МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю.М. Потебні
(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

рівень вищої освіти____ *перший (бакалаврський) рівень* _____

на тему *Проєкт споруд очистки стічних вод цеху холодного прокату*

Виконав: студент *4* курсу, групи *6.1832*

спеціальності __*183 Технології захисту навколишнього середовища*
(код і назва спеціальності)
освітньої програми _*Технології захисту навколишнього середовища*
(назва освітньої програми)
спеціалізації _____ _____
(код і назва спеціалізації)

Куріло М.Д. _____
(ініціали та прізвище) (підпис)

Керівник *доц., к.т.н Кожемякін Г.Б.* _____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, ПІБ) (підпис)

Рецензент *проф., д.х.н. Прутцьков Д.В.* _____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, ПІБ) (підпис)

Запоріжжя
2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра _____*металургійних технологій, екології та техногенної безпеки*_____

Рівень вищої освіти _____*перший бакалаврський рівень*_____
перший (бакалаврський) рівень

Спеціальність ____*183 Технології захисту навколишнього середовища*_____
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма ____ *Технології захисту навколишнього середовища*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____*МТЕТБ*_____
_____*Ю.О. Бєлоконь*__

"_____" _____2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТУ

_____ *Куріло Микиті Дмитровичу* _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи)__*Проєкт споруд очистки стічних вод цеху холодного прокату*____ _____
_____
керівник роботи (проєкту)_____*доц.,к.т.н. Кожемякін Геннадій Борисович*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від *"23"___12__ 2025* року № *1831-с*
2. Строк подання студентом роботи (проєкта)____*10.06.2026*_____
3. Вихідні дані до роботи (проєкта)__*Витрата стічних вод - 330000 м^3/рік, Початковий вміст сірчаної кислоти - 1 г/л, сульфату заліза (II) – 30 г/л,*
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *Технологія промивки прокату після травлення. Джерела утворення забруднених стічних вод. Аналіз існуючих схем очистки промивних стічних вод травильних відділень. Обґрунтування способу очистки стічних вод. Розрахунок очисних споруд систем очистки стічних вод. Охорона праці.*_____
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення, презентаційний матеріал: План цеху холодного прокату. Технологічна схема прокатки металу. Технологічна схема очистки стічних вод. План та розріз станції нейтралізації промивних вод. Основні апарати схеми очистки стічних вод.
_____

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
Розділ 1	*Кожемякін Г.Б., доцент*	
Розділ 2	*Кожемякін Г.Б., доцент*	
Розділ 3	*Кожемякін Г.Б., доцент*	
Нормоконтроль	*Вагін А.В., ст.викладач*	

7. Дата видачі завдання *15.02.2026*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	*Загальна частина*	*02.2026-03.2026*	
2	*Спеціальна частина*	*03.2026-04.2026*	
3	*Охорона праці*	*05.2026*	
4	*Креслення*	*05.2026-06.2026*	

Студент _____ *М.Д. Куріло*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ *Г.Б. Кожемякін*

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційний проект для здобуття ступеня вищої освіти бакалавр: 85 с., 8 табл., 11 рис., 29 джерел.

ПРОМИВКА ЛИСТОВОГО ПРОКАТУ, ПРОМИВНА ВАННА, ТРАВИЛЬНЕ ВІДДІЛЕННЯ, РЕАГЕНТНЕ ГОСПОДАРСТВО, ВІДСТІЙНИК, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВОДООЧИСТКИ, ФІЛЬТР-ПРЕСС

Об’єкти дослідження – система очистки промивних стічних вод цеху холодного прокату;

Предмет дослідження – технологія очищення стічних вод промивних ванн травильного відділення;

Мета роботи – на основі вивчення апаратурно-технологічних схем очистки промивних стічних вод, які експлуатуються у промисловому виробництві, технологій переробки та утилізації осаду станції нейтралізації проаналізувати умови і причини виникнення промислових стокі та розробити технологію очищення промивних стічних вод з метою запобігання забруднення навколишнього середовища, провести розрахунок обладнання, що використовується в процесі очистки, а також підібрати допоміжне обладнання.

Проаналізовані джерела утворення промивних стічних вод цеху холодного прокату, наведено їх фізичні та хімічні властивості. Виконаний аналіз існуючих технологій очищення промивних стічних вод травильних відділень прокатних цехів. Проведено розрахунки, за результатом яких було підібрано технологічне обладнання для очищення стічних вод, а саме : реагентне господарство, споруди подачі та змішування робочих розчинів реагентів, радіальний відстійник. Виконано розрахунок ділянки згущення та зневоднення вловленого осаду.

ЗМІСТ

ВСТУП …… 7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА ……..…. 9
1.1 Технологія травлення холодного прокату і джерела утворення промивних стічних вод ……..... 13
1.2 Характеристика промивних стічних вод, що утворюються при травленні чорних металів …… 22
1.3 Очищення промивних стічних вод травильних відділень цехів холодного прокату …..…….. 24
1.3.1 Методи очищення промивних стічних вод травильних відділень … 24
1.3.2 Утилізація шламу …… 43
1.3.3 Оборотне водопостачання травильних відділень і методи запобігання утворенню гіпсових відкладень ……. 44
2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА ……..…… . 46
2.1 Розрахунок усереднювача промивних стічних вод ……. 46
2.2 Розрахунок кількості кислоти, яку необхідно нейтралізувати …… 49
2.3 Реагентне господарство для приготування вапняного молока ...…….. 50
2.4 Підбір реактора-нейтралізатора ……..……..... 55
2.5 Розрахунок відстійників для очищення нейтралізованих промивних вод ……..……. 55
2.6 Ділянка обробки вловленого осаду ……..……. 58
2.6.1 Гравітаційне згущення осадів ……..…….. 58
2.6.2 Механічне зневоднення осаду ……..…….…… 59
2.6.3 Підбір обладнання для просушування зневодненого осаду ……... 61
2.7 Підбір насосного устаткування ……..…….. 63
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ……..…... 64
3.1 Характеристика потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів на станції нейтралізації ……..……... 64

3.2 Розроблення заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища станції нейтралізації ……..….. 67
3.5 Технічні рішення з виробничої санітарії станції нейтралізації ……..…. 69
3.3.1 Мікроклімат виробничих приміщень …… 69
3.3.2 Освітлення виробничих приміщень …….. 71
3.4 Заходи щодо забезпечення електробезпеки на станції нейтралізації ……..…… 73
3.5 Заходи пожежної безпеки ……..……. 75
3.8 Інженерна розробка системи захисного заземлення трансформаторної підстанції станції нейтралізації ……...…….. 78
ВИСНОВКИ …… 81
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ …….. 82

ВСТУП

Водні ресурси є одним із найважливіших компонентів природного середовища та стратегічним ресурсом для забезпечення сталого розвитку промисловості, сільського господарства і життєдіяльності населення. У сучасних умовах інтенсивного розвитку металургійного виробництва особливої актуальності набувають питання раціонального використання води та запобігання забрудненню природних водойм промисловими стічними водами. Серед численних джерел техногенного навантаження на водні об'єкти значну небезпеку становлять промивні води травильних відділень прокатних виробництв.

Травлення металопрокату є невід'ємною технологічною операцією підготовки поверхні металу перед подальшою обробкою, нанесенням покриттів або виробництвом готової продукції. У процесі травлення з поверхні металу видаляються окалина, продукти корозії та інші забруднення шляхом обробки кислотними розчинами. Після завершення цієї операції метал піддається багаторазовому промиванню водою, внаслідок чого утворюються значні обсяги промивних стоків, що містять залишки кислот, розчинені солі металів, зважені речовини та інші забруднювачі.

Промивні води травильних відділень характеризуються високою мінералізацією, підвищеною кислотністю та значним вмістом іонів заліза, цинку, нікелю, хрому та інших важких металів залежно від виду оброблюваної продукції. Потрапляння таких стічних вод до природних водойм без належного очищення призводить до погіршення якості водних ресурсів, зміни фізико-хімічних показників води, накопичення токсичних речовин у донних відкладах та негативного впливу на водні екосистеми. Особливу небезпеку становить здатність важких металів до біоакумуляції, що може спричиняти довгострокові екологічні наслідки та створювати ризики для здоров'я населення.

В умовах посилення екологічних вимог до діяльності промислових

підприємств та гармонізації національного законодавства з європейськими природоохоронними стандартами проблема очищення та повторного використання промивних вод набуває особливої значущості. Сучасна концепція екологічно безпечного виробництва передбачає впровадження маловідходних та ресурсозберігаючих технологій, спрямованих на мінімізацію водоспоживання і скорочення обсягів скидання забруднених стоків у навколишнє середовище.

Одним із перспективних напрямів вирішення зазначеної проблеми є впровадження замкнених і оборотних систем водопостачання, використання багатоступеневих схем очищення промивних вод, а також застосування сучасних фізико-хімічних методів вилучення забруднювачів. Такі підходи дозволяють не лише зменшити екологічне навантаження на водні об'єкти, але й забезпечити повернення очищеної води у виробничий цикл, що сприяє зниженню витрат свіжої води та підвищенню економічної ефективності підприємства.

Водночас існуючі технології очищення промивних вод не завжди забезпечують необхідний рівень очищення при мінімальних енергетичних і матеріальних витратах. Це обумовлює необхідність проведення подальших досліджень, спрямованих на вдосконалення технологічних схем водоочищення, оптимізацію режимів роботи очисних споруд та розроблення ефективних технічних рішень для підвищення екологічної безпеки травильних відділень прокатних виробництв.

Таким чином, актуальність дослідження визначається необхідністю зменшення негативного впливу промивних вод травильних відділень на водні ресурси, забезпечення виконання сучасних екологічних нормативів, підвищення ефективності використання водних ресурсів у металургійній галузі та впровадження ресурсозберігаючих технологій очищення і повторного використання води. Розв'язання зазначених завдань має важливе наукове та практичне значення для розвитку екологічно безпечного металургійного виробництва та збереження водних ресурсів України.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Стічні води, що утворюються в прокатному виробництві, складають від 30 до 50% загальної їх кількості, що утворюється на підприємстві з повним металургійним циклом (виробництво коксу, агломерату, феросплавів, чавуну, сталі, прокату). Стічні води утворюються при охолодженні валків, їх шийок і підшипників, змиві і транспортуванні окалини, а також при охолодженні пив, ножиць і інших допоміжних механізмів. У трубопрокатному виробництві утворення стічних вод додатково пов'язане з гідравлічним випробуванням труб. Стічні води містять окалину, масло, емульсію, кислоти, токсичні речовини. Вода забруднюється окалиною при гідрозбиві і гідрозмиві.

При хімічній і електрохімічній обробці металів (травленні, нанесенні покриттів і так далі) утворюються стічні води, що містять хімічні забруднення. Об'єм стічних вод при травленні металу залежить від виду оброблюваних виробів і в середньому складає 3 $м^3$/т металу, обробленого кислотою. Об'єм промивних вод досягає 300--400 $м^3$/ч і більше. У стічних водах містяться з'єднання амонію, кислоти, метали, сірководень, кремній, сульфати, хлор, хлориди, сульфіди та ін. [1]

Технологічний процес прокату є завершальним етапом металургійного виробництва. Як вихідну сировину використовують злитки з квадратним або прямокутним поперечним перерізом. У результаті прокату отримують широкий асортимент готової продукції різного призначення, зокрема рейки, балки, швелери, товстолистову та тонколистову сталь, а також спеціалізовані профілі.

1.1 Технологія травлення холодного прокату і джерела утворення промивних стічних вод

Перед відвантаженням споживачеві метал обов'язково проходить обробку поверхні. Одним із найпоширеніших методів такої обробки є

травлення, яке здійснюють із використанням різних хімічних реагентів, зокрема кислот (сірчаної, соляної, фосфорної, плавикової), їх сумішей, а також лугів, таких як NaOH і KOH. У процесі травлення з поверхні металу видаляються окалина, забруднення та інші сторонні включення, при цьому частково розчиняється й сам основний метав.

Для проведення травлення застосовують концентровані травильні розчини. Наприклад, під година використання сірчаної кислоти (H_2SO_4) її вміст у розчині може досягати 200 мг/л. Після завершення травлення металеві вироби ретельно промивають водою у спеціальних ваннах для видалення залишків травильного розчину з їхньої поверхні. Об'єм промивної води зазвичай у 10-100 разів перевищує кількість використаного травильного розчину.

Очищення та повторне використання стічних вод, що утворюються під час цих операцій, є складним технічним завданням. Основна проблема полягає в необхідності ефективного видалення розчинених солей та інших компонентів, які формують сольовий склад стічних вод.

У зв'язку із збільшенням масштабів виробництва, необхідністю економії води на промивання і, нарешті, у зв'язку зі збільшенням витрат на очищення промивних вод у ряді країн були проведені дослідження процесу промивання.

Складність процесу змусила дослідників прийняти ряд допущень, пов'язаних з механізмом промивання. Найбільш загальним допущенням є припущення про тотожність хімічного складу плівки рідини, винесеної металом з робочої ванни, складу розчину в цій ванні, а також допущення, що в промивній ванні плівка, занесена з попередньої ванни при промиванні, рівномірно розподіляється в об'ємі промивної рідини [2].

При розгляді промивання як дифузійного процесу переходу забруднень з відмиваної плівки в промивну рідину встановлене [2], що експериментальні дані не співпадають з теоретичними.

У переважній більшості випадків для розрахунків промивання прийняті припущення про повне змішування плівки з промивною рідиною і про

незалежність величини питомого винесення рідини поверхнею металу (гіпотеза повного змішування) від складу розчину. Звідси допускається і можливість оцінювати ефективність промивання не по кількості забруднень, що залишилися на поверхні металу, а по їх концентрації у ванні чистового промивання. Цей показник, так званий критерій промивання, широко поширений в практиці. Концентрація забруднень в чистовій ванні СВ пов'язана з величиною питомого винесення q, витратою води на промивання Q і початковою концентрацією забруднень $C_в$ вираженням

$$C_в C_е = q/Q \tag{1.1}$$

а при протитечійному каскадному промиванні в n ваннах - залежністю

$$C_в C_е = (q/Q)^n. \tag{1.2}$$

Проте вказані допущення недостатньо правомірні.

Були проведені теоретичні, лабораторні і промислові дослідження процесу промивання металу [4].

Виявлені за допомогою теорії подібності показники промивки були застосовані до оцінки експериментальних даних. Аналіз показав, що промивання слід розглядати не лише як чисто дифузійний процес переходу забруднень із занесеної металом плівки в розчин і тим більше не як простий процес змішення цієї плівки з промивною водою, а як комплекс фізико-хімічних явищ, що відбуваються на межі розділу метал - жид-кістка. Істотні відхилення від допущення рівномірного розподілу домішок в плівці і в об'ємі води показані на рис. 1.1, з якого видно, що із збільшенням концентрації остаточна забрудненість повільно зростає, а розрахункова величина винесення, або товщина плівки повільно зменшується. З розбавленням електроліту відбувається як би потовщення плівки. Ці відхилення від загальноприйнятих допущень рівності концентрацій забруднень в плівці і в об'ємі пояснюються нерівномірністю хімічного складу плівки на межі розділу метал-рідина внаслідок адсорбції іонів на твердій поверхні з утворенням подвійного електричного шару. Найбільш важливим результатом досліджень з'явився доказ того, що співвідношення між концентраціями забруднень в

плівці до і після промивання, і між витратою води на промивання і питомим винесенням, тобто рівянь (1.1) і (1.2), не дотримуються. Це ускладнення процесу промивання можна враховувати шляхом введення в розрахунки гідродинамічних показників промивання, аналогічних вживаним в теорії масопередачі. Застосування показників, отриманих з допомогою теорії подібності, дуже корисно при розробці нових методів промивання, порівнянні різних методів в лабораторних і промислових умовах і т. д. [3]. Для інженерних розрахунків рекомендується застосовувати значення уявного питомого винесення, що визначає загальну кількість забруднень в плівці. Розрахункове рівняння, отримане при розгляді матеріального балансу, у такому разі набуває вигляду

$$C_в/C_e = q_e q_1 q_2 . . ./Q^n, \qquad (1.3)$$

де "е" - електроліт; 1,2,.., - номери промивних ванн.

