) води і стабілізаційної витрати. Іонний склад її визначається складом і об'ємним співвідношенням обох компонентів суміші:

$$C_{д.} = \frac{C_{зм}(P_1 + P_2) + C_{стаб.в.}P_1}{P_1 + P_2 + P_3}, \quad (8.3)$$

де $C_{стаб.в.}$ – іонний склад води *стабілізаційної витрати* (після іонообмінного коректування мінерального складу й прояснення);

$C_{зм}$ – те ж саме, для зм'якшеної свіжої підживлюючої води.

Для попередніх розрахунків величину P_3 приймають такою, що дорівнює 0,2–0,5% від витрати циркулюючої в системі води і потім уточнюють за формулою:

$$P_3 = \frac{C_{д.}K \cdot \Delta t - \Delta C \cdot P_2}{\Delta C}. \quad (8.4)$$

де $C_{д.}$ – солевміст у підживлюючій воді, мг/л;

$\Delta C = C_{зв} - C_{д.}$ – збільшення солевмісту у зворотній воді внаслідок випаровування;

Якщо зворотна вода стабільна, то загальний солевміст у ній знаходять, враховуючи коефіцієнт упарювання або концентрування за рівнянням сольового балансу системи.

Критерієм задовільної якості зворотної води є відповідність загального солевмісту й окремих іонів гранично допустимим концентраціям, перевищення яких призводить до інтенсивної корозії або до інкрустації теплообмінних поверхонь трубопроводів і арматури. Гранично допустима концентрація CaCO_3 визначається його розчинністю при температурі зворотної води. Вміст іонів Ca^{2+} , компенсованих іонами HCO_3^- , а також вміст цих іонів безпосередньо не нормується. Гранично допустимі концентрації їх у зворотній воді залежать від теплового режиму системи і вживаних матеріалів. Тому визначають їх у кожному конкретному випадку за попередніми корозійними випробуваннями в розчинах, що моделюють зворотну воду; або на підставі експлуатаційних даних аналогічних діючих промислових систем зворотного водопостачання.

Прогнозування сольового складу й концентрації солей зворотної води має важливе значення при оцінюванні корозійного впливу дії на метал теплообмінної апаратури й комунікацій, а також при оцінюванні можливості

відкладення солей жорсткості на теплообмінних поверхнях. Методи оцінки і нормування якості охолоджуючої води, визначають максимально допустимий вміст солей не більше ніж 300 мг/л, хлор-іонів – не більше 400 мг/л. Дослідження показують, що при підвищенні вмісту хлоридів і сульфатів зворотну воду необхідно обробляти інгібіторами.

8.2 Прояснення підживлювальної води й стабілізуючої витрати зворотної води

Основним джерелом накопичення завислих речовин у зворотній воді є суспензії природних вод, що використовують для підживлення систем водопостачання. Суспензії накопичуються також унаслідок біологічних обростань теплообмінних і особливо охолоджуючих поверхонь, що контактують зі зворотною водою.

Одним з основних заходів, що забезпечують стабільність вмісту завислих речовин у зворотній воді, є фільтрування частини зворотної води в кожному циклі. Найдоцільніше в замкнених системах зворотного водопостачання цей процес поєднувати з коректуванням мінерального складу стабілізаційної витрати. В замкнених системах, що працюють, як правило, з високим коефіцієнтом упарювання, необхідно здійснювати ретельне освітлення свіжої підживлювальної води на сумісних станціях прояснення-зм'якшення.

Підживлювальна вода одночасно є джерелом накопичення у зворотній воді іонів кальцію і бікарбонатів, що обумовлюють жорсткість води й можливість порушення стабільності зворотної води при високих коефіцієнтах упарювання. Тому для підживлення замкнених (безпродувочних) систем водопостачання слід здійснювати порівняно глибоке зм'якшення підживлювальної води та усунення тимчасової жорсткості.

Застосування фільтрування після реагентного зм'якшення істотно збільшує капіталовкладення на водопідготовку, але дозволяє знизити залишкову тимчасову жорсткість до 0,7–0,9 мг-екв/л.

Для прояснення підживлюючої, а в ряді випадків і зворотної води передбачають одно- або двоступінчасту обробку її з коагуляцією. У таких випадках процес виділення карбонату кальцію і магнію після обробки води реагентами (вапно, аміак) переноситься на споруди прояснення. Найбільш характерними спорудами для прояснення і хімічної обробки річкової води є вихрові реактори, заповнені контактною масою, коридорні освітлювачі зі зваженим шаром осаду, грубозернисті кварцові фільтри або фільтри КФ-5.

Основним відмінним елементом конструкції фільтрів КФ-5 є система дірчастих труб, розташованих над поверхнею завантаження. В період промивання фільтру розподільна система опиняється в товщі зваженого шару завантаження. Щоб уникнути закупорювання її зернами матеріалу частину промивної води (5-10 %) подають у розподільну систему. Цим забезпечується також хороше відмивання верхніх найбільш забруднених зерен фільтруючого матеріалу. Швидкість фільтрування на фільтрах КФ-5 становить 12–20 м/год, інтенсивність промивки – $15 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$, тривалість – 6–8 хвил., граничні втрати напору – 2,5–3 м.

Фільтри КФ-5 дозволяють зекономити 30-60% коагулянту і добитися високого технологічного ефекту в ті періоди, коли звичайна двоступенева схема водо підготовки (відстійники – фільтри) через низьку температуру і низький лужний резерв працює погано.

Одночасно з проясненням відбувається хімічне зм'якшення води за рахунок обробки аміаком або вапном. Ці реагенти вводять на початку процесу у вихрові реактори. Для укрупнення завислих речовин і кристалізації карбонату кальцію і магнію після вихрових реакторів воду коагулюють хлорним або сірчаноокислим залізом. Величина продувки для зм'якшеної води коливається в межах 0,5-1% від кількості води, циркулюючої в системі.

Процеси зм'якшення і прояснення води при реагентних методах обробки, а також при використанні осаду як контактної середовища в значній мірі залежать від температури води. Якщо при температурі 25–35 °С залишкова лужність води складає 0,5–0,75 мг-екв/л, а висхідна швидкість води в

прояснювачі має бути не більше 1,6 мм/с, то при температурі 20 °С ці величини відповідно складатимуть 0,3–0,5 мг-екв/л і 2 мм/с. При зниженні температури до 5° С залишкова лужність води підвищується до 1,5 мг-екв/л, а швидкість знижується до 0,9 мм/с. Унаслідок цього час на обробку води зростає в 1,5 рази.

Оскільки швидкість і глибина зм'якшення залежать від температури, аби не знижувати глибину зм'якшення, не ускладнювати технологічний процес і не збільшувати розміри споруд зі зм'якшення води, при можливих сезонних коливаннях температури в джерелах водопостачання від 25 °С до 5 °С воду доцільно підігрівати до 20–25 °С. Тому в холодну пору року передбачають підігрів і підтримку постійної температури зм'якшуваної води за рахунок скидного тепла, придбаного водою в теплообмінній апаратурі.

8.3 Іонообмінне коректування мінерального складу очищених стічних вод і стабілізувальної витрати перед підживленням замкнених зворотних систем

Для підживлення зворотних систем теплообмінного водопостачання іноді достатньо усунути карбонатну жорсткість води. Використання реагентних методів для коректування мінерального складу води, призначеної для підживлення зворотних систем, дозволяє тільки зм'якшити воду або перевести тимчасову жорсткість у постійну та підвищити за рахунок цього стабільність води в теплообмінних системах. Однак у замкнених системах водопостачання необхідне не тільки зм'якшення зворотної води, але і зменшення її загального солевмісту й послаблення корозійної активності за рахунок коректування концентрації сульфатів, хлоридів і регулювання рН.

Загалом же слід скоректувати їх іонний склад так, щоб не лише запобігти утворенню карбонатних відкладень, але також виключити відкладення гіпсу й накопичення розчинних солей у зворотній воді, не вдаючись до так званого стабілізаційного скиду частини зворотної води з системи для заміни її менш мінералізованою.

Використання очищених стічних вод для промислового водопостачання підприємств, залежно від призначення технічної води, пов'язане з більш менш

глибоким зм'якшенням води, зниженням її мінералізації до певного рівня або практично з повним знесоленням.

Такі системи, в яких підтримується тривалий час постійний склад циркулюючої води, отримали назву замкнених зворотних циклів. Підживлення їх свіжою водою здійснюють лише в кількостях, необхідних для компенсації втрат унаслідок випаровування, віднесення дрібних крапель води з вітром при її охолодженні в градирнях і інших неминучих виробничих втрат. Сума всіх цих втрат зазвичай не перевищує 1–2 %, тоді як у вигляді стабілізаційного скиду з продувкою зі звичайних зворотних систем виводиться від 6 % до 10 % зворотної води, і отже, для компенсації втрат води необхідно додавати в систему щодоби від 8 % до 12 % води, циркулюючої в системі.

Визначення необхідного рівня знесолення води здійснюють на підставі матеріального балансу втрат солей унаслідок випаровування і краплинного віднесення, втрат зворотної води при цих процесах і надходження солей з водою, що додають в систему для компенсації втрат зворотної води.

Для вирішення завдання зм'якшення очищених стічних вод застосовують Na-катіонування. Якщо разом зі зм'якшенням необхідне і зменшення загального солевмісту води, то замість Na-катіонування або спільно з ним застосовують H-катіонування води.

Часткова або глибока демінералізація води досягається послідовним іонним обміном на катіоніті в H^+ -формі й аніоніті в OH^- -формі.

Знесолення і зм'якшення очищених стічних вод дозволяє багато разів використовувати їх як технічну воду в більшості технологічних і теплообмінних процесів. Разом зі скороченням споживання свіжої прісної води підприємством при цьому створюється реальна можливість організації замкненого циклу промислового водопостачання, що виключає скид стічних вод у водоймища. Застосування іонного обміну для зм'якшення та знесолення води вимагає, проте зміни технології регенерації іонообмінних смол, оскільки на звичайних іонообмінних установках кількість солей, а також кислот і лугів, що скидаються з промивними водами в декілька разів перевищує кількість

солей, що вилучають при її знесоленні. Таким чином, іонообмінна технологія демінералізації води може стати безвідходною тільки за умови економічно доцільної утилізації всіх відпрацьованих розчинів і забруднених промивних вод.

Зазвичай регенерацію здійснюють 5 %-ми розчинами кислот і лугів. Проте необхідність повної утилізації відпрацьованих розчинів при коректуванні сольового складу води зворотних замкнених (безстічних) систем водопостачання примушує переходити до використання малих об'ємів концентрованих розчинів, застосовуючи для регенерації катіонітів азотну кислоту, а для регенерації аніонітів – аміак.

Отже, безвідходність процесу підготовки води для підживлення замкнених систем з біологічно очищених стічних вод забезпечується багаторазовою регенерат-цією активованого вугілля та використанням для регенерування іонообмінних смол концентрованих розчинів азотної кислоти та аміаку замість звичайних розбавлених розчинів сульфатної (сірчаної) кислоти та гідроксиду натрію. Така заміна реагентів разом з порційною технологією регенерування іонообмінних фільтрів дає змогу утилізувати відпрацьовані регенераційні розчини у вигляді добрив.