Припускаючи, що $q_3 = q_1 = q_2$ - . . ., отримаємо вираження (1.2), яке може застосовуватися лише у випадках ідеального перемішування.

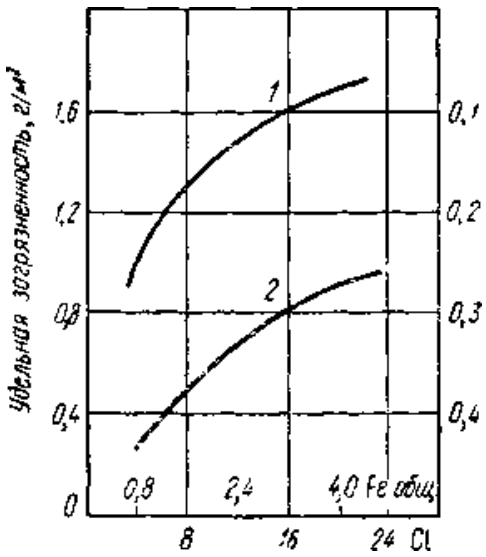


Рисунок 1.1 - Вплив концентрації електроліту на забрудненість поверхні і товщину плівки (питоме винесення) : 1 - по Fe2+; 2 - по C1-

В результаті експериментів в лабораторних і промислових умовах встановлено, що розрахункове значення q істотно відрізняється від істинного

(визначуваного шляхом зважування). Так, розрахункове значення q по сульфат-іону дорівнює 0,05, по іону заліза 0,14, а істинне - 0,04 л/м^2[5]. Із збільшенням концентрації забруднень в електроліті розрахункове q зменшується, хоча зі збільшенням в'язкості розчину можна було чекати зворотного.

Розрахункове значення питомого винесення доцільне визначати у кожному конкретному випадку. Орієнтовно можна керуватися наступними значеннями питомих виносів, л/м^2, отриманих при травленні [5]:

Проволоки безперервний процес) ….. 0,06

Смуги (швидкість 30 м/хв) 0,07

Пакетів прутков, листів 0,08

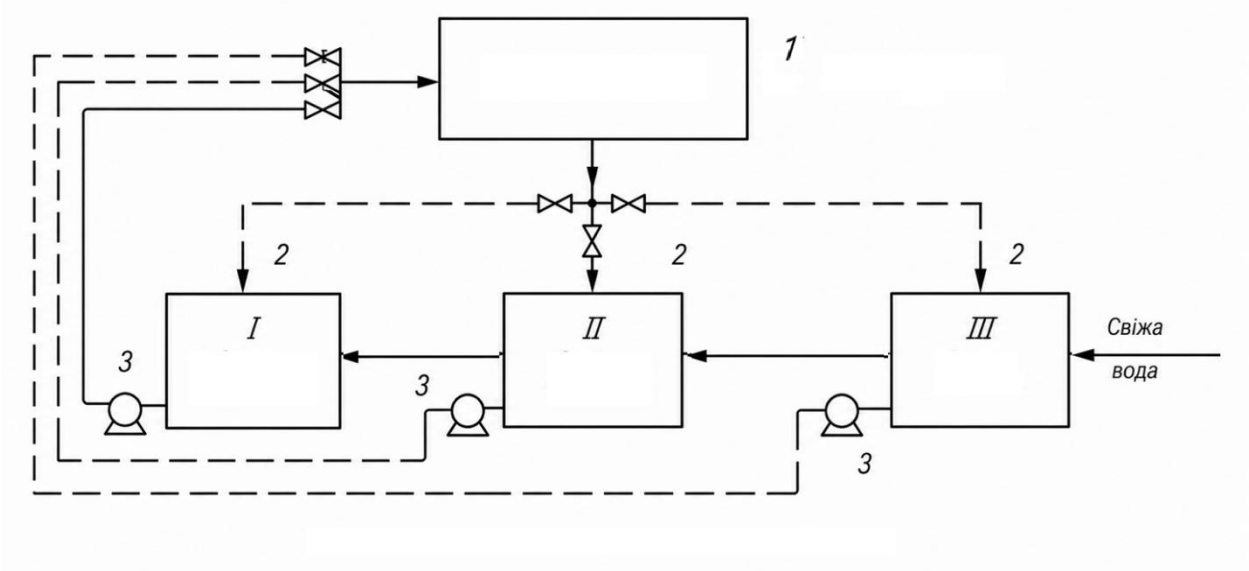
Бунтів 0,1

Труб 0,18

Збільшення розрахункового значення винесення з розбавленням розчина можна приблизно підрахувати, враховуючи, що з кожної наступної ванни в середньому виноситься рідині в 1,5-2 рази більше, ніж з попередньої. Відхилення від цієї величини залежить від щільності пакету, часу занурення, витримки над ванною і інших умов промивання. Для поліпшення якості промивання і скорочення витрати води необхідно прагнути до інтенсифікації процесу або збільшення кількості ванн каскаду.

Каскадне промивання для періодичного процесу може виконуватися в двох варіантах: з перемиканням циркуляційних систем, т. е. почерговою подачею у ванну робочих розчинів, включаючи і промивання (рис. 1.2), і з пересадкою металу по черзі в промивальні ванни.

У першому випадку можлива герметизація ванни і повна автоматизація циркуляційних систем, проте для цього потрібне складне і надійне устаткування (насоси, система контролю). При пересадці ж металу у ванни потрібно лише додаткові промивні ванни. У іншому робота травильного відділення практично не змінюється в порівнянні з прямоточною схемою промивання в одній ванні.



1 - ванна промивання; 2 - баки циркуляційних снстем I, II, III східців;

3 - насоси

Рисунок 1.2 - Схема каскадного промивання з перемиканням циркуляційних систем

Ефективність промивання кожного ступеня залежить від номера ступеня (найбільша - в першій ванні), знижуючись зі збільшенням числа ванн від виду металу, природи забруднень і інших чинників і коливається при промиванні на безперервних агрегатах від 60 до 90 [6].

При каскадному промиванні зануренням бунтів після сірчанокислого травлення для покращували промивання чистове промивання ведуть гарячою водою.

Для безперервних і періодичних процесів інтенсифікувати промивання можна шляхом застосування стислого повітря, збільшенням швидкості циркуляції промивної жадності, використання струминної подачі води, ультразвука, введення хімічних добавок.

Для промивання смуги, стрічки застосовують системи плоскоструйну подачі рідини у поєднанні з каскадним і водоповітряним промиванням. Конкретні варіанти визначаються з урахуванням вхідної забрудненості, необхідного відмивання і інших умов.

Для очищення дроту в безперервних агрегатах застосовують каскадне промивання, при якому або встановлюють ряд ванн, або промивну ванну

розділяють перегородками на відсіки. Для подачі води в цьому випадку, а також для інтенсифікації процесу за рахунок циркуляції води використовують насоси або ерліфти.

Витрата води при одноступінчатому промиванні складає сотні літрів на 1 $м^2$, концентрація забруднень в промивний воді - 0,5-1% від концентрації в робочому розчині, при каскадному промиванні смуги - витрата води складає 0,5-2 літри на 1 $м^2$, а концентрація забруднень досягає 10-20% від концентрации в робочій ванні [6].

Величина витрати води на промивання при виробництві холодного прокату, метизів і труб коливається в широких межах, залежних від виду виробів і способу промивання. При каскадній промивці витрата води на повинен перевищувати 100-300 л/т металу. При виробництві жерсті, тонкого дроту і тонкостінних труб треба виходити з витрати води на величину обробленої поверхні, при цьому витрата води не повинна перевищувати 1-2 $л/м^2$ [6].

При приготуванні травильного розчину на 1 т витраченої кислоти витрачається 5-10 м3 воли, при приготуванні обезжирювального розчину на 1 т витрачених лугів і солей витрачається 5 - 15 $м^3$ води [4].

На Запорізькому сталепрокатному заводі впроваджено трьохступеневе промивання металу, що калібрується, після солянокислого травлення [2] з великим скороченням витрати води на промивання.

Нижче приведені значення концентрацій, що встановлюються при каскадному промиванні, г/л :

Ванна	I	II	III
Кислота	30-35	2-5	до 0,2
Хлорне залізо.....	40-50	15-20	до 2
Відношення $FeCl_2$: HCl	1,3-1,5	4-7	10-15

Неоднакове відношення концентрацій кислоти і хлористого заліза пояснюється неоднорідністю хімічного складу плівки розчину, селективністю сорбції заліза.

За технологією виробництва, промитий після травлення метал поступає

у ванну з вапняним молоком, так що деякі залишки кислоти (ступінь промивання - 99%) не позначаються на наступних операціях. Для отримання чистішої поверхні потрібна інтенсифікація промивання або збільшення числа східців каскаду. На цьому ж заводі впроваджена каскадна промивка зануренням бунтів після сірчанокислого травлення. Для поліпшення промивання воду чистової ванни підігрівають парою, так що ефективність її виявляється достатньою. Промивні ванни встановлюють поруч і вода перетікає самопливно з вищої чистової ванни в наступну. Витрата води в порівнянні з методом промивання брандспойтом в один ступінь скорочується в десятки разів.

Таким чином, промивка бунтів і прутков струменями з великим расходом водами повинна поступитися каскадній промивці зануренням з незначною витратою води. В той же час можлива комбінація струминного і погружного промивань на різних східцях каскаду [3].

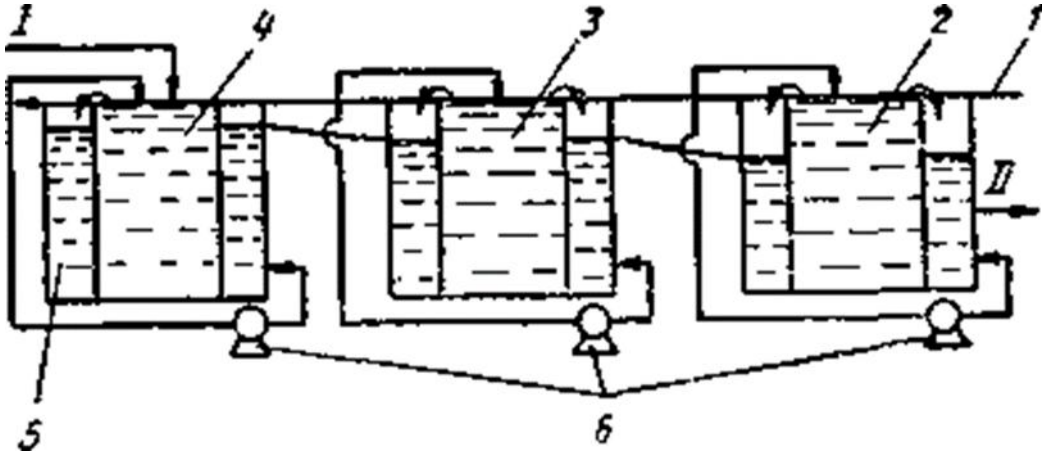
Інтенсифікація промивання на окремих ступенях каскаду (чи при одноступінчатому промиванні) може здійснюватися не лише застосуванням брандспойтів, але і шляхом циркуляції розчину.

Для безперервних процесів, як і для періодичних, інтенсифікація процесу здійснюється шляхом застосування стислого повітря, збільшення швидкості циркуляції промивної рідини, використання струминної подачі води, ультразвуку, введення хімічних добавок та ін. [2].

Раціональна система розподілу води по поверхні полоси при безперервному струминному промиванні без зовнішньої інтенсифікації дозволила скоротити витрату води на промивання з 8 до 1,5 л/м^2[1].

Для очищення дроту в безперервних агрегатах застосовують каскадне промивання, суть якого полягає в тому, що встановлюють ряд ванн, або промивна ванна розділена перегородками на відсіки. Кожна перегородка має гребінчасті вирізи для проходу дроту і перетікання води. Інтенсифікація промивання досягається циркуляцією води, що стікає через гребінчасті вирізи, в кишеню, на повторне використання у ванну. Для подачі води

використовуються насоси або ерліфти (рис. 1.3). При використанні як робочий агент пари відбувається нагрів рідини і її часткове підживлення конденсатом. Аналогічна система промивання впроваджена на ряду заводів.



1 - дріт; 2, 3, 4 - промивні ванни; 5 - кишеня; 6 - насоси циркуляційних систем; I - свіжа вода; II - на очищення

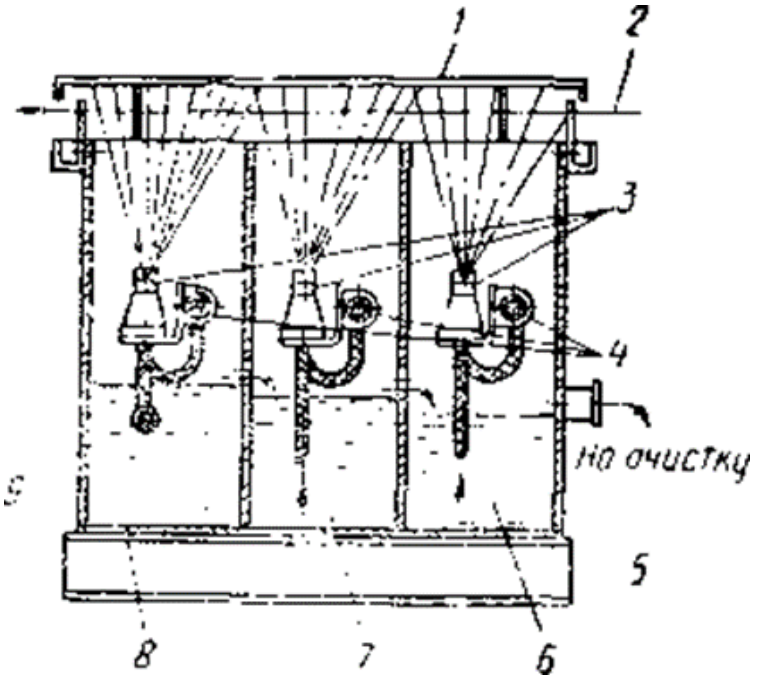
Рисунок 1.3 - Схема каскадного промивання дроту зануренням з циркуляцією води

Ерліфти або насоси застосовують також для інтенсифікації процесу при струминному промиванні дроту [3] (метод струминно-поворотний, рис. 1.4).

Нині витрата води на заводах складає сотні літрів на 1 м2, концентрація забруднень в промивній воді - приблизно 0,5-1% від концентрації в робочому розчині; при кас-кадной же промиванні смуги - декілька літрів на 1 м2, а концентрация забруднень досягає 10-20% від концентрації в ра-бочей ванні.

Витрата води на промивання взагалі не нормується або, як і кислота, розраховується на одиницю маси металу і коливається в межах 1-10 $м^3/т$, причому у виробництві жерсті, дроту, тонкостінних труб досягає 50 $м^3/т$ [1].

У машинобудуванні для цехів гальванопокриттів витрата води передбачається на одиницю поверхні виробів в залежності від числа ступенів каскаду, характеру завантаження деталей і виду операцій [1]. Нормування не враховує неповноту перемішування, а також методи інтенсифікації промивання. Витрата кислоти і інших реактивів при гальванопокриттях приймається на одиницю площі, виходячи з величини винесення розчину виробами.



1 - відбивач-кришка; 2 - дріт; 3 - форсунки;
4 - повітропровід стислого повітря; 5 - корпус; 6,7,8 - відсіки;
9 - трубопровід свіжої води
Рисунок 1.3 - Ванна для струминно-поворотного промивання

Відсутність науково обґрунтованих вимог до якості води, що споживається на промивання, призводить до невиправданих витрат води більш високої якості і ціннішою, ніж це потрібно по технології виробництва.

Граничний вміст домішок в промивній воді залежить від їх властивостей. Якщо домішки, що містяться в промивній воді, не дають нерозчинних з'єднань з робочим розчином, то їх зміст може досягати 3-5 г/л. Якщо нерозчинні з’єднання утворюються, то їх концентрації мають бути нижче за межу розчинність.

При дослідженнях встановлено, що існуючі вимоги до якості води, використовуваної для промивання, дуже жорсткі, проте можуть бути змінені на проміжних операціях [1].

На підставі результатів, отриманих на заводах метизів, встановлені вимоги до якості води, що подається на промивання в сталедротовому виробництві (табл.1.1) [3].

Таблиця 1.1 - Вимоги до якості води, використовуваної у виробництві метвиробів

Процес	Жорсткість загальна, мг -экв/л	pH	Зміст компонентів, мг/л			
			сухий залишок	хлориди	сульфати	залізо загальне
Травлення металів	50	6-9	5000	1000	3000	100
Нанесення покриттів методом:						
хімічним	30	7-9	4000	500	2000	20
гальванічним	5	7-9	1500	100	500	5

Аналогічні вимоги розроблені для трубопрокатного виробництва [3]. Для тонкостінних труб, що виготовляються із застосуванням операцій термообробки, пред'являються високі вимоги до якості поверхні. В результаті промислових досліджень встановлена залежність якості поверхні від складу промивної води : гранична концентрація солей при промивці особливо тонкостінних труб - 150 мг/л, труб з нержавіючої сталі, а також гільз під зчленування біметалічних труб - 300 мг/л при pH = 7÷8 і відсутності масл. Для приготування робочих розчинів можна застосовувати воду з солевмістом до 2г/л.

При промиванні металів в прокатному виробництві для затвердження вимог до якості води орієнтовно використовують приведені нижче нормативні показники.

Температура води, використовуваної для промивання металовиробів після травлення відповідно до таблиці 1.2, не повинна перевищувати 60°С, оскільки підвищення температури викликає значний гідроліз солей заліза, збільшення зважених речовин і утворення відкладень гідроокису заліза в порах металу, погіршення якості промивання, а також корозію металу.

За відсутності корозії і відкладень або інших причин, лімітуючих підвищення температури (наприклад, на другому ступені промивання) рекомендується промивання в гарячій воді при температурі 80-90°С.

pH води, що подається а травильне відділення на промивку у відповідності до таблиці 1.2, повинно бути а межах 6-9, оскільки при нижчих

pH знижується корозійна стійкість промитого металу, а при вищих - значний гідроліз солей заліза з утворенням гідроокису заліза і збільшенням вмісту зважених речовин. На першому ступені промивання допускається pH 1-2.

Таблиця 1.2 – Показники якості води на промивання

Найменування показників якості води	Одиниця виміру	Вода для промивання металу після травлення і перед нанесенням покриттів хімічним способом
I. Фізичні		
Температура	^{0}C	до 60
Зважені речовини	мг/л	до 150
Масла і маслоподібні продукти	мг/л	до 20
II. Хімічні		
pH		до 6-9
Жорсткість загальна	мг-екв/л	до 35
Сухий залишок	мг/л	до 5000
Хлориди	мг/л	до 1300
Сульфати	мг/л	до 3000
Залізо загальне	мг/л	до 200

Жорсткість загальна для оборотної води, що подається на промивання металовиробів після травлення і перед нанесенням покриттів хімічним способом (фосфатування, вапнування, міднення та ін.) не повинно перевищувати 35 мг-екв/л, оскільки частки сульфату кальцію є центрами конденсації вологи і можуть викликати пониження корозійної стійкості металовиробів.

Гранично-допустима концентрація хлорид-іонів 1300 мг/л, сульфат-іонів - до 3000 мг/л. При більшій концентрації сульфат-іонів знижується корозійна стійкість металу. За наявності у воді іонів кальцію може відбуватися загіпсовування поверхні металу. Уточнення меж по концентрації сульфіт-іона і іона кальцію рекомендується проводити експериментально або розрахунком розчинності.

Концентрація іонів заліза не повинна перевищувати 200 мг/л, оскільки при приготуванні технологічних розчинів на воді із вмістом більше 200 мг/л

заліза у фосфатних розчинах і при промиванні обмідненого дроту збільшується корозія мідного покриття [1].

Вирішальний показник при проектуванні циклів водопостачання для визначення виробничої потужності очисних споруд - загальна сума домішок або сухий залишок - до 500 мг/л. Вищий вміст домішок знижує якість промивки, зменшує корозійну стійкість металу.

У виробництві смугової і листової сталі (особливо жерсть) до якості води пред'являються підвищені вимоги. На корозію виробів впливає температура, pH і сольовий склад ПВ [5]. Чим вище температура, тим більше розчинність солей і повнота відмивання. Проте з температурою росте гідроліз солей заліза з випаданням в осад гідроокису і збільшується швидкість корозії. Після травлення металу потрібне промивання в холодній воді при температурі не вище 30-40° С або в теплій при 50-60° С. Якщо промивання здійснюють в дві ступені, то температура на низькому ступені може бути нижче (до 40-50°С). Коли вміст солей, а, отже, і небезпека корозії і відкладень, що утворилися при гідролізі гідроокису заліза, понижені, тобто на другому ступені, можливе промивання в гарячій воді при 80-90° С.

Щоб уникнути корозії металу середовище має бути нейтральним або лужним. Лужне середовище може бути створене шляхом додавання лугів, що не завжди допустимо, оскільки після сушки на металі залишаються солі. Крім того, в кислому середовищі повніше відбувається відмивання металу від іонів заліза. Тому ідеальною вважається нейтральна реакція середовища pH = 7÷7,5 з невеликими відхиленнями в основному убік вищих pH.

С точки зору корозії, важливий не стільки загальний солевміст, скільки співвідношення різних іонів, температура, pH, склад металу і стан його поверхні. У цих умовах неможливо дати загальні рекомендації, оскільки умови випробувань металу можуть коливатися в дуже широких межах.

Загальний солевміст лімітується в тих випадках, коли вимагається висока чистота поверхні металу (20 мг/м^2).

При корозійних дослідженнях низьковуглецевого металу після

солянокислого травлення НМетАУ встановлено, що граничний вміст солей складає 5 г/л при концентрації іонів хлору до 3 г/л [1].

При аналогічних дослідженнях легованої сталі Х18Н9Т, протравленої в сірчаній кислоті з додаванням куховарської солі і нітрату натрію, встановили, що допустима концентрація солей до 4-4,5 г/л при вмісті Cl^- і NO_3^- до 1 г/л, а SO_4^{2-} - до 3-3,5 г/л. Після вибілювання сталі і промивання її в чистішій воді (загальний солевміст до 1,5 г/л) корозійна стійкість підвищується.

1.2 Характеристика промивних стічних вод, що утворюються при травленні чорних металів

У процесі травлення металевих поверхонь утворюються стічні води, що містять значну кількість забруднювальних речовин, зокрема солі різних металів, наприклад сульфат заліза ($FeSO_4$). Хоча обсяг таких стоків є відносно невеликим і для одного травильного відділення становить близько 200-500 м³/рік, рівень їх забруднення залишається дуже високим. Очищення цих вод до нормативних вимог для скидання в каналізаційну систему або природні водойми є складним завданням. Ще більш проблематичним є їх повторне використання в замкнених системах водопостачання. Це пояснюється тим, що процес травлення потребує води високої якості, особливо щодо вмісту розчинених солей. Таким чином, такі виробництва одночасно є значними джерелами забруднення водних ресурсів і споживачами води з підвищеними вимогами до її якості.

При обробці поверхні металевих виробів, покритих окалиною і іржею, розчинами кислот (головним чином, сірчаною) утворюються стічні води двох видів - власне травлення чорних металів в травильних ваннах і промивання протравлених металевих виробів. Перші являються, найбільш концентрованими і скидаються періодично. На 1 т кислоти, що витрачається, виходить близько 10 м^3 розчинів, що відпрацювали, і від 100 до 400 м^3 промивних вод (в середньому 200 м^3). Промивні води поступають безперервно

з коефіцієнтом годинної нерівномірності 1,3-1,4 [7].

Склад промивних вод (ПВ) травильних відділень коливається ще значніше, ніж ОТР, оскільки він залежить не лише від складу робочого розчину, але і від технології промивання, а також складу і кількості початкової води, що подається на промивання. Крім того, ПВ після різних технологічних операцій часто змішують, а в систему каналізації іноді зливають і концентровані розчини. Усі ці чинники обумовлюють велику різноманітність хімічного складу і кількості ПВ як на різних заводах, так і в різний час на одному заводі.

Промивні води від обробки металу в сірчаній кислоті містять від 0,5 до 3 г/дм^3 кислоти. Кількість промивних вод від травильних відділень залежно від виду оброблюваних виробів коливається в широких межах і в середньому складає до 3 м^3 на 1 т обробленої (готовою) продукції. Загальний стік вод травильних відділень коливається залежно від виду оброблюваних виробів; так, при обробці листової сталі, стік складає 2,5-8,5 м^3/т, в трубних цехах - від 2 до 30 м^3/т; при обробці оцинкованих труб 20-50 м^3/т. Стік складається в середньому з 10-15 % відпрацьованих розчинів і 90-85 % промивних вод. Основними забрудненнями загального стоку є: зважені речовини до 0,4 г/дм^3; залізний купорос 5-30 г/дм^3 ; вільна сірчана кислота 0,5-1 г/дм^3; залізо 0,1-2 г/дм^3; окислюваність загального стоку 0,01-0,1 г/дм^3 O_2; pH води 4-8) [7]. Склад забруднень стічних вод, що утворюються при травленні чорних металів, приведений в таблицю. 1.3.

Таблиця 1.3 - Склад забруднень травильних стоків

Характеристика стічних вод	Промивна вода
Температура. °С	15-25
Зважені речовини, г/дм$_3$	0,1-0,4
Сульфати, г/дм$_3$	0,5-2,1
H_2SO_4, г/дм$_3$	0,3-1,1
Хлориди, г/дм$_3$	0,2-1,2
HCl, г/дм$_3$	0,1-0,9
Fe^{2+}, г/дм^3	0,1-1,5

1.3 Очищення промивних стічних вод травильних відділень цехів холодного прокату

При травленні металів різними кислотами утворюється велика кількість високомінералізованих відпрацьованих травильних розчинів і промивних вод. Для отримання товарної продукції і використання очищених вод (після їх доочистки) в системах оборотного водопостачання застосовується реагентна обробка таких стоків.

Як реагент для нейтралізації стічних вод, що містять кислоти, використовуються будь-які луги і їх солі (вапняк, доломіт, мармур, крейда, їдкий натр, їдке калі, вапно, магнезит, сода та ін.). Найбільш дешевим реагентом є гідроксид кальцію. Надійніший захист водоймищ від забруднень забезпечується при використанні технології нейтралізації за допомогою аміаку (аміачної води), оскільки в цьому випадку можлива нейтралізація не лише простих, але і складних по складу сірчанокислотних відпрацьованих травильних розчинів, що містять солі заліза, нікелю, кобальту, хрому, молібдену і інших металів.

1.3.1 Методи очищення промивних стічних вод травильних відділень

Промивні кислотні стічні води нейтралізуються вапняним молоком, після чого освітлюються у відстійниках. Шлам скидається в шламонакопичувачі або знешкоджується на фільтр-пресах. Освітлена вода використовується в технологічному циклі.

Під нейтралізацією часто розуміють будь-яке знешкодження стічних вод. У хімії нейтралізація - це реакція з утворенням води:

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O \qquad (1.6)$$

що має місце при взаємодії кислоти з основою. У поняття нейтралізації стічних вод травильних відділень входять знешкодження вільних кислот,

утворення малорозчинних продуктів і відділення їх від води.

У ПВ містяться вільні сірчана, соляна, азотна, плавикова, фосфорна кислоти і їх з'єднання з важкими металами - солі заліза, хрому, нікелю та ін. Для нейтралізації використовуються різні лужні реагенти: сода каустична, кальцинована; аміачна вода або аміак; з'єднання кальцію (вапно, вапняне молоко або вапняк), магнію (доломіт, магнезит); різні лужні стічні води; щелочные відходи хімічних, металургійних або інших виробництв, які містять ці ж компоненти (цементний пил, ферохромовий шлак та ін.). Застосування того або іншого нейтралізатора визначається умовами транспортування, вмістом в них розчинних компонентів та ін.

Лужні реагенти зручні тим, що їх легше транспортувати і дозувати. У разі застосування соди утворюється осад карбонатів важких металів, що легко віддає вологу. Проте сода і луг як реагенти дефіцитні і дороги, тому застосовують їх, як правило, тільки в невеликих кількостях або у вигляді відходів. Значно дешевше аміак, особливо як відхід коксо-хімічного виробництва, притому аміачні солі легко утилізувати як добриво. У зв'язку з цим аміак - перспективний реагент [8].

Нині найбільш поширені як реагенти з'єднання кальцію, головним чином у вигляді вапняного молока. Вапно важче дозується, а вапняк не повністю осаджує двовалентне залізо, оскільки він нерозчинний при pH > 7. В усіх випадках при взаємодії вільних кислот з активною частиною нейтралізаторів відбувається реакція (1.6) і утворюються солі, склад яких визначається складом початкового розчину і нейтралізатора (таблиця 1.4). З таблиці 1.4 видно, що усі солі натрію і амонію, а також хлориди і нітрати кальцію добре розчинні і при нейтралізації залишаються в розчині.

Найбільш поширений реагент - вапняне молоко - застосовують 5 - 10% по активному вапну. При розрахунку потрібності у вапні гуртуються на результатах експериментів, орієнтовно приймати "усереднене" вапно з 50% активністю. Дозу активного вапна приймають 105-110% по відношенню до стехіометричного [9].