Контрольні питання

1. Стабілізація зворотної води за допомогою продувки.
2. Як здійснюють стабілізацію зворотної води в замкнених (безпродувочних) системах?
3. Як визначають іонний склад підживлювальної води при замкненому зворотному водопостачанні?
4. Які методи застосовують для коректування мінерального складу води, призначеної для підживлення замкнених зворотних систем? Чи достатньо тільки реагентного зм'якшення води?
5. Які апарати застосовують для іонообмінного коректування мінерального складу підживлювальної води?

ТЕМА 9 ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ГАЛЬВАНІЧНИХ ЦЕХІВ МАШИНОБУДІВНИХ ЗАВОДІВ ТА ПІДПРИЄМСТВ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ ВІД ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

9.1 Гальванічне виробництво машинобудівних підприємств і металургійних заводів. Особливості стічних вод.

9.2 Огляд основних методів очищення СВ гальванічних виробництв.

9.3 Метод іонної флотації з використанням іоноактивних ПАР для очищення промислових стічних вод.

9.4 Доочищення виробничих стічних вод від іоноактивних ПАР.

9.5 Відстійники, шламонакопичувачі та хвостосховища стічних вод і шламів гірничометалургійних підприємств і їхній вплив на водний басейн р. Дніпро

9.1 Гальванічне виробництво машинобудівних підприємств і металургійних заводів. Особливості стічних вод

Гальваніка – електролітичне осадження тонкого шару металу на поверхні металевого предмета для захисту його від корозії, підвищення зносостійкості, запобігання від цементації, у декоративних цілях тощо. Одержувані гальванічні покриття повинні бути щільними, а за структурою – дрібнозернистими. Щоб досягти дрібнозернистої будови покриттів, необхідно вибрати відповідний склад електроліту, температурний режим і щільність електричного струму.

Гальванічне покриття металу – це ефективний спосіб вирішення багатьох технічних проблем і збільшення терміну служби обладнання, агрегатів й інших пристроїв. Нанесення гальванічних покриттів методом хромування або нікелювання вимагає спеціального виробничого процесу й кваліфікованого персоналу.

У процесі нанесення гальванічних покриттів застосовуються добре розчинні у воді солі важких металів: міді, нікелю, цинку, кадмію, хрому й інших металів. У процесі промивання готових виробів солі попадають у воду, а потім можуть потрапити й у каналізацію. При цьому більшу частину домішок

вдається очистити методами реагентного очищення відновниками й вапном або електрокоагуляцією.

Нанесення гальванічних покриттів – це електрохімічний процес, при якому відбувається осадження шару металу на поверхні виробу. Як електроліт використовується розчин солей металу, що наноситься. Виріб є катодом, анод – металева пластина. Позитивно заряджені іони Me подаються до катода, унаслідок чого відбувається електроосадження металу.

Товщина, щільність, структура гальванічних покриттів можуть бути різними залежно від складу електроліту й умов протікання процесу – температура, щільність струму. Наприклад, варіюючи співвідношенням цих двох параметрів можна одержати блискуче або матове хромове покриття.

Декоративні покриття мають невелику товщину, дрібнозернисту структуру й високу щільність. Для забезпечення міцності зчеплення покриття з виробом проводять підготовку поверхні, що включає механічну обробку (шліфування, полірування), видалення оксидів і знежирення. Після нанесення покриття виріб промивають і нейтралізують у лужному розчині.

Для багатьох міст України, характерним є розвинена металургійна й машинобудівна промисловість, що включає безліч гальванічних і травильних цехів і ділянок.

У процесі виробництва утвориться значний обсяг токсичних стічних вод і шламів, що забруднюють навколишнє природне середовище і негативно впливають на здоров'я людини. Але при цьому містять безліч коштовних важких і рідкісних металів (далі – ВРМ).

Сполуки металів, що виносяться стічними водами гальванічного виробництва, досить шкідливо впливають на екосистему водойма – ґрунт – рослина – тваринний світ – людина. Вони володіють токсичною, канцерогенною, мутагенною, тератогенною й алергенною дією. Крім того, деякі неорганічні сполуки спричиняють згубну дію на мікроорганізми очисних споруд, припиняють або сповільнюють процеси біологічного очищення стічних вод і зброджування осадів у метантенках.

При одночасній присутності в стічних водах гальванічного виробництва декількох шкідливих компонентів проявляється їх спільна, комбінована дія на організм людини, флору й фауну водойм, на мікрофлору очисних споруд каналізації.

Під час використання води забруднених водойм для зрошення важкі метали виносяться на поля й концентруються у верхньому найбільш родючому гумусоутримувальному шарі ґрунту, знижуючи азотфіксувальну здатність ґрунту й урожайність сільськогосподарських культур, і спричиняють нагромадження сполук ВРМ вище припустимих концентрацій у кормах й інших продуктах. З метою утилізації цінних компонентів із гальванічних СВ і шламів дослідниками ДП УкрНТЦ «Енергосталь» й інженерами промислових підприємств розробляються методи очищення СВ та установки для їхньої реалізації у виробничих умовах.

На вітчизняних машинобудівних підприємствах застосовують здебільшого кислі, ціаністі, лужні й цинкатні електроліти, часто з додаванням різних ПАВ.

Практика експлуатації станцій нейтралізації переконливо довела, що самі собою очисні споруди не вирішують повною мірою проблем знешкодження. Збільшення терміну служби гальванічних ванн, насамперед, досягається за допомогою регулярного коректування складу робочих розчинів по основних і додаткових компонентах.

9.2 Огляд основних методів очищення стічних вод гальванічних виробництв

Гальванічні стоки зазвичай містять не тільки механічні, але й хімічні забруднення. Отже механічне очищення гальванічних стоків без якого-небудь хімічного (або іншого методу) очищення практично не використовується. Кожний з відомих способів очищення гальванічних стоків має свої переваги й свої недоліки.

Очищення гальванічних стоків від іонів шестивалентного хрому й важких металів здійснюється зазвичай реагентним або електрохімічним методами. Ці

методи не дають змогу очищати воду до необхідних вимог по вмісту шкідливих компонентів, через що в поєднанні з ними застосовуються інші методи.

Відмова від нейтралізації об'єднаних промислових стоків й індивідуальна обробка відпрацьованих електролітів дають змогу одержувати опади з високим вмістом рідких і кольорових металів.

Гальванічне виробництво є одним із найнебезпечніших джерел забруднення навколишнього природного середовища, поверхневих і підземних водойм. Стічні води травильних і гальванічних відділень характеризуються тим, що забруднення, що втримуються в них, неможливо видалити за допомогою фільтрування й інших методів, що зазвичай застосовують для очищення комунальних стічних вод.

Найчастіше зустрічаються такі забруднювачі: неорганічні кислоти, луги, поверхово активні речовини й неорганічні солі ВРМ. Для очищення стічних вод гальванічних виробництв застосовують реагентні, електрохімічні, іонообмінні й деякі інші фізико-хімічні способи, здійснювані на установках безперервної та періодичної дії й засновані на хімічному окислюванні, відновленні й осадженні розчинених речовин, а також на нейтралізації вільних кислот і лугів.

Для знешкодження ціановміщувальних стічних вод застосовують переважно реагенти-окислювачі, що містять активний хлор (хлорне вапно, хлорне вода тощо). Необхідний час контакту стічних вод із реагентами за умов інтенсивного перемішування реакційної суміші становить 3–5 хв.

Гальванічні стоки можуть бути очищені різними способами. Класифікація способів очищення гальванічних стоків залежить від обраного критерію.

Загально прийнятою вважається класифікація за способом очищення гальванічних стоків:

1. Механічний спосіб. Сутність механічного способу полягає в тому, що зі стічних вод шляхом відстоювання й фільтрації видаляються механічні домішки. Грубодисперсні частинки, залежно від розмірів, уловлюються решітками, ситами, піскоуловлювачами, септиками тощо.

Механічне очищення дають змогу виділяти з побутових стічних вод до

60–75 % нерозчинних домішок, а із промислових до 95 %, багато з яких використовуються у виробництві як коштовні домішки.

2. *Реагентний спосіб*. Цей спосіб є одним із основних методів очищення стічних вод. У його основі лежать хімічні реакції, які переводять шкідливі забруднювачі у воді з розчину в нерозчинний осад із подальшим витягом осаду зі стоку.

Для проведення хімічних реакцій необхідні відповідні умови. Наприклад, у гальванотехніці виділяється декілька типів стоків: ціановміщувальні; хромовміщувальні; що утримують солі важких металів; кислотно-лужні.

Для застосування реагентного методу очищення цих стоків на попередній стадії необхідно провести корекцію рН середовища. Потім проводяться хімічні реакції, які переводять метали в нерозчинну форму.

3. *Електрохімічний спосіб*. Цей спосіб очищення стічних вод гальванічного виробництва володіє низкою переваг: проста технологічна схема у процесі експлуатації обладнання, зручність автоматизації його роботи, скорочення виробничих площ під розміщення очисних споруджень, можливість очищення стічних вод без попереднього розведення, зниження солевмісту й зменшення обсягу осаду, що утвориться в процесі очищення.

4. *Електрофлотація* – процес очищення стічних вод, при якому електролітично отримані газові пухирці, спливаючи в обсязі рідини, взаємодіють із частинками забруднень, унаслідок чого відбувається їхнє взаємне злипання, обумовлене зменшенням поверхневої енергії частинки й пухирця газу на границі поділу фаз «рідина-газ».

Щільність пінного продукту, що утворюється в електрофлотаторі нижче щільності води, що забезпечує його спливання й нагромадження на поверхні очищуваної води. Флотошлам періодично видаляється з електрофлотатора автоматичним пристроєм збору шламу.

5. *Іонообмінний спосіб*. Досить ефективним методом очищення промивних СВ є іонний обмін, за допомогою якого повертається знесолена вода, а сорбовані забруднення витягаються з іонообмінних смол при

регенерації. Доцільність використання іонного обміну як технології очищення й повернення 85–95 % води обмежується приростом вмісту солей від 50 мг/л до 250 мг/л.

При багатоступінчастому каскадному промиванні в декількох ваннах, у зв'язку з високою концентрованою промивних вод, застосування технології іонного обміну є недоцільним, а кращим є метод зворотного осмосу.

6. *Мембранний спосіб (зворотний осмос).* Установки зворотного осмосу забезпечують можливість очищення води одночасно від розчинних неорганічних (іонних) і органічних забруднювальних домішок, високомолекулярних сполук, завислих речовин, вірусів, бактерій та інших шкідливих домішок.