Таблиця 1.4 - Солі, що утворюються при нейтралізації вільних кислот (г/100 г води)

Початкове з'єднання	Реагенти		
	$Ca(OH)_2$, CaO, $CaCO_3$	$NaOH$, Na_2CO_3	NH_4OH
H_2SO_4	$CaSO_4$ (0,2)	Na_2SO_4 (19,2)	$(NH_4)_2SO_4$ (75,4)
HCl	$CaCl_2$ (43)	$NaCl$ (36)	NH_4Cl (37,5)
HNO_3	$Ca(NO_3)_2$ (125)	$NaNO_3$ (87,6)	NH_4NO_3 (178)
HF	CaF_2 (0,002)	NaF (4,2)	NH_4F (82,6)
H_3PO_4	$Ca_3(PO_4)_2$ (0,0)	Na_3PO_4 (11,6)	$(NH_4)_3PO_4$ (20,3)

Примітка. У дужках вказані розчинності солей (г/100 г води).

Як правило, для нейтралізації застосовувати безвідходні схеми підготовки вапна, що знаходить освітлення води і обезводнення шламу. Застосування вапна високій активності і видалення неактивних її відходів застосовувати при утилізації продуктів нейтралізація. Рекомендується ступінь помелу домішок недопалу та ін. - 0,4-0,6 мм.

При використанні освітленої нейтралізованої води в обороті висока розчинність солей небажана, оскільки, швидко накопичуючись при повторному використанні води, солі роблять її непридатною для використання. Солі важких металів, що містяться в стічних водах, при нейтралізації вступають в реакцію подвійного обміну з утворенням такої ж солі, як і при нейтралізації відповідної вільної кислоти. При цьому другим продуктом обміну є малорозчинні луги типу $Me(OH)_2$.

Розчинність солей залежить від pH, температури і сольового складу води, що впливає на іонну силу і активність іонів. При нейтралізації лугами, окрім гідроокисів, часто в оса-док випадають ще менш розчинні основні солі загальної формули x $Me(OH)_2$ - yMeSO4 з сульфатних розчинів або x $Me(OH)_2$- yMeCl2 з хлоридних; x і y залежать від ряду чинників.

При нейтралізації солей важких металів содою випадають карбонати типу MeCO3. Внаслідок реакції гідролізу

$$CO_3^{2-} + H_2O = HCO_3^- + OH^- = CO_2 + 2OH^- \qquad (1.7)$$

утворюються основні карбонати виду x $Me(OH)_2$- yMeCO3. Гідроліз у разі тривалентних металів Fe^{3+}, Cr^{3+}, Al^{3+} йде настільки швидко, що осад практично складається з гідроокису (y = 0).

Теоретично повноту протікання реакції нейтралізації і зв'язування іонів важких металів в нерозчинні з’єднання можна підрахувати у кожному конкретному випадку, виходячи з твору розчинності і іонної сили. Практично залишковий зміст іонів може не відповідати розрахунковому зважаючи на ряд процесів окислення і гідролізу лужних солей, що важко враховуються, соосаждения, сорбції іонів осадом і т. д. [10].

Повнота зв'язування іонів важких металів найбільшою мірою залежить від pH. Розчинність гідроокисів хрому і, осо-бенно, цинку з підвищенням pH помітно збільшується.

Основним завданням при нейтралізації є виділення в осад тих, що утворилися при реакції малорозчинних з’єднань зважаючи на високу дисперсність часток і їх великої спорідненості до води.

Можливі три способи відділення дрібних зважених часток :

1. Фільтрування. Висока дисперсність часток практично виключає застосування цього методу для відділення гідрозакису заліза. Метод фільтрування нейтралізованих промивних вод запропонований для їх доочистки після гравітаційного освітлення. Але зважаючи на гіпсації фільтра із зернистим завантаженням цей спосіб не знайшов поширення. Фільтрування через пористу перегородку (тканинну) застосовується тільки при невеликій витраті стічних вод, головним чином при обезводненні осаду, що вже згущує. Фільтрування з використанням допоміжних речовин, широко вживане в хімічній промисловості, в практиці очищення нейтралізованих стічних вод не отримало поширення.

2. Флотація.

3. Осадження. Найбільш простий спосіб - осадження під дією сили тяжкості, складніший - в полі відцентрових сил (у відцентрових сепараторах, центрифугах). Сепараторів великої продуктивності з великим чинником розподілу не випускає промисловість, крім того, висока та, що обводнює осаду не дозволяє досить повно виробити розподіл. Тому нині основним методом освітлення води при осадженні є її відстоювання у відстійниках різних

конструкцій або в освітлювачах із зваженим шаром. У цих випадках структура часток, їх щільність і обводнює мають першочергове значення.

Головним завданням вдосконалення нейтралізації є відділення осаду від води, а також можливо повніше розділенням компонентів. Неповне випадання в осад фосфату, фториду і, головним чином, сульфату кальцію ускладнює цю задачу. З однієї сторони, кристалічні осади цих солей поліпшують обезводнення водянистих опадів гідроокисів, але, з іншого боку, одночасно забруднюють їх, ускладнюючи проблему утилізації. Неповне випадання цих з'єднань ускладнює і повторне використання очищеної води не лише із-за накопичення в ній певної кількості солей, але і у зв'язку із здатністю сульфату кальцію (і інших солей) утворювати щільні відкладення на комунікаціях і устаткуванні. Тому не менш важливим завданням нейтралізації є очищення освітленої води від розчинених солей, в першу чергу від солей, здатних давати відкладення).

У стічних водах травильних відділень залізо в основному присутнє у вигляді двовалентного іона. Як і інші іони важких металів, іон заліза у воді сильно гідратований, тобто оточений оболонкою з молекул води. При нейтралізації спершу утворюються гідроксіони типу $Fe(OH)+nH_2O$, потім ці іони полімеризуються (укрупнюються) і дегідратуються. Мікрочастка (агрегат) може мати аморфну будову, коли швидкість "злипання" перевищує швидкість орієнтації. У зворотному випадку агрегат має кристалічну будову. Зростання часток у разі нейтралізації загальмовується на стадії міцелоутворення, коли обкладені подвійним електричним шаром ядра, завдяки електричному заряду, зберігають тривалу стійкість. Під впливом надлишку іонів або інших причин може відбуватися руйнування шару іонів і злипання ядр - коагуляція.

Висока дисперсність часток гідроокису може бути пояснена загальновідомими закономірностями утворення нової фази.

Розмір рівноважного зародка нової фази тим менше, чим менше поверхнева енергія і чим більше міра пересичення, визначувана різницею

фактичної і рівноважною концентрацій. При малому пересиченні, наприклад при повільному додаванню реагенту, розміри рівноважних зародків більші, число їх невелике, відбувається зростання зародків, можна отримати великі кристали. При великих пересиченнях розміри зародків малі, число їх велике, уся речовина, що облягає, виділяється у вигляді первинних часток і зростання їх не відбувається. Поступово дисперсність може змінитися за рахунок розчинення найбільш дрібних нестійких часток і зростання більших. Рекристалізація (старіння) осаду йде повільно, оскільки пов'язана з дифузійними процесами.

Нині відомо, що при нейтралізації солей (Fe^{3+}) без доступу повітря утворюється аморфний гідрозакис заліза білого кольору, при старінні що переходить в кристалічну. У присутності невеликих кількостей кисню гідрозакис має зелений колір. Розрізняють аморфну і кристалічний $Fe(OH)_2$, проте умови їх освіти вивчені недостатньо.

Розчинність гідрозакису $Fe(OH)_2$ надзвичайно мала, пересичення велике, тому навіть при повільному додаванні реагенту або зміні умов нейтралізації за рахунок ультразвуку, магнітного або електричного поля або додавання ПАВ практично не вдається збільшити великість часток осаду більш ніж на 20-30%.

Швидкість осадження суспензії можна збільшити різними методами. Перспективне застосування синтетичних флокулянтів. Цей метод розроблений ще в 30-і роки XX сторіччя для очищення води від високодисперсної суспензії в різних галузях промисловості, у тому числі і у водопідготовці. Заснований він на здатності високомолекулярних речовин флокувати (укрупнювати) колоїдні частки.

Як флокулянта широке розповсюдження отримав поліакриламід (ПАА). Відомо також застосування ряду синтетичних флокулянтів різної хімічної природи [11].

При використанні ПАА для очищення промивних вод травильних відділень спостерігається прискорення освітлення. Проте ущільнення осідання і зменшення його об'єму при тривалому відстоюванні незначне.

Швидкість осадження суспензії можна збільшити також шляхом застосування "обважнювачів" [11] - часток з більшою щільністю і розмірами, чим частки гідрозакису, які механічно захоплюють або сорбували пластівці гідрозакису заліза, прискорюючи при цьому седиментацію і згущування осаду. Роль інертних часток грають нерозчинні домішки, що входять до складу нейтралізуючої речовини, - вапна низької активності, ферохромового шлаку, зольної пульпи, шламу газоочищень доменних, мартенівських і електросталеплавильних печей, шлаків, що саморозсипаються, відходів цементного виробництва та ін. Оскільки ці речовини містять значну кількість окислу кальцію, можливо частково або повністю виключити застосування вапна. При використанні речовин з пов'язаним окислом кальцію (у вигляді двохкальцієвого силікату у ферохромовому шлаку або карбонату кальцію), окрім захоплення і "обважнення" за рахунок інертних добавок, діє ефект "виникаючого реагенту". Поступова поява в розчині іонів OH^- і у зв'язку з цим зменшення швидкості утворення зародків призводить до збільшення розміру часток. Механізм дії обважнювачів вивчений недостатньо. Припускають, що тут мають місце чисто сорбційні процеси [13].

Деякі із запропонованих методів пройшли промислову перевірку, проте з ряду причин (складність транспортування, приготування і дозування великих кількостей реагентів, непостійність хімічного складу, збільшення змісту у воді розчинних компонентів та ін.) не знайшли широкого розповсюдження.

Для нейтралізації стічних вод передбачаються наступні пристрої: осереднювач, камера реакції, місткості для приготування і зберігання реагентів, дозувальні пристрої, прилади контролю і автоматичного управління процесом нейтралізації, пристрій для відбору проб, відстійник для освітлення очищених стічних вод, установка для обезводнення осаду (шламу).

При застосуванні схеми з отриманням ущільненого осаду, крім того, вимагається аератори-підігрівачі і місткості для дозрівання магнетиту.

Дозрівач передбачається для завершення утворення магнетиту з оксидів заліза. Як дозрівачі мають бути передбачені місткості, розраховані на 2-х

годинне перебування шламу з можливістю відбору відстояної води.

Перед вступом безпосередньо на очисні споруди промивні води повинні усереднюватися зважаючи на коливання складу. Об'єм усереднювача визначається відповідно до графіку припливу стічних вод, а також з урахуванням коливань в них концентрацій заліза. За відсутності даних про коливання концентрацій час перебування в усереднювачі приймати - 1,5-2 години.

Усереднювач виконують у вигляді залізобетонних секційних резервуарів з кислотостійким захистом. Перекриття виконується зі знімних елементів. Дно резервуару повинне мати ухил 0,1 – у бік приямка. Рекомендується подача води в 2-3 точки усереднювача. Має бути передбачена циркуляція води в них або перемішування і можливість очищення усереднювачів від механічних домішок.

Реактор проектують на час перебування стоків не менше 30 хвилин з подачею стічної води і вапняного молока знизу, відведенням води згори і механічною мішалкою, pH нейтралізації 8-9. Передбачають автоматичну подачу вапна і контроль pH.

Освітлення нейтралізованих промивних вод проводятьу відстійниках переважно - радіальних із збільшеною циліндричною частиною.

Транспортування нейтралізованих стічних вод до відстійників повинне здійснитися відкритими лотками. Відкладення з цих лотків повинні періодично віддалятися шкрябаннями без припинення подачі стоків на освітлення.

Розрахункові висхідні швидкості руху води в відстійниках приймають 0,1-0,4 мм/с залежно від вмісту заліза в стічних водах: чим більше в них заліза, тим менше швидкість висхідного потоку.

Тривалість перебування нейтралізованої стічної води у відстійниках має бути на менш 2 годин, а випуск шламу слід здійснювати періодично 1 раз у 24 години.

Для збільшення швидкості освітлення промивних вод, ущільнення

осаду, зменшення об'єму шламонакопичувача і покращення якості освітленої води рекомендується застосовувати нову технологію нейтралізації з отриманням ущільненого осаду - магнітною закись-окиси заліза Fe_3O_4 (магнетиту) в суміші з гіпсом.

З шламу ПВ магнетит утворюється при pH - 8,9, температурі 60-70°С і аерації до співвідношення Fe^{2+}: F^{3+}- 1:2 за 30-40 хв. З пониженням температури швидкість утворення магнетиту падає. Витрата стислого повітря для шламів ПВ складає 1 $нм^3$ на 1 кг заліза.

У присутності каталізаторів (азотна кислота, нітрати) швидкість окислення двовалентного заліза і утворення магнетиту зростає.

Для інтенсифікації освітлення ПВ і ущільнення осаду рекомендується отриманий шлам, що відстоявся, або магнетит в суміші з гіпсом використовувати як седиментант (обважнювач і флокулянт), подаючи його в голову процесу Орієнтовна доза магнетиту, як седиментанта 1:1 по відношенню до кількості заліза [12].

Іншим напрямом інтенсифікації очищення є зміна структури осаду шляхом продування його повітрям і перетворенням гідрозакису заліза в гідроокис. Прискорення седиментації відбувається при цьому повільно, проте залишковий вміст заліза, зважаючи на меншу розчинність гідроокису, ніж гідрозакиси, зменшується, знижується також і поглинання водою кисню.

НВО «Енергосталь» (Харків) за участю ряду організацій і заводів розробили і впровадили методи нейтралізації ПВ з отриманням ущільненого осаду в результаті перекладу його в кристалічний стан. Методи засновані на перетвореннчх різних форм кисневих з'єднань заліза [1].

Відомі різні модифікації окислу заліза. Найбільший інтерес представляють α-Fe_2O_3 - гематит і γ-Fe_2O_3 - маггемит. Цим окислам відповідають гідроокиси α-FeOOH - гетит і γ-FeOOH - лепидокрокит, що відрізняються між собою характером зв'язку іона водню з параметрами кристалічної решітки. При обезводненні гідроокиси переходять в окисли, причому найбільш стійкою формою є гематит α-Fe_2O_3, в який перетворюється

при нагріванні не лише а-гідроокис, але і маггемит. Проте ці перетворення відбуваються при порівняно високій температурі.

З гідрата закису заліза $Fe(OH)_2$ при невисокій температурі у водному середовищі може бути отримана не лише гідроокис FeOOH, але також і кристалічний закис-окисел заліза - магнетит Fe_3O_4, близький по структурі маггемиту. Магнетит широко розповсюджений в природі. Штучним шляхом його отримують як осадженням з розчинів солей двовалентного заліза з поступовим окисленням осаду, так і відновленням оксидів або гідрооксидів заліза, окисленням сульфідів заліза, окисленням металевого заліза або вюстита та ін. [7].

У практиці очищення стічних вод найбільше значення має отримання магнетиту окисленням осаду гідрозакису залоза, яка утворюється при нейтралізації залізовмісних розчинів. Проте механізм і кінетика цього процесу вивчені не досить.

Сумарний результат реакції, що не відбиває механізму процесу, можна виразити рівнянням реакції, аналогічній нейтралізації залізної кислоти FeOOH і залізистої луги $Fe(OH)_2$.

Можливо, що спочатку утворюється гідромагнетит, а дегідратація відбувається пізніше. Цей процес дуже складний і не може бути описаний жодним з відомих рівнянь. Його вивчення що при окисленні гідрозакису заліза ускладнюється ще і тим, одночасно протікає і реакція утворення магнетиту, а умови реакції (pH, температура, наявність домішок і т. д.) по різному впливають на ці дві реакції (рис. 1.4)[1, 7].