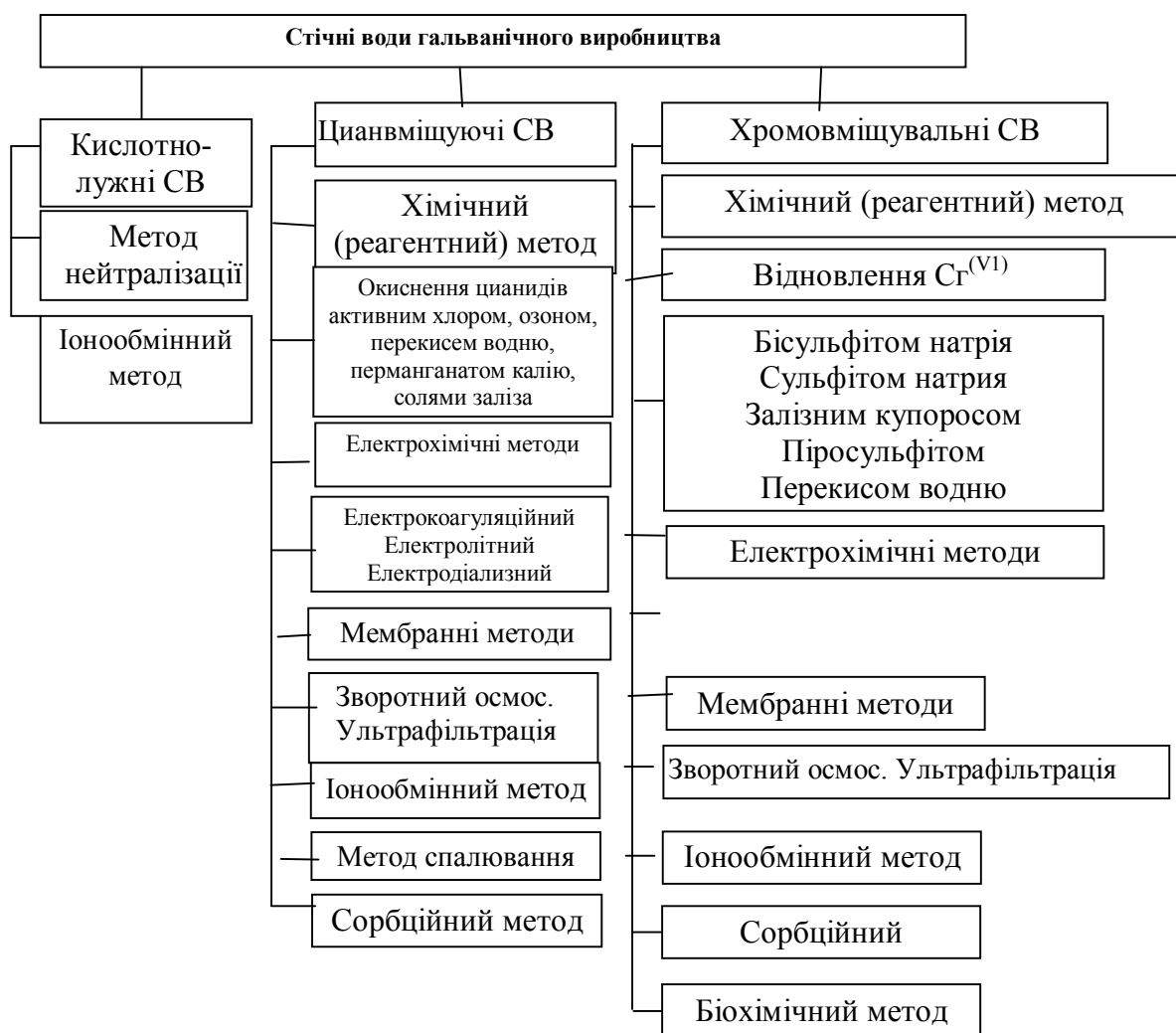


Рисунок 9.1 – Методи очищення СВ гальванічних виробництв

Оскільки потік фільтрату прямо пропорційний площі поверхні мембрани й обернено пропорційний її товщині, у процесі проектування установок зворотного осмосу необхідно підбирати мембрани з максимально можливою площею й мінімально можливою товщиною на одиниці об'єму апарата.

Надійність установок зворотного осмосу підвищують через установалення резервного обладнання, з можливістю його багатофункціонального застосування, оптимізації кількості мембранних елементів у кожній секції апарата, а також підвищуючи надійність фільтрувальних елементів.

За концентрацією розчинених речовин, що втримуються в них, стічні води гальванічних виробництв поділяють на дві основні групи:

- малоконцентровані, що утворюються в різних промивних операціях;
- висококонцентровані, що становлять відпрацьовані розчини й електроліти.

За хімічним складом їх поділяють на три основні групи:

- утримуючі ціаністі сполуки (ціаніди);
- утримуючі сполуки шестивалентного хрому (хромати);
- утримуючі вільні мінеральні кислоти або луги.

Для скорочення кількості гальванічних стоків, що підлягають очищенню на очисних спорудах, використовуються системи локального очищення гальванічних стоків. Для локального очищення використовуються іонообмінні й мембранні методи.

Гальванічні стоки, що пройшли локальне очищення, використовуються повторно для промивання деталей. Для локального очищення гальванічних стоків безпосередньо біля гальванічних ванн і ліній випускаються установки ОВ-100 й ОВ-300.

9.3 Метод іонної флотації з використанням іоноактивних ПАР для очищення промислових стічних вод

Очищення промислових скидів із використанням хімічно активних реагентів

Одним з ефективних способів витягу й поділу сполук рідких і важких кольорових металів зі стічних вод є *іонна флотація*. Її характеризують висока продуктивність, універсальність й економічність. Унаслідок взаємодії полііонів металу (Me) зі збирачами – поверхнево-активними речовинами (далі – ПАР) утворюються осади, які відокремлюють від розчину флотацією або фільтруванням для подальшої утилізації.

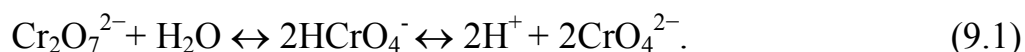
Склад стічних вод, що утворюються після технологічних процесів у кольоровій металургії, у цехах гальванічного виробництва машинобудівних заводів, визначається, хімічним складом сировини, технологічними режимами й ін.

Для розроблення ефективної схеми очищення стічних вод від іонів Me необхідно мати уяву про сполуки, у яких вони перебувають у водяних розчинах. Оскільки хімічне поведження кожного Me має свої особливості, необхідно їх урахувати в кожному конкретному випадку.

Хімічне поведження металів у водяному розчині

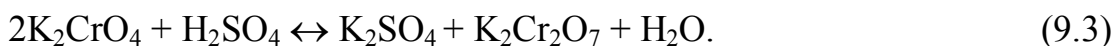
Катіони Me у водяному розчині перетерплюють перетворення внаслідок гідратації й комплексоутворення й утворюють асоціати різного складу та знаку. Комплексоутворення призводить також до того, що в розчинах Me одночасно може бути присутнім як у катіонній, так і в аніонній формі. Із видаленням однієї форми рівновага зрушується убік її утворення.

Поведження Cr у розчині досить складно. Вихідні розчини біхроматів мають кислу реакцію, обумовлену тим, що іон $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ реагує з водою:



Додавання до розчину кислот зміщує рівновагу вліво, а підлугування розчину – вправо. Відповідно до цього з біхроматів легко виходять хромати і навпаки:



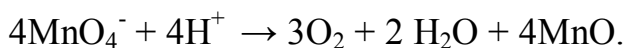


Ніобій у водяному розчині утворить поліядерні аніони різного складу, серед яких найбільш вивчені $\text{HNb}_6\text{O}_{19}^{7-}$ та $\text{Nb}_6\text{O}_{19}^{8-}$. У слабкокислих розчинах, що містить фторид-іони, утвориться сіль із аніоном $(\text{NbOF}_6)^{3-}$. При його гідролізі утворюються складні сполуки типу $[\text{NbO}_x\text{F}_y \cdot 3\text{H}_2\text{O}]^{5-2x-y}$, де крайніми формами орієнтовно є HNbF_6 та $\text{Nb}_2\text{O}_5 \cdot 4,5\text{H}_2\text{O}$.

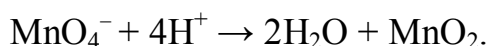
Подібне поведіння властивим для перехідним елементам (Ti, V, Nb, Mo, W тощо), які знаходяться у вищому окисленому стані, що обумовлено утворенням коротких хімічних зв'язків «катион-аніон» або прагненням знизити великий позитивний заряд катіона шляхом реалізації більш координаційних чисел.

Форма знаходження Nb у розчині здебільшого залежить від константи рівноваги.

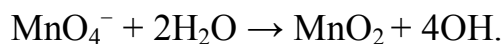
Особливості переходу різних форм Mn у MnO_2 мають певне значення під час очищення стічних вод. Розчини, що містять KMnO_4 , повільно розкладаються. У кислому середовищі протікає такий процес:



У нейтральному і слабкокислому середовищу перманганат відновлюється до диоксиду Mn:



У лужному розчині:



При подальшому підлугуванні ($\text{pH} > 10,0$) утвориться манганат:



Виділення іонів металів із розчинів

Серед катіонних збирачів широкого практичного використання набули аліфатичні аміни та їхні солі, наприклад, АНП – амін на основі фракцій жирних кислот C_{17} – C_{20} . тощо. Значно збільшився останнім часом інтерес до класу катіонних ПАР – четвертинних амонієвих основ (далі – ЧАО), що володіють

низкою переваг перед амінами: більш високою розчинністю, стійкістю до лужності середовища, антикорозійністю й нетоксичністю.

Для виділення металів з розчинів, що містять аніони металів, застосовуються такі ЧАО й аміни:

1) алкілтриметиламоній хлорид (далі – АТМ) – $[C_nH_{2n+1} (CH_3)_3 N]Cl$, де $n = 18-20$, середня молекулярна маса (с. м.м.) – 278 г;

2) алкілбензилдиметиламоній хлорид (АБДМ), – $[C_nH_{2n+1} (C_6H_5CH_2) (CH_2)_2 N]Cl$, де $n = 18-0$, с. м. м. – 355 г.

Усі технічні суміші ЧАО становлять 50–75 % розчини активної речовини в ізопропіловому спирті. З амінів застосовуються препарати АНП-2 ($C_{14}H_{29}NH_2HCl$ та $C_{15}H_{31}NH_2HCl$), що мають с.м.м. 247 та 264 г відповідно.

Аліфатичні аміни й ЧАО в кислому середовищі перебувають переважно в іонній формі, а в лужному середовищі – у молекулярній. Осади, що утворюються внаслідок взаємодії поліаніонів Nb, Cr, Mn й інших Me з катіонними ПАР містять селективно вилучуваний Me й можуть бути використані, наприклад, у феросплавному виробництві тощо практично без додаткової переробки.

Ефективність процесу здебільшого залежить від рН оброблюваного розчину.

Падіння ступеня витягу Me поза оптимальним інтервалом рН пов'язане зі зменшенням ступеня дисоціації збирача, протіканням процесів гідролізу; переходом Me в іншу форму; конкурентною взаємодією ПАР, наприклад, з кислотою, що послабляє його зв'язок із Me тощо.

Особливістю витягу аніонів Cr є те, що їхня взаємодія з ПАР можлива в кислому середовищі ($pH = 0,0-0,5$). При цьому ефективність процесу залежить від різновиду кислоти (HCl , HNO_3 , H_2SO_4), що є присутніми у розчині.

Найменш негативно позначається на витягу Cr соляна кислота. Процес максимально ефективний навіть при її концентрації 10 моль/дм³. При підлогуванні розчину утворюється усе більше хроматів і ступінь витягу падає, оскільки для їхнього повного витягу потрібно по стехіометрії ПАР удвічі

більше, ніж при виділенні біхроматів. При $\text{pH} > 12,0$ взаємодія хроматів й ПАР остаточно пригнічується. Оптимальні значення досягали для Cr при $\text{pH} = 0,5\text{--}4,5$. Витрата ПАР залежить від хімічної форми знаходження Me в розчині та його концентрації.