Процес пришвидшується у присутності каталізаторів. При роботі з промисловими розчинами іноді виявляється достатньою присутність в розчині іонів легуючих металів, що грають роль каталізатора. Ряд домішок, навпаки, чинять депресуючу дію.

Дисперсність і інші властивості ущільненого осаду опреде-ляли різними методами. Середній розмір великих часток 10-50 мкм, що видно з даних оптичного мікроскопування (таблиця 1.5).

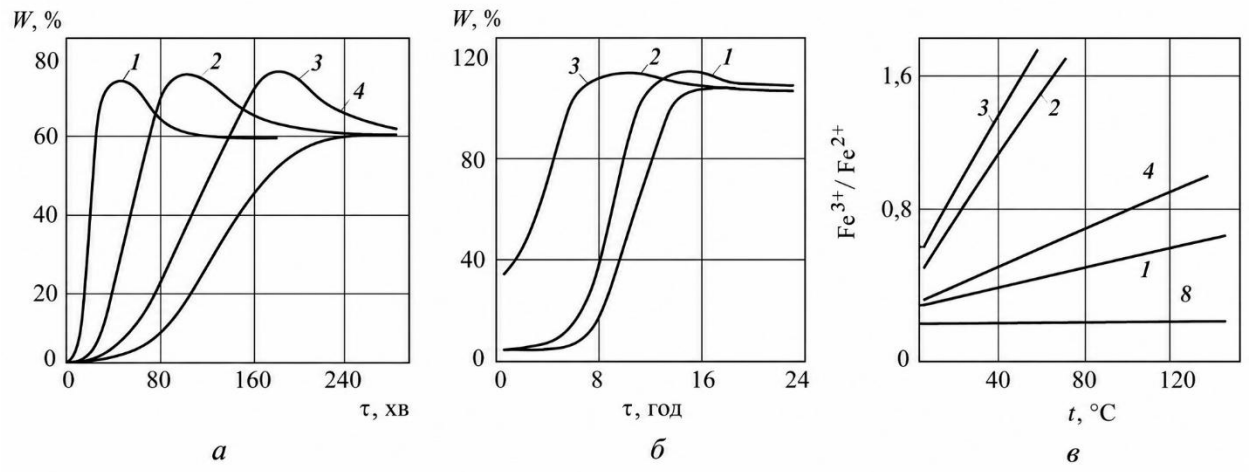


Рисунок 1.4 - Кінетика окислення гідрозакису заліза і утворення магнетиту :

а - температура 22,5°С, pH: 1 - 7,2; 2 - 8,6; 3 - 9,4; 4 - 10,1;
б - pH = 9,5, температура, °С: 1 - 40; 2 - 50; 3 -60; в - pH = 9,5;
1 - NaNO3/FeSO4 = 1:450 при 60° С; 2 - те ж, при 78° 3;
3 - NaNO3/FeSO4 =1 : 45 при 75° С; 4 - те ж, при 80º С

Таблиця 1.5 - Розміри часток магнетиту, мкм

Дані оптичного мікроскопування		Дані фотометрування швидкості осадження	
розміри	кількість, %	розміри	кількість, %
До 1	19,2	До 0,2	52
2-10	28,9	0,2-0,3	3
11-50	32,8	0,3-0,5	17
51-100	12,6	0,5-0,8	27,6
101-200	5,7	0,0,8-1	0,3
201-300	0,6	Більше 1	0,1
Більше 300	0,2		

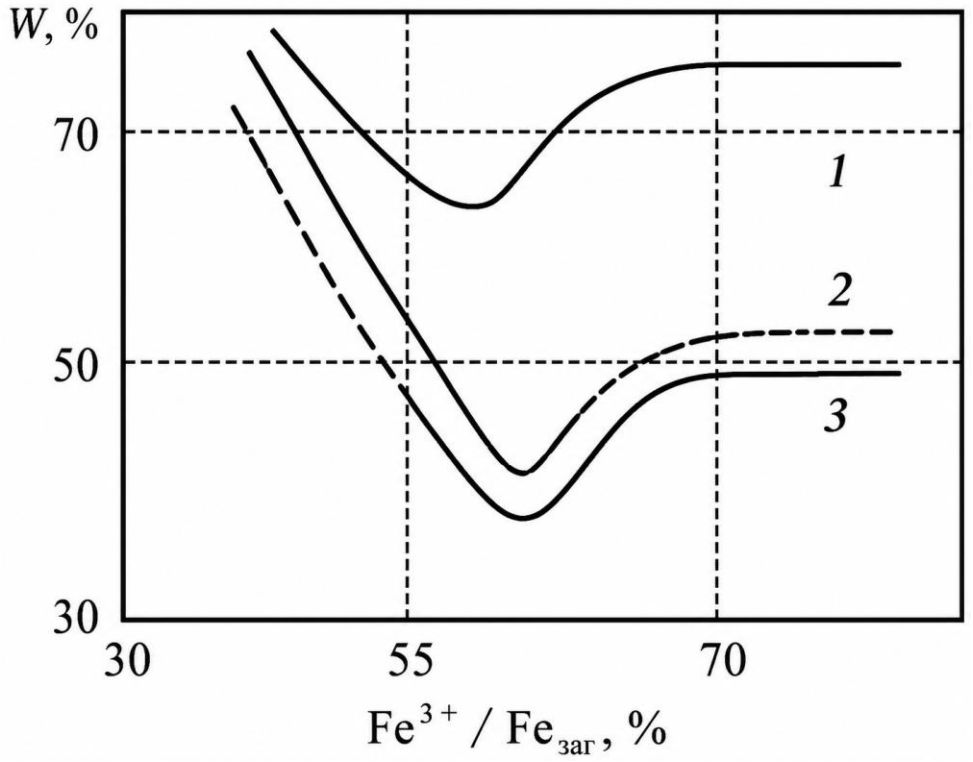
При руйнуванні агрегатів за допомогою ультразвуку і фотометричному визначенні швидкості седиментації часток середні розміри виявилися нижче, ніж при мікроскопуванні (див. табл. 1.5), причому розміри часток залежать від наявності домішок в стічних водах.

При електронному мікроскопуванні розміри агрегатів ще більш дрібні: 0,02-0,04 мкм.

Продукт, отриманий шляхом аерації гідрозакису заліза, за даними рентгенографії, практично повністю ідентичний з природнім магнетитом. По

магнітній сприйнятливості штучний препарат в деяких випадках навіть перевершував природний.

Наявність магнітних властивостей дозволяє застосувати методи магнитного обезводнення осаду. Ефективність застосування магнитних методів залежить від ряду чинників, в першу чергу від величини магнітних характеристик осаду. На ці властивості впливають умови отримання магнетиту, головним чином співвідношення $Fe^{3+}/Fe_{заг}$ в зразку. Аналогічний екстремум був наявний і при вивченні об'єму осаду і його вологості, причому характер кривих вологість-склад, як при відстоюванні, так і при центрифугуванні і фільтруванні приблизно співпадає (рис. 1.5) [9].



1 - 2-год відстоюванням; 2 - центрифугуванням;
3 - фільтруванням на воронці Бюхнера
Рисунок 1.5 - Вологість ущільненого осаду після обезводнення, %;

Наявність екстремуму магнітних властивостей і щільності осаду при стехіометричному співвідношенні можна пояснити тим, що найкращі умови зростання кристалів магнетиту відповідають саме цьому складу [10]. Це має практичне значення при механічному обезводненні осаду, структура якого

визначає фільтрованість. Її можна характеризувати величиною питомого опору, см/г [10], яке особливо велике при фільтруванні гідрозакисі заліза (шлам промивних вод), а у присутності гіпсу і отриманні ущільненого осаду знижується:

Шлам нейтралізованих промивних вод .	$125 \cdot 10^{10}$
Суміш шламів ПВ і ВТР	$8{,}4 \cdot 10^{10}$
Те ж, при переробці на магнетит	$1{,}2 \cdot 10^{10}$

На питомий опір і продуктивність фільтруючого устаткування впливає концентрація твердих часток C_0 в пульпі, а також ступінь перетворення гідрозакису заліза в магнетит А (при стехіометричному співвідношенні Fe^{3+} : Fe^{2+} = 2:1, N = 100%).

Нижче приведені дані [11], отримані при фільтруванні на лабораторній воронці з тканиною "бельтинг" при тиску 4 ат. (W, - вологість кека; r_0 - питомий опір; q - продуктивність фільтр-преса)

N, %	С0, г/л	W. %	$r_o \cdot 10^{10}$, см/г	q, кг/(м^2, рік)
48	24	53,7	15	8,8
48	64	57,7	12	14
70	26	59	4	8
70	47	52	6	18
80	30	44	4	15
80	73	52	4	31
93	30	44	4	16
93	67	44	4	28

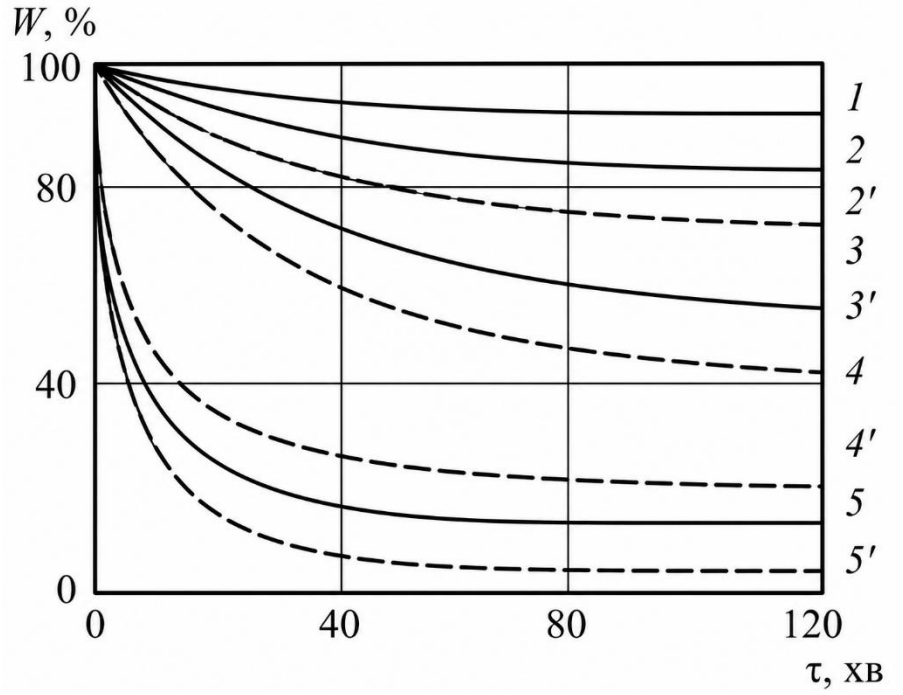
Таким чином, якість магнетиту і концентрація твердих часток різко впливають на продуктивність фільтру і вологість кеку.

При повнішому перекладі гідрозакису заліза в магнетит збільшуються магнітні властивості магнетиту і щільність часток. Штучний магнетит мав масу 4-4,5 г/см^3, тоді як гідроокис заліза близько 3 г/см^3.

Велика (у 1,5 разу) щільність і більші розміри часток і обумовлюють прискорення процесів седиментації, ущільнення і обезводнення осаду.

Об'єм осаду, що утворюється, залежить від концентрації заліза в початковому розчині і від часу. На рис. 1.6 показана кінетика відстоювання

шламу звичайного і переробленого на магнетит при вапняній нейтралізації, а на рис. 1.7 - вологість змішаних осадів залежно від співвідношення магнетиту і гидрозакису залоза після тривалого відстоювання (35 діб)[1, 7].



1, 1' - 85,5; 2, 2' - 67,5; 3, 3' - 46,9; 4, 4 '- 8,1; 5, 5' - 1, 5

Рисунок 1.6 - Освітлення звичайного (1 - 5) і ущільненого (1' - 5') осаду при початковій концентрації FeSO4, г/л :
1 - натуральних стоків; 2 - з штучно приготованих розчинів

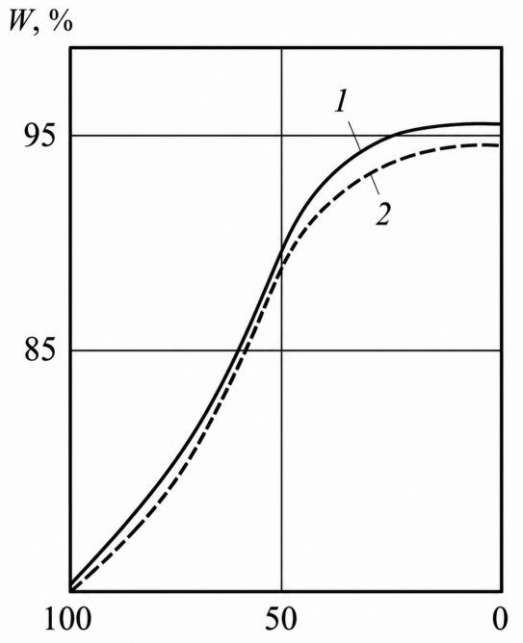


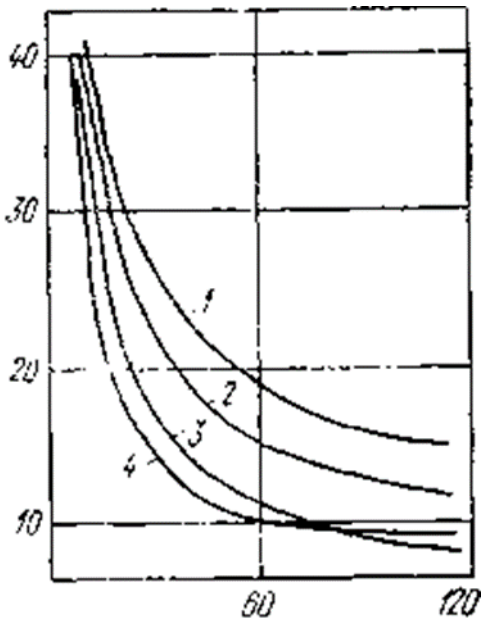
Рисунок 1.7 - Вологість шламу залежно від кількості в нім ущільненого осаду

У усіх випадках об'єм магнетиту з гіпсом менший, ніж гіпсу і гідрозакису. Переклад шламу в магнетит не лише зменшує об'єм осаду, але і покращує якість освітленої води.

Повне осадження іона Fe^{2+} відбувається при порівняно високих pH, тому при нейтралізації до pH = 8 в розчині ще залишається значна кількість $FeSO_4$.

Підкислення розчину призводить до розчинення осаду. Так, в розчині, нейтралізованому до pH = 8,1, вміст $Fe_{заг}$ перевищувало 100 мг/л і через 10 діб досягало 200 мг/л при зниженні pH. У воді над шламом, переведеним у магнетит, вміст заліза склав 1 мг/л. При обстеженні шламонакопчувача одного із заводів встановлено також, що, незважаючи на повну нейтралізацію перед скиданням до pH = 8, в шламонакопичувачі завжди міститься понад 1 г/л заліза.