У разі флотації Cr підвищення домішкових концентрацій NaCl, CaCl₂, NaNO₃, Na₂SO₄ до 0,1 моль/дм³ при $\text{pH}=4,7\text{--}5,2$ знижує ступінь витягу хрому до 70-75 %. Наявність такої ж кількості домішкових солей при $\text{pH}=1,0\text{--}1,5$ не впливає на перехід Cr у піну.

Отже вивчення можливості витягу аніонних сполук Me з помірковано кислих розчинів ($\text{pH} = 0,5\text{--}4,0$) при взаємодії їх з катіоноактивними ПАР показало, що ступінь взаємодії використовуваних реагентів із Me характеризується величинами, що убують у ряду АНП-2>АТМ>АБДМ.

9.4 Доочищення виробничих стічних вод від іоноактивних ПАР

Досить широке поширення набув термін «доочищення» промислових стічних вод, під яким мається на увазі комплекс заходів й апаратурно-технологічних схем, що доповнює сформовані технологічні схеми очищення виробничих стічних вод (далі – ВСВ) конкретного складу від використовуваних у технологіях реагентів-збирачів, замість яких застосовують катіоно- або аніоноактивні ПАР.

Розробка методів доочищення ВСВ дає змогу проектувати й експлуатувати так звані очисні «хвостові» установки, за допомогою яких створюються безстічні й маловідходні системи водопостачання промислових підприємств. Доочищення ВСВ призначене для видалення надлишкової кількості ПАР, присутність яких строго нормується.

Застосування методу іонної флотації в технологічній практиці потребує введення в оброблювані розчини поверхнево-активних збирачів, що неминуче призводить до появи останніх у ВСВ певного підприємства. Водночас створення замкнених систем промислового водопостачання вимагає вирішення

питань очищення стоків від надлишку ПАР, що вводять. Крім цього, проблема очищення ПСВ від ПАВ давно має самостійне практичне значення.

Одним з можливих методів очищення ВСВ від ПАР є метод піноутворення. Іноді в літературі метод називають пінним фракціонуванням, пінною сепарацією, пінною флотацією тощо. Сутність методу піноутворення полягає в адсорбції ПАР границею розділу фаз «рідина–газ» й у безперервному знятті поверхневого шару, що утворюється. При цьому необхідно дотримання принаймні двох умов: ПАР, що виділяються повинні володіти гарними піноутворювальними властивостями й піна повинна бути стабільною.

ДП УкрНТЦ «Енергосталь» виконано низку комплексних досліджень процесів очищення ВСВ від іоноактивних ПАР методами іонної флотації. Процес піноутворення оцінювали за такими параметрами: ступінь витягу ПАР у пінну фракцію – S , %; ступінь зміни обсягу системи $R_v = V_{\text{пін}}/V_{\text{ост}} \cdot t$, де $V_{\text{ост}}$ – кінцевий об'єм розчину; $V_{\text{пін}}$ – об'єм пінного продукту; t – час протікання процесу.

Для виділення з розчинів застосовували: алкілтриметиламоній хлорид (АТМ) – $[C_nH_{2n+1}(CH_3)_3N]Cl$, де $n = 18-20$, середня молекулярна маса (с.м.м.) – 278 г; алкілбензилдиметиламоній хлорид (далі – АБДМ), – $[C_nH_{2n+1}(C_6H_5CH_2)(CH_2)_2N]Cl$, де $n = 18-20$, с.м.м. – 355 г. Використані також фракції АБДМ, що мають різну довжину вуглеводних радикалів. Із амінів застосовували АНП-2 ($C_{14}H_{29}NH_2HCl$ і $C_{15}H_{31}NH_2HCl$), що мають с.м.м. 247 та 264 г, відповідно. Як аніонні ПАР застосовували ДБСNa – додецилбензосульфونات натрію $[C_{12}H_{25}(C_6H_4SO_4Na)]$, набір алкіларилсульфокислот (далі – ААСК).

Аліфатичні аміни й ЧАО в кислому середовищі перебувають переважно в іонній формі, а в лужному середовищі – у молекулярної [15].

Дані проведених досліджень із витягу ПАР у пінний шар залежно від їхньої концентрації в розчині свідчать про те, що зі збільшенням довжини ланцюжка ПАР до $n = 16$ зростає стійкість піни, збільшується ступінь витягу

ПАР. Значення параметра R_v при цьому великі (до 1,0 і більше), оскільки піна обводнена.

Присутність електролітів позначається на піноутворювальній здатності розчинів ПАР і на стійкості піни, що утвориться.

Ступінь витягу іоногенних ПАР у піну залежно від концентрації солей відрізняється прямолінійністю.

На ступінь витягу ЧАО у пінну фракцію впливають валентність і походження іонів, до того ж валентність робить значно більший вплив.

Відомо, що ефективність флотаційного витягу Me з технологічних розчинів або очищення від них промстоків (далі – ПС) визначається сорбцією ПАВ флотованими осадами. Це зажадало дослідження впливу на виділення ЧАО в пінну фракцію осаду $Al(OH)_3$, що набув широкого застосування в технології очищення ПС як коагулянт. Був використаний $AlCl_3$, який вводили в розчин, що містить АТМ або АБДМ. Осадження гідроксиду здійснювали розчином $NaOH$. Осад, що утворився, сорбує молекули ПАР і його поверхня здобуває гідрофобний характер.

Сорбційна рівновага в системі «ЧАО – осад» установлювалася після осадження $Al(OH)_3$ практично миттєво, і помітного перерозподілу АТМ й АБДМ між розчином й осадом надалі не відбувалося. Оскільки ЧАО у водному середовищі дисоціює на аніон хлору і позитивно заряджений вуглеводний радикал і при $pH > 7,0$ сумарний заряд поверхні гідроксидів негативний, то досвіди проводили в слабколужному середовищі.

Однією з найважливіших характеристик, що впливають на перехід іоногенних ПАР у пінну фракцію, є величина pH розчину. Ступінь виносу ПАР у пінний шар збільшується із підвищенням кислотності або лужності розчину. У нейтральній області pH величина виносу АТМ у піну не перевищує 40 %, АБДМ – 80 %, ДБСNa – 60 %. При концентрації в розчині H_2SO_4 вище 0,1 моль/дм³ витяг АТМ становить приблизно 100 %, АБДМ – 91 %, ДБСNa – 90 %. Присутність у розчині 0,01 моль/дм³ $NaOH$ збільшує перехід АТМ у пінну фракцію – до 80 %, АБДМ – до 90 %, ДБСNa – до 90 %.

Кінетика процесу флотаційного виділення з водяних розчинів ПАР, як і будь-якого процесу, що відбувається в гетерогенній системі, складна й залежить від багатьох факторів: рН середовища, зміни поверхневого натягу розчину із видаленням з нього ПАР; часу встановлення істинної термодинамічної рівноваги між кількістю ПАР, адсорбованим на поверхні пухирця, і його концентрацією в розчині; обсягу системи через віднесення з піною певної кількості води.

9.5 Відстійники, шламонакопичувачі та хвостосховища стічних вод і шламів гірничометалургійних підприємств і їхній вплив на водний басейн р. Дніпро

Учені й фахівці України приділяють досить серйозну увагу проблемам очищення СВ від розчинних токсичних сполук ВРМ й утилізації одержуваної твердої фази, зниженню енергетичних витрат на всіх ступенях технологічного процесу виробництва промислової продукції.

Стічні води й шлами гальванічних виробництв, що містять іони важких і рідких металів, є одним із головних джерел забруднення водойм, водоносних горизонтів і ґрунтів сільськогосподарських угідь. Відомі методи очищення технологічних СВ зводяться до їхнього перероблення й виділення їх у вигляді гальваношламів. При неефективному очищенні гальваностоків ВРМ попадають у водойми, ґрунт і трофічними шляхами харчування доходять до організму людини.

Аналогічна ситуація виникає при вилуговуванні ВРМ кислотними дощами й природними органічними кислотами зі шламів у місцях їхнього складування й поховання. Отже коло замикається, і розчини солей ВРМ зрештою попадають у водний басейн.

На сьогодні спостерігається забруднення поверхневих і ґрунтових вод унаслідок скидання неочищених й умовно очищених стічних вод підприємств гірничо-металургійного комплексу, надходження фільтрату з обсягу шламонакопичувачів (далі – ШН) або хвостосховищ, розміщених на території

підприємств або поблизу джерел питного й господарського водопостачання й утворюючих техногенні джерела забруднення постійної дії.

Надходження значних обсягів Ме-вміщуючих СВ гальванічних виробництв машинобудівних підприємств на очисні споруди комунального господарства міст України призводить до виникнення низки серйозних еколого-економічних, соціальних проблем і проблем, зв'язаних зі здоров'ям населення.

Сполуки ВРМ, що втримуються в складі стічних вод, у вигляді солей різного ступеня розчинності, попадають у поверхневі й ґрунтові води. У результаті виникає низка екологічних проблем:

- губиться природна здатність водойм до самоочищення;
- порушується функціонування активного мулу на станціях очищення міських стоків;
- гальваностоки й шлами неконтрольовано взаємодіють із відходами металургійної, хімічної, нафтохімічної, харчової промисловості, крім того, при стандартному хлоруванні води на станціях водозабору додатково виникають органічні хлорпохідні;
- складні металорганічні сполуки, що утворюються високотоксичні, не видаляються кип'ятінням, володіють мутагенною і тератогенною дією, придушують імунітет.

Запобігання скидання Ме-вміщуючих СВ у міську каналізаційну мережу забезпечить досягнення таких позитивних результатів:

- можливість переробляти активний мул міських очисних споруд, що не вміщують токсичних сполук важких металів, у високоефективні добрива для потреб сільського господарства;
- одержання з утилізованих осадів, виділюваних з очищуваних СВ, дорогої та дефіцитної імпортозамінної продукції у вигляді комплексних лігатур і феросплавів для потреб металургійної промисловості;
- захист навколишнього природного середовища й здоров'я населення від техногенного забруднення, оскільки існуючі методи біологічного очищення

комунальних міських стоків не дають змогу вилучати з них іони ВРМ (Cu^{+1} , Cu^{+2} , Zn^{+2} , Cd^{+2} , Pb^{+2} , Ni^{+2} , Fe^{+2} , Fe^{+3} , $\text{Cr}^{+(4-6)}$), сорбованих активним мулом.

У зв'язку із цим виникає необхідність розробки нових технологій скорочення обсягів промислових стоків, надходження токсичних фільтратів зі шламонакопитель (ШН) і хвостосховищ у водний басейн.

У басейні р. Дніпро на території України виділені три головні зони забруднення поверхневих і підземних вод, які сформовані під впливом техногенного впливу.

Перша – водоносні горизонти в районах розміщення хімічної промисловості. У межах її виділена підзона впливу підприємств нафтопереробної галузі – басейни рік Березина, Оріль, Сула й Псел, і підзона впливу підприємств харчової й цукрової промисловості – Житомирська, Вінницька, Черкаська, Сумська й частково Полтавська й Харківська області.

Друга – зона розробки покладів вугілля, залізних і марганцевих руд і підприємств чорної металургії – басейн низов'я Дніпра, Дніпропетровська й Запорізька області. Тут виділяють підзону розміщення підприємств гірничо-металургійного комплексу – Криворіжжя, Нікополь-Марганецький, Дніпропетровський, Дніпродзержинський і Запорізький. Найбільші накопичувачі крупнотонажних відходів і скидань розташовані в середньому плині р. Дніпро в Дніпропетровському, Дніпродзержинському і Західно-Донбаському промислово-економічному районах, які становлять ~75 % скидань забруднених СВ. До них належать ШН Північного, Центрального, Південного і Новокриворізького гірничо-збагачувальних комбінатів Криворіжжя, Полтавського, Орджонікідзевського ГЗКів, Кременчуцького нафтопереробного заводу, металургійного комбінату «Запоріжсталь», Дніпровського алюмінієвого комбінату тощо.

Третя – зона з розвиненим зрошувальним землеробством півдня України.

Басейн р. Дніпро. Найпоширенішими забруднювальними речовинами у водних об'єктах басейну залишаються сполуки ВРМ (іони Mn, Cu, Zn, Fe, Pb), сполуки азоту, феноли. За даними гідрохімічних спостережень середній вміст

розчиненого у воді кисню в більшості рік і водоймищ було достатнім і знаходилось у межах 6,06–14,67 мг/дм³.

Загалом у ріках басейну за більшістю показників якість води істотно не змінилася. Середньорічні концентрації основних забруднювальних речовин у басейні Дніпра перевищували гранично припустимі концентрації, а за деякими перебували на рівні високого забруднення. Середньорічні концентрації азоту амонійного й нафтопродуктів були в межах <1-4 ПДК, азоту нітритного – <1-12 ПДК, сполук Zn – <1-5 ПДК, фенолів – <1-6 ПДК, Fe – <1-7 ПДК, Cr⁺⁶ – 1-13 ПДК, Mn – 1-18 ПДК, сполук Cu – 2-23 ПДК.

Важливим напрямом у дослідженні процесів ресурсозбереження та скорочення негативного впливу ШН і хвостосховищ гірничо-металургійних підприємств на водний басейн і здоров'я людини є вивчення складу й шляхів міграції в ґрунті поверхневих стоків і фільтратів, що містять розчинні сполуки важких і рідких металів ВРМ.

Головними різновидами впливу ШН на навколишнє природне середовище (далі – НПС) є діяльність основних і допоміжних виробництв: надходження в атмосферу, водний басейн, ґрунтові води й на земну поверхню токсичних компонентів сировини, напівпродуктів, відходів.

Головними джерелами впливу промислових підприємств на водний басейн є скидання неочищених й умовно очищених СВ у поверхневий водний басейн, надходження фільтратів і поверхневих стоків із території шламо-шлаковідвалів, осадження твердої фази організованих і неорганізованих пилегазових викидів у питні, рибогосподарські й рекреаційні водні об'єкти.

Індикатори забруднення НПС – хімічні сполуки, що відповідають складу сировини, напівпродуктів і промислових відходів (далі – ПВ) з урахуванням фону в районі розміщення підприємства-забруднювача.

Об'єкти збитку – водойми в межах розсіювання індикаторів забруднення, антропогенні об'єкти, ландшафти. Загалом визначають потенційний, запобігальний, різновид збитку, що компенсує, ліквідований і залишковий

різновиди збитку НПС. У басейні Дніпра налічується більше 300 накопичувачів, з яких 279 – ШН та 22 – хвостосховища.

Близько 50 % накопичувачів сконцентровано в південній частині басейну, особливо в Дніпропетровській області. Зазвичай це фільтрувальні накопичувачі, з яких у поверхневі води й підземні горизонти надходять нафтопродукти й розчини солей. Сьогодні 40 % накопичувачів басейна належать до особливо небезпечних (рис. 10.5).

ШН комбінату в балці Капустянка ємністю 10,5 млн м³ запроєктований Харківським Водоканалпроектм. Скидання в нього завислих речовин становить 1,1 млн т/рік, термін служби – 25 років, площа – 135 га, експлуатується з 1958 року.

У ШН у балці Капустянка передбачене скидання СВ і шламів:

- ВАТ «Запоріжсталь» – шламів мокрих газоочисток аглофабрики, доменних, мартенівських печей, розливальних машин чавуну, стоків ТЕЦ, обводненої окалини прокатних цехів, цеху виливниць, відпрацьованих емульсій тощо;
- коксохімічного заводу – шламів вуглемийки, частина хімічно забруднених СВ;
- алюмінієвого заводу – шламів мокрих газоочисток ТЕЦ, що працювала на твердому паливі, і шламів глиноземного виробництва;
- заводу «Дніпроспецсталь» – обводненої прокатної окалини, нейтралізованих і не нейтралізованих кислих СВ, шламів мокрих газоочисток;
- метизного заводу – нейтралізованих і не нейтралізованих кислих СВ;
- заводу «Кремнійполімер» – шламів хімічного виробництва.

ТЕМА 10 ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД ВІД СУСПЕНЗІЙ І СПОЛУК ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

10.1 Основне обладнання для очищення СВ металургійних і машинобудівних заводів, забруднених суспензіями й солями ТРМ, апаратурно-технологічні схеми, розроблені в ДП «УкрНТЦ «Енергосталь»

10.2 Зниження вмісту цинку в оборотній воді систем газоочисток доменного виробництва

10.1 Основне обладнання для очищення СВ металургійних і машинобудівних заводів, забруднених суспензіями й солями ВРМ, розроблене в ДП УкрНТЦ «Енергосталь»

Одним із головних елементів систем оборотного водопостачання є установки й споруди для очищення стічних вод. Вони забезпечують ефективне видалення завислих часток і розчинених сполук, що надходять пізніше на перероблення й утилізацію, повернення очищеної води в основне виробництво, а також створюють необхідні умови для проходження й завершення різних хімічних реакцій у рідкій фазі.

Це сприяє підвищенню стабільності води, що особливо важливо для створення оборотного водопостачання без скидання стічних вод у водойми, хвостосховища й шламонакопичувачі.

Еколого-гігієнічні вимоги закладаються в основу підходу до розроблення нових методів, апаратів і споруд для очищення СВ металургійних підприємств, що зі свого боку дає змогу підвищити ступінь очищення СВ від токсичних розчинених мінеральних й органічних сполук, повернути в основне виробництво очищену технічну воду, знизити ступінь забруднення всіх сфер навколишнього природного середовища токсичними сполуками, перероблення й утилізація яких з осадів, що утворюються (шламів), дає змогу забезпечити державу дорогою й дефіцитною імпортозамінною продукцією.

Особливо важливим можна вважати також рішення еколого-гігієнічних проблем з напруженою екологічною обстановкою.

Уже самому початку ХХІ ст. виникла необхідність переходу до принципово нових технологічних систем, що дають максимальний ресурсозберігальний і природоохоронний ефект.

Найпростіший засіб видалення зі стічних вод грубодисперсних нерозчинених домішок – відстоювання, в процесі якого завислі речовини осідають на дно, плаваючі домішки спливають на поверхню відстійників.

Для очищення стічних вод промислових підприємств використовують як звичайні конструкції відстійних споруд, що застосовуються при очищенні міських стічних вод (піскоуловлювачі, відстійники), так і спеціальні. Залежно від вимог до якості проясненої виробничої стічної води застосовують горизонтальні й радіальні відстійники різних конструкцій, які можуть бути обладнані камерами флокуляції.

Горизонтальні відстійники є найпоширенішими спорудами для очищення як природних, так і стічних вод, незважаючи на наявність істотних недоліків. При цьому є істотні розходження під час застосування таких відстійників для очищення питної води і для очищення стічних вод ПП. Ці розходження насамперед стосуються питань, пов'язаних із видаленням осаду (шламу). Під час очищення промислових стічних вод, завислі речовини яких відрізняються високою щільністю, осад (шлам) видаляють за допомогою спеціальних механізмів, наприклад, за допомогою грейферного крана. При цьому осад видаляється з відстійників періодично.

Горизонтальні відстійники становлять прямокутні проточні ємності, в яких відбувається осадження забруднень під дією сил ваги. Рух води здійснюється у відстійнику вздовж довгої сторони від однієї торцевої стінки до другої. Підведення та відведення води здійснюється по лотках. Після підвідного лотка передбачено водорозподільний щит, перед відвідним лотком, у разі необхідності передбачається маслоутримувальний щит. За висотою у відстійнику виділяють дві частини: верхню, яку називають робочою частиною, де відбувається осідання завислих речовин (зона осідання) та нижню, де накопичується й ущільнюється осад, що випадає.

Тривалість відстоювання залежить від дисперсності частинок, їх форми, тобто величини гідравлічної крупності (швидкість осадження частинок у нерухливій воді, мм/с).

У процесі роботі горизонтальних відстійників найкрупніші частинки випадають на початку відстійника в бункер для осаду (шламу). Найдрібніші частинки випадають далі по довжині відстійника за процесом руху води.

При виборі типу відстійників необхідно мати на увазі їх деякі експлуатаційні особливості. При значних витратах води горизонтальні відстійники доводиться влаштовувати багато секційними, бо зазвичай ширина однієї секції приймається 5–6 м (продуктивність – десь 100–120 м³/год). Загальним недоліком секційних відстійників є важкість правильного розподілення води за секціями, унаслідок чого окремі секції виявляються перевантаженими, унаслідок чого у них погіршується очищення. Крім цього, ефект очищення залежить від своєчасного видалення осадів із відстійників.

У конструкції *радіального* відстійника реалізовано принцип дії вертикального й горизонтального відстійників. Радіальний відстійник – зазвичай круглий у плані резервуар, вода в якому в процесі очищення рухається за радіусом від центра до периферії. Із віддаленням води від центру швидкість зменшується. Це сприяє випадінню завислих речовин на дно відстійника та спливанню речовин, щільність яких менше за 1. Стічна вода через центральний розподільчий пристрій надходить у відстійник, а освітлена вода збирається в круговий периферійний жолоб.

Осад, що випадає на дно відстійника, згрібається за допомогою скребкової ферми у центральний приямок, звідки видаляється за допомогою шламових насосів. Ефективність прояснення в радіальних відстійниках досягає 60 %. Глибина коливається від 1,5 м до 5 м.

Глибина проточної частини становить 1,5–5 м, діаметр – от 15 м до 60 м. Тривалість перебування стічної води у відстійнику – 1,5–2 год.

Радіальні відстійники звичайних конструкцій діаметром 26–30 м упродовж багатьох років використовують для очищення стічних вод

газоочисток доменних печей і інших металургійних агрегатів при питомому гідравлічному навантаженні $0,4\text{--}2\text{ м}^3/\text{м}^2\text{хгод}$.

Розрахунок відстійників полягає у визначенні його довжини, ширини і глибини при заданій витраті й мінімальній крупності частинок, що необхідно осадити. Іноді замість мінімальної крупності частинок задається необхідний час відстоювання.

Площу відстійника приблизно можна визначати за витратою води, що очищається, якщо відоме гідравлічне навантаження на відстійник, $\text{м}^3/\text{год}$ на 1 м^2 , що одержують на підставі досвіду експлуатації відстійників для аналогічних забруднених вод.

Виловлений шлам із горизонтальних відстійників видаляється періодично або безперервно. Для періодичного видалення шламу застосовують ковші грейферів, якими обладнуються відстійники або пересувні крани. Безперервне видалення шламу здійснюють насосами або ерліфтами.