Поліпшення якості води і зменшення об'єму осаду відбувається не лише при повному перекладі осаду в магнетит, але і вже під час переходу частини осаду гідрозакису заліза в гідроокис FeOOH і змішенні окисленою і неокисленою частин. Змішаний осад при цьому поступово, навіть без нагріву, перетворюється на магнетит [7]. Ущільнення осаду відбувається і при смешива-нии осаду гідрата з магнетитом (див. рис. 1.8). Цей ефект залежить від дози магнетиту, pH і інших умов. Він пояснюється дією магнетиту як обважнювача (щільність магнетиту в 1,5 разу вище, ніж гідрозакису заліза), а також взаємною коагуляцією і флокуляцією часток, що мають різний електричний заряд поверхні. Гідравлічна крупність суміші наближається до крупності магнетиту: 83% часток має крупність більше 0,8 мм/с, менше 1% - нижче 0,2 мм/с. За наявності домішок гідравлічна крупність знижується. На кінетику освітлення змішаної суспензії впливає, окрім інших умов, співвідношення кількості доданого магнетиту і гідрозакису. Оптимальним являється співвідношення 1:1, проте відхилення в обидві сторони не сильно позначається на кінетиці освітлення (рис. 1.8).



1 - без добавок; 2 - М: Г = = 1:2; 3 - М: Г - 1: 1; 4 - М ; Г = 2: 1
Рисунок 1.8 - Вплив кількості доданого магнетиту (М) до гідроокисного осаду (Г) на кінетику освітлення

При використанні магнетиту як седиментанта (обтяжувача і флокулянта), виходячи з мінімального об'єму шламу у відстійнику, слід застосовувати його в такій же масі, як і гидрозакису. Це зручно і при дозуванні: у такому разі увесь отриманий магнетит досить розділити на два рівні потоки, одні з яких повертається на те, що обважнює.

Основні показники очищення стічних вод при звичайній нейтралізації і з отриманням ущільненого осаду приведені у таблиці 1.6 [11].

Таблиця 1.6 - Показники очищення стічних вод

Показники	При звичайній нейтралізації	При нейтралізації з отриманням магнетиту
Вологість осаду після 2-х годинного відстоювання, %		
- з відстійників	98-99	94-96
- з дозрівачів	-	90-92
Вологість осіду після 30-ти добового відстоювання, %	90-94	70-75
Щільність осаду до сухої речовини, г/см^3	2,5-3	4,0-4,5
Питомий опір шламу при фільтруванні, см/г	(60 - 120) 10^{10}	(1-10)10^{10}

Показники	При звичайній нейтралізації	При нейтралізації з отриманням магнетиту
Питома продуктивність фільтр-пресу, кг/м^2.годину	3-4	8-10
Концентрація, мг/л :		
з'єднань заліза над шламом в накопичувачі	більше 1000	сліди
іонів кальцію в освітленій воді	1000-1200	650-750
Вміст зважених речовин у воді через 30 хв, мг/л	0,1	0,1

95-98% коагульованого магнетиту має гідравлічну крупність понад 0,4 мм/с, крупність окремих кристалів складає 0,01-0,1 мкм. Магнітна сприйнятливість магнетиту $1\text{-}2\cdot10^{10}$ г⁄см

Методи інтенсифікації очищення стічних віл за рахунок отримання ущільненого осаду можуть здійснюватися в різних варіантах: отримання ущільненого осаду безпосередньо з промивних вод, зі шламу ПВ, з суміші шламу ПВ і ВТР та ін. Вибір конкретної технології залежить від місцевих умов і техніко-економічних показників.

Найбільш проста технологічна схема спільної переробки ВТР і ПВ. Метод застосовується, коли концентрація сульфату заліза в стоках вища за 10-20 г/л (при каскадному промиванні).

При великому об'ємі освітленої воли - переробляють спільно з ОТР і шлам ПВ. Цю ж схему застосовують коли освітлення здійснюється методом флотації.

При великому вмісті домішок, що заважають отриманню магнетиту з шламу ПВ, - переробляють ОТР з отриманням суміші магнетиту і гіпсу при використанні ущільненого осаду як седиментанту для освітлення ПВ

Якщо ВТР не підлягає нейтралізації, то як седиментант використовують магнетит, що утворюється з шламу промивних вод. Схему з рециркуляцією магнетиту застосовувати при вмісті двовалентного заліза в ПВ не нижче 40-50% і невеликій кількості домішок.

При температурі нижче 30°С (при недостатньому нагріві або його

відсутності) утворення магнетиту відбувається повільно. Для запобігання повному окисленню заліза при аерації осаду (небезпека такого переокислення зростає зі зниженням температури і з підвищенням pH) - застосовувують розподіл нейтралізованих стічних вод на два потоки, з аерацією і повним окисленням заліза в одному з них і наступним змішуванням обох потоків для утворення магнетиту.

При неможливості або економічною недоцільністю використання магнетиту, як седиментанта, рекомендується застосовувати синтетичні флокулянти, поліакриламід (ПАА) та ін. при дозі 3-4 мг/л.

Для повнішого захисту середовища рекомендується застосовувати механічне обезводнення шламу. Складування незневодненного шламу допускається лише у виняткових випадках.

Ущільнений шлам після вапняної нейтралізації по узгодженню з будівельними організаціями використовується, як сировина для отримання гіпсу, гипсоцементпуццоланового в’яжучого і легких бетонів на його основі, активатора тверднення доменного шлаку, пігменту для фарбування силікатної цеглини.

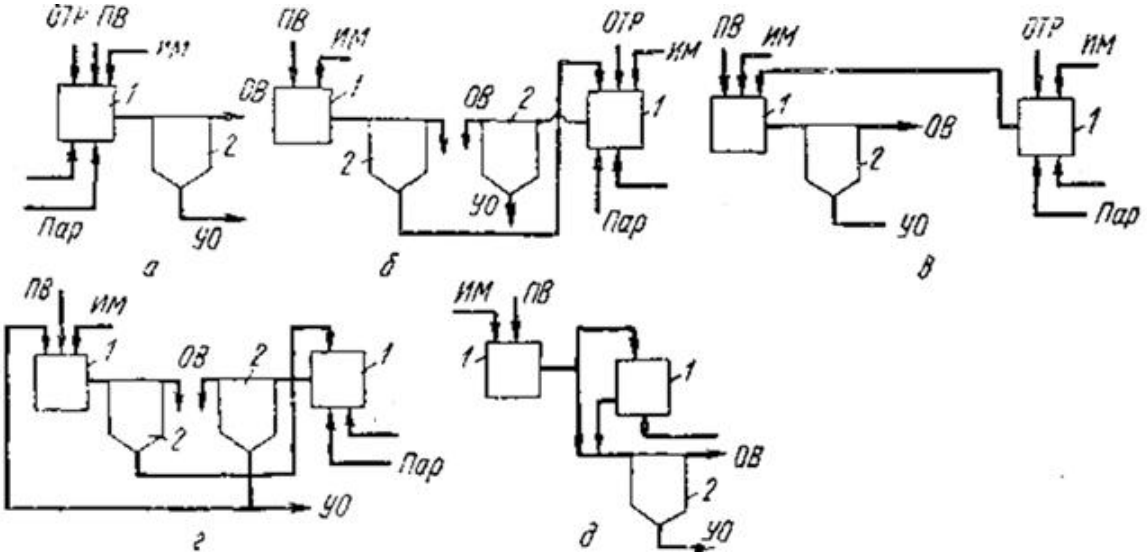
До теперішнього часу запроектовані, пройшли промислову перевірку, а також впроваджені різні технологічні схеми нейтралізації залізовмісних стічних вод з отриманням ущільненого осаду. Вибір схем (рис. 1.9) залежить від складу, концентрації, витрати стічних вод і ряду інших умов.

Найбільш простій являється технологічна схема сумісної переробки ВТР і ПВ. Цей метод доцільно застосовувати, коли концентрація сульфату заліза в стоках вище за 10-20 г/л (при каскадному промиванні) і освітлення таких стоків в відстійниках практично не відбувається [12].

Якщо об'єм освітленої води великої, доцільно використовувати технологічну схему спільної переробки ВТР і шламу ПВ. Цю схему застосовують також в тих випадках, коли освітлення ПВ здійснюється методом флотації.

Переробка ВТР можлива з отриманням суміші магнетиту і гіпсу при

використанні ущільненого осаду як седиментанту для освітлення ПВ. Ця схема доцільна в тих випадках, коли вміст домішок, що заважають отриманню магнетиту з шламу ПВ, великий. Якщо ВТР нейтралізації не підлягає, то як седиментант можна використовувати магнетит, отриманий з шламу промивних вод. Така схема з рециркуляцією магнетиту прийнятна, якщо вміст двовалентного заліза в ПВ не нижче 40-50%, а маса шкідливих домішок невелика.



а - спільна переробка ВТР і ПВ; б - переробка ВТР спільно з шламом;
в - переробка ОТР з використанням ущільненого осаду як седнментанта;
г - переробка шламу ПВ з рециркуляцією; д - переробка з розподілом потоку;
1 - реактор; 2 - відстійник (згущувач);
ИМ - вапняне молоко; УО - ущільнений осад
Рисунок 1.9 - Принципова схема установки для вапняної нейтралізації стічних вод з отриманням ущільненого осаду

Якщо температура шламу не перевищує 30° С (при недостатньому нагріві або його відсутності), то утворення магнетиту відбувається повільно, осад ущільнюється погано, і його рециркуляція в цих випадках опиняється недоцільною. Для запобігання повному окисленню заліза при аерації осаду (небезпечність такого переокислення зростає з пониженням температури і з підвищенням pH) може застосовуватися розподіл нейтралізованих стічних вод на два потоки, з аерацією і повним окисленням заліза в одному з них і наступним змішуванням обох потоків для утворення магнетиту [7]. Вказані

схеми можна комбінувати [1].

Вологість осаду, отриманого при переробці промивних вод за новим способом, складає 90-92%. Шлам може направлятися на механічне обезводнення або скидатися в шламонакопчувач. В'язкість ущільненого осаду в 2-3 рази нижча, ніж гідрата, що дозволяє його легко транспортувати по трубах навіть після згущування. Термін служби шламонакопичувача зріс у декілька разів, якість води над шламом покращилась. Продуктивність фільтрування навіть без вторинного згущування також зросла в 2-2,5 рази, кількість фільтр-пресів, що знаходяться в експлуатації, відповідно скоротилася, а вологість кеку знизилася настільки, що з'явилася можливість його транспортувати і утилізувати без наступної сушки [7].

Стічні води після нейтралізації і відділення гідроокисів можна скидати у водоймища і каналізацію за умови дотримання екологічних нормативів. За відсутності такої можливості очищені промивні води мають бути повторно використані або в тому ж виробництві, або на інші потреби заводу.

При цьому залежно від складу стоків потрібне передбачати різні методи обробки : стабілізацію, термопом’якщання, часткове або повне знесолювання, або поєднання цих методів.

1.3.2 Утилізація шламу

Можливість утилізації шламу обумовлюється в першу чергу його вологістю і хімічним составом, який залежить від співвідношення в стічних водах вільної кислоти і $FeSO_4$, наявність в них домішок легуючих компонентів, а також якості вапна. На фазовий склад шламу, крім того, впливає міра перекладу гідрозакису заліза в магнетит та ін. В середньому можна прийняти, що шлам складається наполовину з магнетиту, решта - гіпс і домішки. Такий склад обумовлює можливі шляхи утилізації шламу як речовини, що містить залізо і гіпс. Оскільки розподіл на ці компоненти пов'язаний з великими труднощами, вивчали можливість утилізації шламу без

розподілу, зокрема у виробництві будівельних матеріалів, а також для фарбування силікатної цегли і будівельних розчинів.

Один з таких напрямків - фарбування силікатної цеглини шляхом введення в нього хромофорів. Перше місце у ряді хромофорів природних мінералів належить залізу. Іон заліза надає мінералам інтенсивні червоний, бурий, жовтий кольори. Фізико-хімічна суть кольорування силікатних матеріалів оксидами заліза полягає в утворенні гідроферитів кальцію, які потім руйнуються з виділенням гематиту, що надає колір виробу [7].

Гіпс, що міститься в шламі, при автоклавній переробці переходить в моногідрат, а потім поглинає воду. Це може вплинути на водопоглинанні і морозостійкості виробу, так що кількість шламу, що вводиться, має бути обмежена.

Введення до складу вапняно-піщаної шихти до 5% підсушеного при 200^{o}С шламу надає запареним зразкам забарвлення різних відтінків, при цьому межа міцності майже не знижується.

Окрім цього, позитивні результати були отримані і при використанні шламів як пігменту для будівельних розчинів.

Застосування шламу як добавки до гіпсової сировини може дозволити відмовитися від вивезення шламу у відвал, і тим самим виключити забруднення середовища, а також отримати деякий прибуток.

1.3.3 Оборотне водопостачання травильних відділень і методи запобігання утворенню гіпсових відкладень

Можливість використання нейтралізованих освітлених промивних вод в оборотному водопостачанні визначається сольовим складом н вимогою до якості повторно використовуваної води.

Вміст в оборотній воді розчинних компонентів визначається з рівняння матеріального балансу.

При вступі в систему солей, які частково випадають в осад при

нейтралізації (при утворенні сульфату кальцію) в баланс вводиться додаток, що є концентрацією цього компонента в оборотній воді. Величина цієї концентрації за порогом розчинності з урахуванням іонної сили розчину.

Здатність сульфату кальцію утворювати пересичені розчини призводить до утворення в оборотних системах нейтралізованих промивних вод гіпсових відкладень.

Видаляти відкладення, що утворилися, складно, тому необхідно запобігати їх освіті рекомендованими методами:

- Змінювати умови кристалізації та межі розділу вода-стінка збільшенням швидкості потоку, вібрацією стінок, електрохімічним захистом стінок, підбором матеріалів, на яких відкладення не утворюються.

- Змінювати умови кристалізації в товщі води електромагнітною обробкою вода, введенням у воду стабілізуючих добавок. Концентрації кальцій- і сульфат- іонів при цьому не змінюються.

- Знижувати концентрацію іонів кальцію, сульфат- іонів або тих і інших:

а) шляхом термопом’якшання, тобто нагріву усій вода або її частини до температури, що забезпечує високу швидкість висаджування сульфату кальцію і його низький залишковий вміст;

б) шляхом введення зернистих і активних приманок, отриманих тим або іншим способом. Рекомендується отримувати приманки на основі гіпсу в суміші з магнетитом з ВТР. Присутність магнетиту прискорює висадження сульфату кальцію.

2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок усереднювача промивних стічних вод

Для забезпечення ефективного функціонування станції нейтралізації необхідно здійснювати змішування та усереднення стічних вод, що надходять, як за концентрацією забруднювальних речовин, так і за витратою. Тип усереднювача обирається залежно від вимог до стабілізації зазначених параметрів.

У разі усереднення стічних вод за концентрацією забруднень об’єм усереднювача визначають з урахуванням інтенсивності надходження стоків та амплітуди коливань концентрацій забруднювальних компонентів. При усередненні за витратою необхідний об’єм споруди розраховується на основі графіка притоку стічних вод протягом визначеного проміжку часу (години або доби) та заданого ступеня вирівнювання витрати.

Стабілізація витрати та концентрації забруднень дає змогу виконувати розрахунок наступних етапів очищення не за максимальними значеннями параметрів потоку, а за їх усередненими величинами, що сприяє оптимізації роботи очисних споруд.

Вибір найбільш доцільної схеми усереднення та визначення об’єму усереднювача здійснюються на підставі даних про характер зміни параметрів вхідного потоку, його витрату, а також вимог до допустимих коливань показників стічних вод на виході зі споруди. Як правило, такі вимоги встановлюються відповідно до максимально допустимих значень параметрів, які визначаються з урахуванням особливостей подальших стадій очищення та мають перевищувати їх середні значення.

Об’єм усереднювачів визначають на підставі розрахунків, виконаних відповідно до графіка надходження стічних вод на станцію нейтралізації. Отримані результати розрахунку наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку регулювального об'єму усереднювача промивних стічних вод

Години доби	Подача в усереднювач *qt, м³/год*	Витрата після усереднювання *qex, м³/год*	Вступ в ємність *Aqi,m3*	Витрата з ємкості *Aqi, м³*	Залишок в ємкості *AWi, м³*
0-1	86,00	38,00	48,00		151,00
1-2	85,00	38,00	47,00		199,00
2-3		38,00		37,00	162,00
3-4	45,00	38,00	7,00		169,00
4-5		38,00		37,00	132,00
5-6	54,00	38,00	16,00		148,00
6-7	54,00	38,00	16,00		165,00
7-8		38,00		37,00	127,00
8-9	54,00	38,00	16,00		144,00
9-10	45,00	38,00	7,00		152,00
10-11		38,00		37,00	114,00
11-12		38,00		37,00	77,00
12-13	40,00	38,00	2,00		79,00
13-14	105,00	38,00	67,00		147,00
14-15	40,00	38,00	2,00		150,00
15-16		38,00		37,00	112,00
16-17		38,00		37,00	75,00
17-18	80,00	38,00	42,00		117,00
18-19		38,00		37,00	80,00
19-20		38,00		37,00	43,00
20-21	90,00	38,00	52,00		95,00
21-22		38,00		37,00	58,00
22-23	54,00	38,00	16,00		74,00
23-24		38,00		37,00	37,00
0-1		38,00		37,00	0,00
1-2	100,00	38,00	62,00		62,00
2-3		38,00		37,00	25,00
3-4	100,00	38,00	62,00		87,00
4-5		38,00		37,00	50,00
5-6		38,00		37,00	12,00
6-7	109,00	38,00	71,00		84,00
7-8		38,00		37,00	47,00
8-9		38,00		37,00	9,00
9-10	180,00	38,00	142,00		152,00
10-11	0,50	38,00		36,00	115,00
11-12	0,50	38,00		3600	78,00
12-13	54,00	38,00	16,00		95,00
13-14	0,50	38,00		36,00	58,00

Години доби	Подача в усереднювач *qt, м³/год*	Витрата після усереднювання *qex, м³/год*	Вступ в ємність *Aqi,m3*	Витрата з ємкості *Aqi, м³*	Залишок в ємкості *AWi, м³*
14-15	80,00	38,00	42,00		100,00
15-16		38,00		37,00	63,00
16-17	45,00	38,00	7,00		70,00
17-18	45,00	38,00	7,00		78,00
18-19		38,00		37,00	41,00
19-20	45,00	38,00	7,00		48,00
20-21	45,00	38,00	7,00		56,00
21-22		38,00		37,00	18,00
22-23	99,00	38,00	61,00		80,00
23-24		38,00		37,00	43,00
0-1	85,00	38,00	47,00		90,00
1-2		38,00		37,00	53,00
2-3	110,00	38,00	72,00		125,00
3-4		38,00		37,00	88,00
4-5		38,00		37,00	51,00
5-6		38,00		37,00	13,00
6-7	90,00	38,00	52,00		66,00
7-8		38,00		37,00	28,00
8-9	85,00	38,00	47,00		76,00
9-10	50,00	38,00	12,00		88,00
10-11	45,00	38,00	7,00		96,00
11-12	40,00	38,00	2,00		99,00
12-13	45,00	38,00	7,00		106,00
13-14	90,00	38,00	52,00		159,00
14-15		38,00		37,00	121,00
15-16	54,00	38,00	16,00		138,00
16-17	50,00	38,00	12,00		151,00
17-18		38,00		37,00	113,00
18-19	80,00	38,00	42,00		156,00
19-20		38,00		37,00	118,00
20-21	45,00	38,00	7,00		126,00
21-22		38,00		37,00	89,00
22-23	90,00	38,00	52,00		141,00
23-24		38,00		37,00	104,00

2.2 Розрахунок кількості кислоти, яку необхідно нейтралізувати

Вихідні дані для розрахунків:

Річний обсяг промивних стічних вод травильного відділення у прокатному виробництві становить 330000 м³/рік, що відповідає середньодобовій витраті близько 38 м³/год.

Подача стічних вод на установку нейтралізації здійснюється нерівномірно та характеризується періодичним режимом надходження.

Маса сірчаної кислоти $M=C_{H2SO4}\cdot Q_{CB}=4{,}74\cdot 38{,}00=180$ кг/год.

Дозу вапна знаходимо з реакцій нейтралізації:

-із сірчаною кислотою:

$$\underset{98}{H_2SO_4} + \underset{56}{CaO} = \underset{136}{CaSO_4} + \underset{18}{H_2O}, \qquad (2.1)$$

- сульфатом заліза:

$$\underset{152}{FeSO_4} + \underset{56}{CaO} + \underset{18}{H_2O} = \underset{136}{CaSO_4} + \underset{90}{Fe(OH)_2}. \qquad (2.2)$$

$$X_1 = \frac{1\cdot 56}{98} = 0{,}6 \text{ г/л (CaO);}$$

$$X_2 = \frac{30\cdot 56}{152} = 11{,}0 \text{ г/л (CaO)}$$

Доза вапна з 10% запасом: $Д_в = 1{,}1\cdot(X_1 + X_2) = 1{,}1\cdot(0{,}6 + 11) = 12{,}8$ г/л=12800 г/м³.

Витрата вапна:

$$G_в = Д_в \cdot Q = 12800\cdot 38 = 486400 \text{ г/год} = 486{,}4 \text{ кг/год} = 0{,}5 \text{ т/год} \qquad (2.3)$$

2.3 Реагентне господарство для приготування вапняного молока

Приготування і дозування вапняного молока в нейтрали-зуемую стічну воду виробляються в реагентному господарстві. Там же зберігається поточний запас вапна.

Склад негашеного вапна розташовують при станції нейтралізації в окремому неопалювальному приміщенні або прибудові до станції з дерев'яною або бетонною підлогою для оберігання вапна від вогкості. Площу складу розраховують на 30-денний запас вапна; зберігають її в штабелях заввишки не більше 2 м [14].

Гасіння здійснюють в спеціальних гасильних апаратах, встановлених в ізольованому приміщенні.

На станціях нейтралізації великої продуктивності гасіння вапна і приготування вапняного молока рекомендується виробляти в безвідходних вапногасильних апаратах (кульовий млин з класифікатором або термомеханічна вапногасильна машина конструкції Полякова і Руссола).

Для вапняного молока має бути не менше двох баків, з яких один знаходиться в роботі, а в іншому готують рабочий розчин з концентрацією 5-10% (по активному окислу кальцію). Другий бак включають в роботу після витрачення утримуваного першого бака. У баках передбачені механічні пропелерні або лопатеві мішалки з вертикальною віссю обертання для безперервного взмулювання вапняного молока, швидкість обертання мішалки не менше 40 про/мін, іноді взмулювання виробляється шляхом рециркуляції молока. У робочому баку мішалки працюють при подачі вапняного молока на нейтралізацію, в іншому - під час наповнення його вапняним молоком і ще протягом півгодини потім наповнення. Мішалки включають в роботу не менше чим за 0,5 год до початку подачі молока на нейтралізацію.

Іноді вапняне молоко взмулюють стислим повітрям (барботуванням). При цьому частина вапна переходить у вуглекислий кальцій, що утрудняє дозування, тому такий спосіб взмулювання застосовувати не рекомендується.

Розміри баків для вапняного молока визначають, виходячи з умови, щоб місткість одного бака відповідала 4-8 годинній витраті вапняного молока з концентрацією до 50 г/л [15].

Реагент в стічну воду, що нейтралізується, подають автоматичним - дозатором, що забезпечує надійність і безперервність нейтралізації (автоматичний дозатор включає насос-дозатор, зблокований з автоматичним pH -метром, таровану насадку з постійним натиском і т. п.).

Вапняне молоко змішується із стічною водою, що нейтралізується, в змішувачі, що є баком, розрахованим на 5-мин перебування води в нім; бак забезпечений лопатевою мішалкою із швидкістю обертання 28-30 об/хв [14].

Для зберігання вапна і інших реагентів необхідний склад, розрахований на 30-ти добовий запас. Склади повинні примикати до приміщення, де встановлені баки для приготування розчинів реагентів.

Площа складу для сухого зберігання вапна, м^2 [15]:

$$F_{скл} = \frac{Q \cdot D \cdot T \cdot \alpha}{10000 \cdot P_C \cdot \gamma \cdot h} = \frac{38 \cdot 12800 \cdot 720 \cdot 1{,}15}{10000 \cdot 70 \cdot 2{,}7 \cdot 1{,}5} = 142, \quad (2.4)$$

де Q - витрата стічної води, м^3/год;

D - розрахункова доза реагенту, г/м^3;

T - тривалість зберігання реагенту, T=30 сут=720 год;

α - коефіцієнт для обліку додаткової площі, рівний 1,15;

γ - об'ємна маса реагенту, γ=2,7 т/м^3;

P_C - вміст вапна в сухому продукті, P_C=50 %;

h - допустима висота шару реагенту на складі для вапна - 1,5 м.

З метою приготування вапняного молока мають бути запроектовані: пристрої для гасіння вапна, баки для приготування вапняного молока.

Вапно гасять у вапногасилках, в які на 1 т товарного продукту подають 7...10 м^3 води.

Масову витрату вапна визначають:

$$G_{ВАП} = D_{ВАП} \cdot Q_{св} = 12800 \cdot 38 = 486400 г/год = 0{,}5 т/год. \quad (2.5)$$

Вибираємо термомеханічний вапногасильний апарат С-703 (продуктивністю 0,7-1 т/год) – 1 шт.

З вапногасильного апарату вапняне молоко поступає у баки приготування робочого розчину. Кількість баків не менше два.

Приготування вапняного молока виробляють в баках розчинів, місткість яких, м^3, визначають по формулі [14]:

$$W_P = \frac{Q \cdot n \cdot D_{вап}}{10000 \cdot b_{ВАП} \cdot \gamma} = \frac{38 \cdot 8 \cdot 12800}{10000 \cdot 5 \cdot 1} = 78 \text{ м}^3, \quad (2.6)$$

де Q - витрата стічних вод, Q =38 м^3/год;

n - час, на який заготовлюють вапняне молоко, 8 год;

$D_{вап}$ - доза вапна в перерахунку на CaO, г/м^3;

$b_{вап}$ - концентрація вапняного молока, не більше 5%;

γ - об'ємна маса вапняного молока, 1 т/м^3.

Вибираємо механічних перемішувача типу ПМТ-40 (місткість 41 м^3).

Кількість баків $N = \frac{W}{W_1} = \frac{78}{41} = 1{,}9 = 2$ шт.

Дозування вапняного молока у воду здійснюють насосами-дозаторами, ваговими дозаторами і тому подібне.

Витрата вапняного молока:

$$Q_{вап.м} = G_{вап} / (в \cdot 0{,}1) = \frac{0{,}5}{5 \cdot 0{,}1} = 1 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (2.7)$$

Приймаємо насос-дозатор НД-1000/10 – 2 шт продуктивністю 300-1000 л/год, 1 робочий та 1 резервний.

Витрата води на нейтралізатор складається з витрати промивної води, розчину вапняного молока та фільтрату з фільтр-пресів після зневоднення осаду.

При розрахунку відстійників і освітлювачів залізовмісних кислих стічних вод, нейтралізованих вапном, можна приймати наступні кількості сухої речовини осаду [1] :

1,75 г кристалічного гіпсу $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ на 1 г вільної сірчаної кислоти і 1,14 г на 1 г безводного залізного купоросу (у закисній формі);

0,59 г гідрата закису заліза $Fe(OH)_2$ на 1 г безводного залізного купоросу і 0,7 г на 1 г хлористого заліза $FeCl_2$;

0,4 г/л зважених речовин в розчинах травильних ванн і 0,16 г в промивних водах;

0,5% інертних домішок від усієї кількості витраченої на нейтралізацію вапна (CaO).

Вологість осаду приймають рівною 96-99% [7].

Тоді концентрація зважених речовин у нейтралізованій воді:

$$C_o = 1,75 \cdot 1 + 1,14 \cdot 30 + 0,59 \cdot 30 + 0,16 + 0,005 \cdot 12800 : 38 = 55,5 \text{ г/л}$$

Маса уловлюваного осаду, т/год:

$$G_{сух} = \frac{C_o \cdot E \cdot Q}{1000 \cdot 1000} = \frac{55500 \cdot 0,96 \cdot 38}{1000 \cdot 1000} = 0,2, \qquad (2.8)$$

де C_o - початкова концентрація суспензії, C_0=6620 мг/л;

E - ефект освітлення; $E = \frac{C_0 - C_к}{C_o} = \frac{6620 - 150}{6620} = 0,96$

$C_к$ - концентрація суспензії в освітленій воді, $C_к$ =150 мг/л;

Q - витрата стічної води, $м^3$/год.

Об'єм осаду в відстійниках, м^3/год:

$$Voc = \frac{100 \cdot G \cdot 1{,}2}{(100 - W_{OC}) \cdot \rho} = \frac{100 \cdot 0{,}2 \cdot 1{,}2}{(100 - 96) \cdot 1{,}17} = 5{,}1 \text{ ,} \quad (2.9)$$

де Wос - вологість осаду, що утворюється у відстійнику, %;

ρ - щільність осаду, т/м^3.

$$\rho = \frac{\rho_т \cdot (100 - W_{ос}) + \rho_ж \cdot W_{ос}}{100} = \frac{2{,}7 \cdot (100 - 96) + 1 \cdot 96}{100} = 1{,}17 \text{ т/м}^3. \quad (2.10)$$

$\rho_т$, $\rho_ж$ – відповідно густини твердої і рідкої фази, т/м^3.

Об'єм кеку, м^3/год:

$$Voc = \frac{100 \cdot G \cdot 1{,}2}{(100 - W_{OC}) \cdot \rho} = \frac{100 \cdot 0{,}2 \cdot 1{,}2}{(100 - 60) \cdot 1{,}68} = 0{,}4 \text{ ,} \quad (2.11)$$

де $W_{ос}$ - вологість зневодненого на фільтр-пресах осаду, %;

ρ - густина осаду, т/м^3.

$$\rho = \frac{\rho_т \cdot (100 - W_{ос}) + \rho_ж \cdot W_{ос}}{100} = \frac{2{,}7 \cdot (100 - 60) + 1 \cdot 60}{100} = 1{,}68 \text{ т/м}^3.$$

$\rho_т$, $\rho_ж$ – відповідно густини твердої і рідкої фази, т/м^3.