Горизонтальні відстійники найчастіше застосовують для очищення стічних вод підприємств чорної металургії, зокрема для первинного і вторинного очищення стічних вод станів гарячої прокатки металу. Задовільний ступінь очищення стічних вод у вторинних горизонтальних відстійниках може бути досягнутий при питомих навантаженнях, менших за $0,8\text{--}1,1\text{ м}^3/\text{м}^2\text{хгод}$, а в умовах роботи замкнених систем оборотного водопостачання $0,4\text{--}0,8\text{ м}^3/\text{м}^2\text{хгод}$, що потребує значних виробничих площ для розміщення очисних споруд.

Для розрахунку горизонтальних відстійників необхідні такі дані:

- кількість стічних вод, $\text{м}^3/\text{год}$, за максимальним припливом;
- концентрація завислих речовин, важких механічних домішок, легких механічних домішок (масел і нафтопродуктів), мг/л ;
- припустимий вміст завислих речовин у проясненій воді, мг/л ;
- гідравлічна крупність часток U_0 , які необхідно видалити для забезпечення необхідного ступеня очищення E , %.

Розрахункову величину гідравлічної крупності визначають за кривими кінетики осадження завислих речовин $E = f(t)$, що отримані експериментально, відстоюванням стічної води в статичних умовах у шарі заввишки h , зазвичай такому, що відрізняється від дійсної висоти відстоювання в обраному типі відстійника. Для приведення отриманих результатів до натурної величини (висоти шару проточної частини відстійника) необхідно робити перерахунки U_0 за формулою

$$U_0 = \frac{1000 \cdot H_{set} \cdot K_{set}}{t_{set} \cdot \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h_1} \right)^{n_2}}, \quad (10.1)$$

де H_{set} – глибина проточної частини відстійника, м;

K_{set} – коефіцієнт використання об'єму проточної частини відстійника;

t_{set} – тривалість відстоювання, що відповідає заданому ефекту очищення, отримана в лабораторних умовах у циліндрі в шарі h ;

n_2 – показник степені, що залежить від агломерації зависі в процесі осадження.

За цією формулою можна також визначити гідравлічну крупність спливаючих домішок забруднювальних речовин, що легше води.

Величина K_{set} для горизонтальних відстійників дорівнює 0,5, для радіальних – 0,45.

Розрахунок радіальних відстійників здійснюють за питомим гідравлічним навантаженням, $\text{м}^3/\text{год}$ на 1 м^2 площі відстійника, що визначається на підставі лабораторних досліджень, або експлуатаційних даних. За одержаною внаслідок цього розрахунку загальною необхідною площею відстійників визначають кількість відстійників стандартного діаметра.

Для визначення величини гідравлічної крупності забруднень при визначенні розмірів відстійників дуже часто застосовують технологічне модулювання процесу очищення стічних вод від механічних домішок.

Унаслідок проведення експериментів із технологічного моделювання процесу відстоювання будують криву кінетики процесу відстоювання стічних вод.

У процесі дослідження кінетики осадження дуже важливо вивчити флокуляційні властивості зависі, тобто схильність до укрупнення при повільному перемішуванні води без додавання коагулянтів. Помітними природними флокуляційними властивостями володіють не всі різновиди завислих речовин. Здатність до флокуляції залежить від хімічного складу завислих речовин, вихідної концентрації твердої фази в стічних водах тощо.

Флокуляційні властивості завислих речовин краще всього проявляються в повільно висхідному потоці води.

При переведенні систем оборотного водопостачання на замкнений (безстічний) або близький до нього режим роботи стало очевидно, що горизонтальні й радіальні відстійники традиційних конструкцій не дадуть бажаного результату через низку наявних недоліків:

- низька продуктивність (питомі гідравлічні навантаження знаходяться в межах $1\text{--}2 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{год})$);
- непристосованість для роботи з коагуляцією і флокуляцією;
- недосконалість конструкції (коефіцієнт використання обсягу дорівнює 0,5, що свідчить про їхню гідравлічну недосконалість, періодичне відведення осаду тощо).

У горизонтальних відстійниках неможливо організувати безперервне видалення осаду, що випадає. Це призводить до порушення їх роботи і спричиняє труднощі при подальшому збезводненні, утилізації або складуванні шламів, а також низька ефективність маслоуловлювальних пристроїв. Крім цього, їм притаманні недосконалість пристроїв впуску, розподілу та збирання води.

ДП УкрНТЦ «Енергосталь» проектує системи очищення СВ від розчинених сполук ВРМ, завислих речовин, масел і нафтопродуктів, виготовляє та поставляє необхідне обладнання для будівництва таких систем.

Нижче наведено короткий огляд основного технологічного обладнання, застосовуваного для очищення СВ, розглядаються конструкції сучасних апаратів і споруд для очищення стічних вод, розроблених ДП УкрНТЦ «Енергосталь», в яких найкращим чином реалізовано флокуляційні властивості завислих речовин. Врахування флокуляційних властивостей завислих речовин дає змогу значно збільшити продуктивність споруд та апаратів, що призначені для прояснення води.

Радіальні відстійники з камерою флокуляції розроблені для очищення води в оборотних циклах водопостачання машинобудівних і металургійних заводів: гальванічних цехів, газоочисток аглофабрик, доменних печей, конвертерів і станів гарячої прокатки.

Відмінною рисою відстійника є наявність убудованої камери флокуляції. Це дає змогу підвищити питоме гідравлічне навантаження на відстійник у 1,5-2 рази порівняно з відстійниками інших відомих типів.

Відстійники впроваджені на металургійних підприємствах України («Арселор Міттал Кривий Ріг», Макіївський металургійний комбінат тощо), на деяких закордонних металургійних заводах (Пакистан, Нігерія тощо).

Радіальні відстійники також широко використовуються для очищення СВ в інших галузях промисловості.

Відкриті (безнапірні) гідроциклони призначені для очищення стічних вод в оборотних циклах різної продуктивності. Відкриті гідроциклони найефективні в тому разі, коли завислі речовини мають схильність до флокуляції – природної або створеної шляхом додавання у воду хімічних реагентів – коагулянтів і флокулянтів.

Через інтенсивну градієнту флокуляцію, що спостерігається у відкритих гідроциклонах, питоме гідравлічне навантаження на них у 3–3,5 рази перевищує навантаження на радіальні відстійники.

Для більше надійнішого видалення осаду відкриті гідро циклони обладнані шкребковими вивантажувальними пристроями. Відкриті гідроциклони встановлені в оборотних циклах водопостачання на

машинобудівних заводах («Конвектор») і металургійних комбінатах «Запоріжсталь», «Дніпроспецсталь» тощо.

У разі підвищених вимог технології до якості води та наявності в стічних водах великої кількості дрібнодисперсних частинок відстоювання може виявитися недостатнім для очищення оборотної води, особливо, якщо його здійснюють без застосування коагулянтів. У таких випадках виникає необхідність у додатковій стадії очищення всієї або частини оборотної води.

Фільтрування води полягає у пропусканні її через шар зернистого чи пористого матеріалу, що володіє здатністю затримувати на своїй поверхні під дією сил приставання або у свої товщі частки забруднень, що містяться у воді.

Існує велике різноманіття фільтрів, що розрізняються: різновидом фільтрувального матеріалу, швидкістю фільтрування, механізмом затримання завислих речовин і конструктивним оформленням.

Напірні фільтри з двошаровим антрацито-кварцовим завантаженням

Напірні фільтри призначені для очищення промислових стічних вод від завислих речовин і масел.

Сфера застосування:

- очищення промислових стічних вод від забруднювальних речовин основних металургійних переділів підприємств чорної металургії з метою повернення очищеної технічної води в умовно-чисті оборотні цикли або використання для потреб споживачів, що вимагають для свого функціонування воду підвищеної якості;

- очищення промислових стічних вод на підприємствах машинобудування, промислової енергетики, нафтохімічній та інших галузях, де формуються промислові стічні води, що містять механічні домішки й масла.

Технічні характеристики фільтра

Швидкість фільтрування 30–50 м/год, при цьому фільтри забезпечують зниження концентрації завислих речовин у воді зі 100–150 мг/л до 10–20 мг/л, масел зі 100 мг/л до 20–40 мг/л, тривалість фільтроциклу – 24 год, промивка водоповітряною сумішшю – 30 хв.

Продуктивність, м³/год: фільтр діаметром 3,4 м – до 360; діаметром 3,0 м – до 280; фільтр діаметром 2,0 м – до 120.

Робочий тиск, МПа – до 0,6.

Фільтрувальне завантаження – кварцовий пісок і антрацит.

Концентрація забруднень, мг/дм³ у вихідній стічній воді:

- завислих речовин до 150 мг/дм³
- масел до 100 мг/дм³

Концентрація забруднень, мг/дм³, в фільтраті:

- завислих речовин до 20–30 мг/дм³;
- масел – до 25 мг/дм³.

Ефективність очищення: від завислих речовин – 90 %; від масел – 75 %

Габаритні розміри, м: – діаметр – 2-4; висота – до 6.

Відмінні особливості цих фільтрів, порівняно з відомими:

1. Велика товщина шарів завантаження (антрацит – 1,1 м, кварцовий пісок – 1,1 м) і велика крупність зерен (кварцовий пісок – 1,5-2,4 мм, антрацит – 3-6 мм). Це дає можливість збільшити швидкість фільтрування до 30–50 м/год. При цьому якість одержаної води дозволяє використовувати її у технічних цілях.

2. Висока брудоемність.

3. Збільшення тривалості фільтроциклу в 2-3 рази.

У конструкції фільтра використано оригінальні технічні рішення, зокрема вдосконалений ковпачковий дренаж із неіржавної сталі.

Склад фільтрувального завантаження, продуктивність, режим регенерації залежать від складу стічних вод.

Фільтрувальна станція з використанням фільтрів конструкції ДП УкрНТЦ «Енергосталь» займає порівняно невелику площу, відрізняється надійністю і зручністю в експлуатації, може працювати в автоматичному режимі свіжої технічної води.

Можливе застосування таких фільтрів у господарсько-питному водопостачанні.

Напірні антрацито-кварцові фільтри, розроблені ДП УкрНТЦ «Енергосталь», встановлені в оборотних циклах прокатних станів і МНЛЗ на металургійних комбінатах України (ВАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча», м. Маріуполь, ВАТ «Запоріжсталь», м. Запоріжжя), Росії (ВАТ «Северсталь», м. Череповець, «Уральська сталь», м. Новотроїцьк, «Новоліпецький металургійний комбінат», м. Ліпецьк) і на деяких закордонних об'єктах у Нігерії, Алжирі, Туреччині.

Підбиваючи підсумки викладеного, варто зазначити, що нині відомо безліч різноманітних методів і конструкцій, апаратів і споруд для освітлення стічних вод від механічних домішок і масел. На сучасному етапі можна виділити такі основні напрями, що характеризують розвиток техніки очищення стічних вод:

1. Відділення процесу коагуляції від процесу відстоювання з влаштуванням у відстійниках камер флокуляції різноманітних конструкцій.
2. Удосконалення конструкцій камер флокуляції, що полягає зокрема, в улаштуванні тангенціального підведення води на очищення.
3. Улаштування розосередженого відбору проясненої у відстійниках води.
4. Створення багатоярусних відстійників і відстоювання в тонкому шарі.
5. Інтенсифікація очищення стічних вод за допомогою різних коагулянтів, флокулянтів і їх поєднань.
6. Тонке очищення стічних вод від механічних домішок на фільтрах різних конструкцій.

У разі переведення систем оборотного водопостачання на замкнений режим роботи найперспективнішим методом очищення, а в деяких випадках і доочищення стічних вод, є відстоювання в апаратах і спорудах, пристосованих для ведення коагуляції і флокуляції, спливання і видалення масел. Цей метод дає змогу надійно очищати значні кількості стічних вод, що досягають 10–30 тис. м³/год. Для доочищення води доцільне використання фільтрів різних конструкцій.

На сьогодні в галузі чорної металургії практично вирішені питання очищення стічних вод усіх металургійних переділів від механічних домішок і певною мірою від плаваючих масел на основі використання таких споруд, як радіальні відстійники діаметром 30 м із камерою флокуляції, відкриті гідроциклони, флокулятори, напірні фільтри з антрацито-кварцовим, пінополістирольним завантаженням тощо.

На рисунку 10.2 наведено розроблену в ДП УкрНТЦ «Енергосталь» ефективну апаратурно-технологічну схему діючої установки безстічного триступеневого очищення від суспензій і масел СВ машини безперервного лиття заготівель (далі МБЛЗ) і сталепрокатних станів.

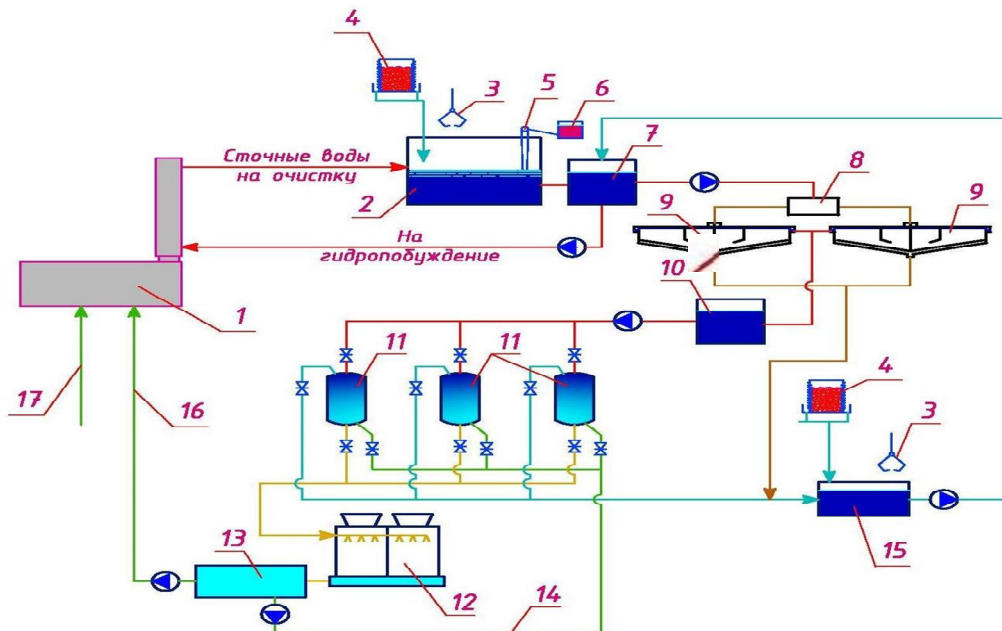


Рисунок 10.2 – Апаратурно-технологічна схема безстічної триступеневої системи очищення стічних вод МБЛЗ і прокатних станів від суспензій і масел

1 – виробничий корпус; 2 – яма первинного осадження прокатної окалини;
 3 – грейферний кран; 4 – збірний бункер окалини; 5 – маслозбірник;
 6 – накопичувач масел; 7 – збірник проясненої води; 8 – розподільна камера відстійників; 9 – радіальний відстійник; 10 – резервуар проясненої води;
 11 – напірний антрацито-кварцовий фільтр; 12 – градирня; 13 – збірник очищеної води; 14 – повернення води на промивання фільтрів; 15 – відстійник промивної води; 16 – повернення очищеної води у виробництво;
 17 – підживлення системи свіжою водою.

Останніми роками фахівцями комбінату «Запоріжсталь» поетапно виконано модернізацію газоочистного обладнання агломераційного цеху й гідротехнічних споруд оборотного циклу водопостачання мокрих газоочисток доменних печей, що дало змогу значно скоротити скидання стічних вод у водозбірне спорудження балки Капустянка, за допомогою чого тільки незначні обсяги стічних вод ($150 \text{ м}^3/\text{год}$ від агломераційного цеху й $400 \text{ м}^3/\text{год}$ від оборотного циклу водопостачання газоочисток доменних печей із концентрацією завислих речовин до 200 мг/дм^3 і високим ступенем мінералізації до $2\ 500 \text{ мг/дм}^3$) із метою підтримання рівноважного водно-хімічного балансу оборотної системи, як і раніше, подаються у водозбірне спорудження. В окремих випадках, при збоях у технологічному процесі транспортування стічних вод від газоочисток до оборотного циклу водопостачання можуть відбуватися аварійні скидання стічних вод в обсязі до $600 \text{ м}^3/\text{год}$ із концентрацією забруднень до 5 г/дм^3 .

Отже, можна дійти таких висновків:

1. Найінтенсивніше процеси забруднення поверхневих і ґрунтових вод відбуваються внаслідок скидання неочищених й умовно очищених стічних вод підприємств гірничо-металургійного комплексу, надходження фільтрату з обсягу ШН або хвостосховища, розміщених на території підприємств або поблизу джерел питного й господарського водопостачання й утворюючих техногенні джерела забруднення постійної дії.

2. Для запобігання забруднення басейну р. Дніпро стічними водами технологічних об'єктів і фільтрату ШН у балці Капустянка доцільним є проведення комплексу науково-дослідних і проектно-дослідницьких робіт з вивчення властивостей накопичених відкладень окалини в районах її довгострокових скидань у ШН для створення виробничого комплексу по утилізації окалини, що вилучається з одержанням за технологією ДП УкрНТЦ «Енергосталь» збагачених залізом брикетів або окатишів, придатних для використання в аглодоменному виробництві.

10.2 Зниження вмісту цинку в оборотній воді газо очисток доменного виробництва

Проблема зниження вмісту сполук Zn в оборотній воді систем газоочисток доменного виробництва Маріупольського металургійного комбінату ім. Ілліча (ММК ім. Ілліча) виникла, оскільки підвищений їхній вміст спричиняє серйозні порушення роботи газовідвідних трактів і всієї системи газоочищення. Сполуки Zn, що виходять із пилегазовою сумішшю з доменних печей, частково осідають у газоходах, спричиняючи утворення «настилів» і заростання газоходів. Наявність їх у газах, що відходять, пов'язана з порівняно високим вмістом Zn у вихідній сировині основного металургійного виробництва.

Для підтримки працездатності газоочисток потрібне проведення регулярних робіт з очищення газоходів. Це потребує періодичної зупинки газоочистного обладнання на окремих ділянках для проведення регламентних робіт і великих трудовитрат. Отже витяг сполук Zn з оборотної води систем газоочисток розглядається як метод усунення зазначених недоліків та як перспективний спосіб одержання кошовної вторинної Zn-утримуючої сировини.

Нині фахівці України приділяють досить серйозну увагу проблемам техногенних родовищ важких металів, створенню технологій переробки шламів чорної металургії, що містять – Zn і Fe.

Шлами й пил газоочисток і гідрозбирання в агломераційному, доменному, сталеплавильному й прокатному виробництвах чорної металургії можуть слугувати кошовною вторинною сировиною для основного виробництва й інших галузей промисловості.

Досить актуальна проблема утилізації сполук, що містять Zn, Pb, Fe зі шламів і пилів – крупнотоннажних відходів газоочисток металургійних заводів ММК ім. Ілліча, «АЛМК» Україна; НЛМК, «Северсталь», «Урал Сталь» Росія тощо. Особливу увагу потрібно звернути на можливість економічно вигідного постачання вітчизняної промисловості стратегічно важливими дорогими й

дефіцитними сполуками Zn і Pb із техногенних родовищ цих елементів, якими є шламонакопичувачі заводів чорної металургії.

У доменному й сталеплавильному виробництвах як сировину використовують залізорудні окатиші й несортований металолом. Через це в систему газоочищення основних металургійних агрегатів разом зі сполуками Fe надходять сполуки Zn, Pb та інші коштовні компоненти. Оскільки пил і шлами сухих і мокрих газоочисток, що містять 1,5–18 % Zn, до 2 % Pb та 45–57 % Fe, не можуть бути повернуті в основне виробництво через високий вміст сполук Zn і Pb, які руйнують футеровку агрегатів і забивають газоходи відкладеннями, їх направляють у ШН.

Головним джерелом утворення металутримувальних пилів і шламів у доменному виробництві є доменна піч, основна маса пилу з якої виноситься з колошниковими газами. Іншими джерелами утворення є між конусний простір, ділянки випуску чавуну й шлаків на ливарному дворі. Очищення доменного газу здійснюється в трьох послідовно встановлених газоочистних апаратах.

Попереднє очищення здійснюється в сухих радіальних пиловловлювачах, напівтонка – у мокрих форсуночних скруберах, а тонке очищення – у трубах Вентурі й дросельній групі. У процесі роботі доменної печі на підвищеному тиску остаточне очищення здійснюється в дросельній групі.

Контроль концентрації Zn у доменних шламах і його нагромадження в доменній печі дозволяє організувати періодичне (за один цикл) виведення із замкненої системи шламів із підвищеним вмістом Zn. Тривалість циклу залежить від способів зневоднювання й підготовки шламів до утилізації, від місткості складів при усередненні залізорудних матеріалів.

Кількість лежалих шламів у кожному зі шламонакопичувачів великих металургійних заводів України становить 2–5 млн т при щорічному додатковому надходженні в кожний із них 150–350 тис. т. Тут зосереджені більші запаси дефіцитних і дорогих компонентів.

Утилізація коштовних компонентів із пилів і шламів металургійного виробництва – актуальне завдання для всіх індустріально розвинених країн

миру. Комплексна утилізація сполук Zn, Fe зі ШН металургійних заводів у цих країнах не здійснюється через відсутність промислово випробуваних технологій їхньої переробки.

Витяг у напівпромислових і промислових масштабах Zn, Pb і Fe з пилів і шламів чорної металургії проводиться переважно в Німеччині, Японії та США. Основними способами є модифікації вельц-процесу – високотемпературного вуглетермічного відновлення Me-утримуючої сировини в обертових печах. Такі технології дають змогу одержувати концентрат зі вмістом Zn до 62 %, відрізняються складністю, енергоємністю, високою собівартістю продукту.

Відомий спосіб переробки пилів і шламів систем очищення газів доменних печей, що полягає в мокрій магнітній сепарації матеріалу з подальшим вилуговуванням Zn і Pb із магнітної фракції. Однак через високу дисперсність поділюваного матеріалу виникають проблеми з відстоюванням отриманих суспензій.

Існують пиро- і гідрометалургійні схеми витягу Zn з відходів металургійного виробництва. Однак застосування гідрометалургійного способу, що включає випал сировини, вилуговування, фільтрацію та оборотний цикл, економічно виправдано тільки для підприємств, що вже мають гідрометалургійні виробництва.

У більшості країн СНД такі технології розробляються на рівні дослідницьких робіт і напівпромислових випробувань.

Оборотна вода газоочисток, що циркулює в системі, здатна накопичувати порівняно високі концентрації сполуки Zn через явище деякої розчинності навіть найважче розчинних його сполук. Це пов'язано як із тією обставиною, що оксид й інші сполуки цинку, що втримуються в газах, що відходять, частково розчинні у воді, так і з наявністю в оборотній системі ряду розчинених газів кислотного характеру – насамперед вуглекислого газу CO_2 і сірчистого ангідриду SO_2 , що сприяють підвищенню розчинності сполук цинку шляхом утворення змішаних комплексів.

Як можливі шляхи виділення сполук Zn з оборотної води висвітлені такі варіанти: осадження нерозчинних сполук цинку, упарювання води й концентрація цинкових сполук в оброблюваному розчині, іонний обмін, флотація малорозчинних сполук (замість осадження), екстракція комплексних сполук розчинниками.

Упарювання води або електрохімічне виділення Zn при настільки низьких концентраціях, які є в оборотній воді, занадто енергоємно, для іонного обміну потрібні установка складного й дорогого обладнання та створення системи елюації Zn, а для флотації й екстракції будуть потрібні рідкі й дорогі реагенти.

Для обслуговування обладнання вище вказаних технологій потрібен численний персонал високої кваліфікації.

Це робить зазначені шляхи нерентабельними, або технологічно малоперспективними для витягу цинку в наявній ситуації. Реальні тільки осаджувальні методи, які на сьогодні можуть бути досить дешеві, щоб використати їх для виділення Zn з оборотних вод газоочищення доменного виробництва ММК ім. Ілліча. Устаткування для їхньої реалізації досить просто в монтажі й обслуговуванні, надійно в експлуатації та може бути повністю автоматизовано.

Для зв'язування й виділення іонів Zn у вигляді осаду з розчину можна використати низку реагентів-осаджувачів, здатних до утворення малорозчинних сполук Zn. Їхній вибір визначається низькою розчинністю продуктів реакції та, бажано, відсутністю комплексоутворення з наявними аква-іонами Zn або цинкатами-іонами.

Більша частина сполук Zn, що мають досить низьку розчинність, не може бути використана на практиці для виділення малорозчинних сполук Zn в умовах обробки оборотних вод систем газоочищення з екологічних (ціаніди, сульфіді) або економічних (іодати, ферриціаніди) міркувань.

Найбільш прийнятні як реагенти-осаджувачі солі й інші сполуки, що сприяють формуванню малорозчинних сполук цинку, і мають невелику вартість. Як перспективні реагенти-осаджувачі розглянуто гідроксиди,

карбонати; крім того, якщо перші будуть неефективні у виробничих умовах, можуть бути використані більше дефіцитні фосфати й оксалати.

Існує ще один перспективний реагент-осаджувач для двовалентних іонів – силікат-іон. Хоча точних даних про розчинність силікатів цинку не має, всі вони оцінюються в довідковій літературі як «нерозчинні». Як реагент-осаджувач у цьому разі можна використати широкий спектр доступних технічних продуктів – силікат натрію (натрій кремнекислий, силікат глиба), скло натрієве рідке.

Хоча фосфати й пірофосфати Zn розцінюються як дуже малорозчинні речовини, використання фосфатів, а також оксалатів менш бажано, оскільки через локальне утворення складних змішаних комплексів у нерівноважних умовах реального змішування, у присутності цих реагентів-осаджувачів, а також у присутності наявних у розчині гідроксо-, гідрокарбонат- або гідросульфід-, хлорид- та інших іонів в оборотній воді, можливе формування небажаних більш розчинних комплексів цинку.

Добуток розчинності чистого $\text{Zn}(\text{OH})_2$ становить приблизно 10^{-11} , але насправді гідроксид помітно більш розчинний.

Варто також зазначити, що через наявність у газах, що відходять від печей розчинних кислотних оксидів – вуглекислого газу й сірчистого ангідриду, можливих домішок оксидів азоту тощо, а також підвищеної температури води в системі, розчинність сполук цинку може істотно збільшитися.

За результатами аналітичного дослідження в оборотній воді втримується 0,14–13,0 мг/дм³ розчинних сполук Zn (у перерахуванні на метал). Розчин безпосередньо після очищення має рН = 6,5–7,0. При русі в оборотному циклі, а особливо при відстоюванні, рН середовища поступово змінюється, досягаючи значень 6,9–8,1. Це пов'язане із процесом видалення з розчину кислотних домішок – вуглекислого й сірчистого газів.

В осаді, що виділяється природним шляхом з оборотної води втримується значна кількість Zn – до 30,6 % (у перерахуванні на метал). Кількість осаду в оборотній воді мінлива й становить 0,1–2,0 г/дм³.

Відстоювання цієї фракції Zn-утримувальних малорозчинних сполук відбувається на наявному встаткуванні в діючій системі газоочищення основного металургійного виробництва ММК ім. Ілліча.

Для виділення розчинних форм Zn з оборотної води систем газоочисток були використані такі перспективні осаджувачі (найбільш дешеві, технологічно й екологічно прийнятні): карбонат натрію, гідроксид кальцію, силікат натрію («розчинне скло»).

Отже, з доступних осаджувачів тільки силікат натрію (або калію) Na₂SiO₃ або K₂SiO₃, а також змішані технічні продукти – силікати лужних металів типу розчинів силікату-глиби марки АСКН-1 (калієво-натрієва), АСНК-1 (натрієво-калієва) здатні зруйнувати комплексні сполуки Zn і вивести їх в осад з оборотної води.

При додаванні розчину реагента-осаджувача (розчин силікату натрію може бути отриманий при розчиненні в гарячій воді технічного продукту - силікату-глиби) рН обробленої оборотної води поступово змінюється. При цьому випадає осад силікату цинку (водночас можуть співосаджуватися силікати кальцію й магнію, оскільки ці іони в невеликій кількості завжди є в технічній воді, що прямує в оборотний цикл системи газоочищення):



Це явище може бути використане для контролю кількості реагента-осаджувача, що додається в оборотну воду для осадження сполук цинку.

Важливим фактором, що впливає на ефективність застосування конкретного реагента-осаджувача, є швидкість формування осаду й легкість його відділення від рідини. На жаль, більшість силікатів не належить до

речовин, що легко формують крупнокристалічні й добре відокремлювані осади. Але, в проведених експериментах було досягнуто задовільну швидкість осадження.

Для прискорення процесу прояснення оборотної води після введення реагента-осаджувача раціонально застосовувати крім наявних на підприємстві радіальних відстійників, також ефективніші апарати, особливо тонкошарові відстійники.

Після завершення утворення осаду оборотна вода має $\text{pH} = 8\text{--}9$ через невеликий надлишок силікату натрію, що легко гідролізується, формуючи лужне середовище.

Залишкові кількості силікатів рекомендується видалити за допомогою додаткової нейтралізації оборотної води до $\text{pH} = 6,5\text{--}7,5$. Це можна зробити за допомогою дозованого додавання невеликої кількості кислотних агентів, наприклад, сірчано-кислотних відходів травильного відділення, які на сьогодні на підприємствах піддаються нейтралізації вапном. При цьому шляхом співосаджування з нерозчинною кремнекислотою, що утворюється з розчину видаляються практично всі двовалентні катіони (цинк, кальцій тощо).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Айрапетян Т. С. Водне господарство промислових підприємств : навч. посібник / Т. С. Айрапетян ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2010. – 280 с.
2. Аксенов В. И. Водное хозяйство промышленных предприятий : справ. пособие / В. И. Аксенов. – М. : Теплотехник, 2005. – 640 с.
3. Иванов В. Г. Водоснабжение промышленных предприятий : учеб. пособие / В. Г. Иванов. – СПб : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2003. – 537 с.
4. Красавцев Г. Н. Рациональное использование и защита водных ресурсов в черной металлургии / Г. Н. Красавцев, Ю. И. Ильичев, А. И. Кашуба. – М. : Металлургия, 1989. – 288 с.
5. Защита водоемов от загрязнения сточными водами предприятий черной металлургии / Г. М. Левин, Г. С. Пантелят, И. А. Ванштейн, Ю. М. Супрун. – М. : Металлургия, 1978. – 216 с.
6. Андоньев С. М. Особенности промышленного водоснабжения / С. М. Андоньев. – Київ : Будівельник, 1981. – 246 с.
7. Аксенов В. И. Замкнутые системы водного хозяйства металлургических предприятий / В. И. Аксенов. – 2-е изд, перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1991. – 124 с.
8. Касимов А. М. Малоотходные и энергосберегающие технологии в производстве редких и тяжелых цветных металлов / А. М. Касимов. – М. : Металлургия, 1990. – 112 с.
9. Касимов А. М. Управление промышленными отходами : учеб. пособие: в 2 кн. / А. М. Касимов. – Харьков : РИП «Оригинал», 2000. – Кн. 2: Технологии обезвреживания и утилизации промышленных отходов. – 288 с.
10. Березюк В. Г. Очистка сточных вод с применением поверхностно-активных веществ / В. Г. Березюк, О. В. Евтюхова, А. М. Касимов. – М. : Металлургия, 1996. – 104 с.

11. Гольман А. М. Ионная флотация / А. М. Гольман. – М. : Недра, 1982. – 142 с.
12. Касимов А. М. Разработка способов очистки металлсодержащих сливных вод с использованием химически активных реагентов / А. М. Касимов, О. В. Голощапов // Вестник НТУ «ХПИ». – 2004. – Вып. 37. – С. 122–129.
13. Промышленные отходы. Проблемы и решения. Технологии и оборудование : учеб. пособие / [А. М. Касимов, В. Т. Семенов, А. А. Романовский] ; под ред. А. М. Касимова. – Харьков : ХНАГХ. – 2007. – 436 с.
14. Современные проблемы и решения в системе управления опасными отходами: учебное пособие / [А. М. Касимов, В. Т. Семенов, Н. Г. Щербань, В. В. Мясоєдов] ; под ред. А. М. Касимова. – Харьков : ХНАГХ, 2008. – 510 с.
15. Управление опасными отходами : монография. [А. М. Касимов, Л. Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, В. И. ТОШИНСКИЙ, Д. В. СТАЛИНСКИЙ] ; под ред. А. М. Касимова. – Харьков : Изд. Дом НТУ «ХПИ». – 2009. – 500 с.
16. Семиноженко В. П. Промышленные отходы : проблемы и решения : монография / В. П. Семиноженко, Д. В. Сталинский, А. М. Касимов. – Харьков : Индустрия. – 2011. – 544 с.
17. Касимов А. М. Основные мероприятия по ликвидации ущерба окружающей природной среде в районе размещения накопителей отходов металлургических заводов / А. М. Касимов // Черная металлургия. – 2011. – Вып. 12 (1344). – С. 70–72.
18. Касимов А. М. К вопросу сгущения суспензий железосодержащих взвесей сточных вод металлургического комбината «Запорожсталь» / А. М. Касимов, А. А. Атаманюк // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2012. – № 5. – С. 95–97.

Навчальне видання

АЙРАПЕТЯН Тамара Степанівна

**ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ОЧИСТКА СТИЧНИХ ВОД
ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія
та водні технології)*

Відповідальний за випуск *Г. І. Благодарна*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *Т. С. Айрапетян*

План 2021, поз. 59 Л

Підп. до друку 27.10.2021. Формат 60 x 84/16.
Електронне видання. Ум. друк. арк. 8,0.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.