Витрата фільтрату, м^3/год:

$$Q_{фФ-П} = V_{осВідс} - V_{осФ_П} = 5{,}1 - 0{,}4 = 4{,}7 \text{ м}^3\text{/год.} \quad (2.12)$$

Загальна витрата води на очистку, м^3/год:

$$Q_{нейтр} = Q_{СВ} + Q_{ВАП.МОЛ} + Q_{фФ-П} = 38 + 1 + 4{,}7 = 43{,}7 \text{ .} \quad (2.13)$$

2.4 Підбір реактора-нейтралізатора

Реактори проектують на час перебування стоків не менше 30 хвилин з подачею води, що нейтралізується, і вапняного молока знизу, відведенням води зверху та механічною мішалкою, pH нейтралізації 8-9. Кількість реакторів не менше двох. Передбачають автоматичну подачу вапна и контроль pH,

Об'єм реакторів-нейтралізаторів:

$$V = t \cdot Q_{св} = 30 \cdot 43{,}7 / 60 = 22 \text{ м}^3. \quad (2.14)$$

t – час нейтралізації, t=30 хв.

Приймаємо два реактора-нейтралізатора об´ємом 12,5 м^3 діаметром 2,2 м.

2.5 Розрахунок відстійників для очищення нейтралізованих промивних вод

Діаметр відстійника:

$$D = \sqrt{\frac{4q}{nk\pi U_o}} \quad (2.15)$$

де q - витрата стічних вод, q =43,7 м^3/год= 0,012 м^3/с;

n - кількість відстійників;

U_o - умовна гидравлічная крупність, U_o =0,3 мм/с

k - коефіцієнт використання об´єма відстійника, k=0,35 [15];

n - число відстійників, n=2;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0{,}012}{2 \cdot 0{,}35 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}0003}} = 9{,}5,$$

Приймаємо стандартний відстійник діаметром 9 м.

Діаметр центральної труби, м:

$$D_{ЦТ} = \sqrt{\frac{4q}{nk\pi U_{ЦТ.}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0{,}012}{2 \cdot 0{,}35 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}03}} = 0{,}85 \text{ ,} \quad (2.16)$$

де $U_{ц.т.}$ - швидкість руху робочого потока у центральній трубі, не більш 0,03 м/с.

Приймаємо трубу стандартним діаметром 900 мм.

Тоді фактична швидкість:

$$U_{Ц.Т.} = \frac{4q}{n \cdot k \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0.012}{2 \cdot 0.35 \cdot 3.14 \cdot 0.9^2} = 0{,}027 \text{ м/с} \quad (2.17)$$

Діаметр раструба труби, м:

$$d_{р.} = 1{,}35 d_{ц.т} = 1{,}35 \cdot 0{,}9 = 1{,}2 \quad (2.18)$$

Діаметр відбивного щиту, м:

$$d_{щ} = 1{,}3\ d_{р} = 1{,}3 \cdot 1{,}2 = 1{,}56. \quad (2.19)$$

Висота конуса відбивного щиту, м:

$$h_{щ} = d_{щ} \cdot \cos 73^{o} = 1{,}56 \cdot \cos 73 = 0{,}45. \quad (2.19)$$

Висота щілини між нижньою кромкою центральної труби і поверхнею відбивного щита, м:

$$H_{щ} = q / (n \cdot \pi \cdot d_{р} \cdot V_{щ}) = \frac{0{,}012}{4 \cdot 3{,}14 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}02} = 0{,}08 \text{ ,} \quad (2.20)$$

де $V_{щ}$ - швидкість робочого потоку між розтрубом і відбивним щитом, не більше 0,02 м/с [15].

Загальна висота циліндрової частини відстійника, м:

$$H_{ц} = H_{р} + H_{щ} + H_1 + H_2 = 4,2+0,08+0,3+0,5 = 5,08 \quad . (2.21)$$

де $H_{р}$ - робоча глибина відстійника, м;

H_1 - висота нейтрального шару між низом відбивного щита і рівнем осідання, рівне 0,3 м;

H_2 - висота борту відстійника над кромкою збірної водозливної стінки, рівна 0,5 м [14].

Висота конусної частини, м:

$$H_{к} = 0,5\ D / \sin(\alpha/2) = \frac{0,5 \cdot 9}{\sin\frac{60}{2}} = 9,9 \quad . \quad (2.22)$$

де α - кут нахилу конічного днища, 50...60°.

Об'єм конічної осадової частини, м^3:

$$V_{К} = \pi\ D^2\ H_{К} /12 = \frac{3.14 \cdot 9^2 \cdot 9,9}{12} = 209,8 \quad . (2.23)$$

При швидкості 0,8 м/с підбираємо діаметр трубопроводу освітленої води, що відводить:

$$d_{П} = \left(\frac{4Q_{осв}}{\pi \cdot V} \right)^{0,5} = \left(\frac{4 \cdot 0,006}{3.14 \cdot 0,8} \right)^{0,5} = 0,312 \text{ м.} \quad (2.24)$$

$Q_{осв}$ – витрата освітленої води, м^3/с,

$$Q_{осв} = Q_1 - V_{ос} = 43,7-4,1 = 39,6/3600 = 0,012 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2.25)$$

На один відстійник $Q_{осв}$=0,006 м^3/с.

Приймаємо стандартний діаметр 900 мм.

Фактична швидкість:

$$V = \frac{4Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0{,}006}{3{,}14 \cdot 0{,}9^2} = 0{,}09 \text{ м/с.} \quad (2.26)$$

Діаметр трубопроводу для випуску осаду:

$$d_{П} = \left(\frac{4V_{ос}}{\pi \cdot V} \right)^{0,5} = \left(\frac{4 \cdot 4{,}3}{3{,}14 \cdot 1{,}1 \cdot 3600 \cdot 2} \right)^{0,5} = 0{,}026 \text{ м;} \quad (2.27)$$

Мінімально допустимий діаметр трубопроводу для випуску осаду 200 мм [15].

Фактична швидкість:

$$V = \frac{4Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 4{,}3}{3600 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}2^2 \cdot 2} = 0{,}02 \text{ м/с.} \quad (2.28)$$

Оскільки мінімально допустима швидкість осаду в трубопроводі вивантаження 1,1 м/с, то приймаємо періодичне вивантаження по мірі накопичення осаду.

2.6 Ділянка обробки вловленого осаду

2.6.1 Гравітаційне згущення осадів.

Розрахунок радіальних згущувачів полягає у знаходженні діаметра згущувача, виходячи з продуктивності згущувача по осаду $G_{сух}$.

Питому площу згущувачів визначають за формулою, м^{2}год/т:

$$S_n = \frac{R_n - R_к}{\rho_m \cdot \rho_p} \quad (2.29)$$

де R_n та $R_к$ – відношення Ж:Т в вихідній пульпі та у згущеному продукті;

ρ_m – щільність твердої фази, т/м^3;

ρ_p - щільність рідкої фази, т/м^3.

$$S_n = \frac{96/4 - 70/30}{4{,}3 \cdot 1} = 5{,}04 \text{ м}^2\cdot\text{год/т}$$

Загальна площа згущення, м^2:

$$S = G_{сух} \cdot S_n \quad (2.30)$$

де $G_{сух}$ – витрата осаду по сухій речовині, кг/год.

$$S = \frac{200}{24} \cdot 5{,}04 = 42 \text{ м}^2$$

Кількість згущувачів не менше двох. Приймаємо гравітаційні згущувачі з центральним впуском осаду марки Ц-6 площею згущення 28 м^2, діаметром чану 6м, робочою глибиною 2,5м та потужністю електродвигуна 2,2кВт [14].

2.6.2 Механічне зневоднення осаду

Зневоднення шламу вловленого у відстійниках здійснюється на фільтр-пресах.

Загальна площа фільтрування, м^2:

$$F_ф = \frac{1000 \cdot G_{сух}}{24 \cdot q_{ос}} \quad (2.31)$$

де $q_{ос}$ – продуктивність фільтр-преса для даного типу осаду, кг/(м^2·год).

$$F_ф = \frac{1000 \cdot 200}{24 \cdot 30} = 166 \text{ м}^2$$

Приймаємо 4 фільтри типу ФПАКМ-50У та один резервний фільтр [14].

Технічна характеристика фільтр-преса ФПАКМ-50У:

1.	Концентрація твердої фази, г/л	10-500
2.	Розмір частинок твердої фази не більше, мм	3
3.	Температура середовища, °С	5-80
4.	Максимальний робочий тиск, МПа(кгс/см)	1.2(12)
5.	Тиск промивної рідини для регенерації тканини, МПа	0.3
6.	Робочий тиск у маслосистемі управління, МПа	2(20)
7.	Поверхня фільтрування, м^2	50
8.	Зазор між фільтруючими плитами, мм	50
9.	Максимальна товщина осаду, мм	35
10.	Розрахункова кількість фільтруючих плит	20
11.	Рекомендовані розміри фільтрувальної тканини:	
	- довжина, м	75
	- ширина, мм	1400
	- товщина, мм	1,5-2
12.	Потужність електродвигунів, кВт:	
	а) станції водонасосної	22
	б) станції маслонасосної:	
	- для механізму затиску	10
	- для гідрокерування	1,5
	в) приводу пересування тканини	5,5
	г) активатора	0,75
13.	Час затискання та розтискання фільтра-преса, хв	2
14.	Живлення від електричної мережі ~50 Гц	380В
15.	Маса фільтра, кг	23305

16. Габаритні розміри, мм 5000 х 2930 х 5500

Витрата повітря для просушки осаду м^3/хв визначається за формулою:

$$Q_{пов} = n_ф \cdot F_{ф1} \cdot v_{пов} \quad (2.32)$$

де $n_ф$ – кількість фільтрів, шт.;

$F_{ф1}$ – площа, фільтрування одного фільтр-пресу, м^2;

$v_{пов}$ – питома витрата повітря, м^3/(м^2·хв).

$$Q_{пов} = 3 \cdot 50 \cdot 0{,}2 = 0{,}3 \text{ м}^3/\text{хв} = 300 \text{ л/хв}$$

Приймаємо повітродувку для просушки типу ВК-1,5 [21] – 1 робоча та 1 резервна.

Витрата води на промивку фільтрувальної тканини, л/хв, визначається за формулою:

$$Q_{вод} = n_ф \cdot F_{ф1} \cdot v_{вод} \quad (2.33)$$

де $v_{вод}$ – питома витрата води, л/(м^2·хв).

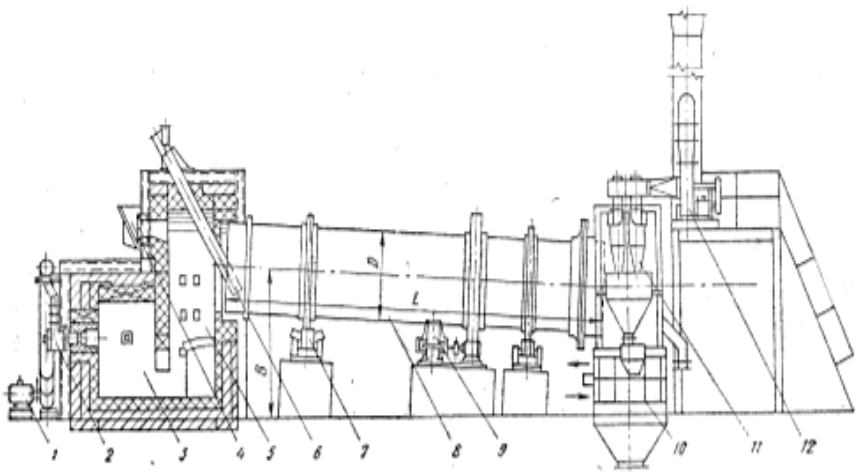
$$Q_{пов} = 3 \cdot 50 \cdot 4 = 600 \text{ л/хв} = 36 \text{ м}^3/\text{год}$$

Приймаємо насос для промивки фільтрувальної тканини типу ВКС-4/24 два робочих та один резервний.

2.6.3 Підбір обладнання для просушування зневодненого осаду

Основною частиною барабанних сушил є довгий сталевий циліндр (барабан), встановлений з невеликим нахилом до горизонту (рис. 2.1). Барабан

спирається на опорні ролики і обертається довкола своєї осі завдяки зубчастому вінцю, зв'язаному через знижуючий редуктор з електроприводом. Вологий сипкий матеріал через завантажувальний пристрій і живильники подається у верхню частину барабана і при його обертанні (зазвичай з швидкістю декілька зворотів в хвилину) поступово переміщається до його розвантажувального кінця. Для прискорення сушки усередині барабана встановлені сталеві пластини у вигляді лопатей або секторів, що перемішують і розпушують сипкий матеріал. Перед видачею пісок остуджують до температури ~50°С. Висушуваний матеріал нагрівається в барабанних сушилах сумішшю продуктів горіння і повітря. Спалювання палива виробляється в окремій топці, після чого продукти горіння змішуються в камері змішувача з повітрям для пониження їх температури до 800—850° С. Прі цій температурі сушильний агент поступає в барабан (в його завантажувального кінця) і покидає барабан при температурі 100—120°С через газовідвід в розвантажувального кінця барабана і прямує в очисні



циклони, а звідти в димар.

1 – вентилятор для подачі повітря до пальника; 2 – пальник; 3 – камера; 4 – вибуховий клапан; 5 – камера змішувача; 6 – труба завантажувального пристрої; 7– барабана; 8 – барабан; 9 – привід обертання барабана; 10 – холодильник; 11 – розвантажувальна камера; 12 – димосос

Рис. 2.1 – Схема барабанного сушила

Отриманий осад використовують в будівельній промисловості.

Тепло до висушуваного матеріалу передається головним чином за рахунок конвекції і, не дивлячись на засоби, що перемішують пісок, сушка його відбувається порівняно повільно.

Питома витрата тепла на видалення 1 кг вологи з матеріалу для барабанних сушила близько 4000—5000 кДж/кг. Вибираємо типове барабанне сушило, розроблене інститутом «Теплопроект». Технічні характеристики: продуктивність сушил 3,0 т/год; кількість вологи 314 кг/год, що видаляється; довжина барабана 4,0 м; діаметр барабана 1,0 м [13].

2.7 Підбір насосного устаткування

Вибираємо насос для перекачування стічної кислої води з усереднювача в нейтралізатор типа 2х-9Л-1 з подачею 12-49 м^3/год. В кількості 1 шт до них 1 резервний.

Об'єм резервуару освітленої води:

$V = 0.1 \cdot Q_{.ОВ} = 0{,}1 \cdot 43{,}4 = 4{,}5$ м^3.

Для подачі освітленої води назад на газоочистку вибираємо насос для чистої води 3К-6а з подачею 27,7-56 м^3/год в кількості 1 шт до них один резервний.

Для подачі освітленої води для приготування вапняного молока вибираємо насос марки ВК 1/16 з подачею 1,1-4,7 м^3/год в кількості 1 шт до нього один резервний.

Об'єм резервуару для фільтрату:

$V = 0{,}1 \cdot Q_{фФ-П} = 0{,}1 \cdot 4{,}1 = 0{,}4$ м^3. Приймаємо резервуар об'ємом 1 м^3.

Насоси для подачі фільтрату в приймальний резервуар ФГ 14,5/10-б(2ф-6) з подачею 6-16,7 м^3/год в кількості 1 шт до них 1 резервних.

Об'єм проміжного резервуару для осаду:

$V = 0.1 \cdot V_{ОС} = 0{,}1 \cdot 5{,}7 = 0{,}57$ м^3. Приймаємо резервуар об'ємом 1 м^3.

Насос для подачі осаду в фільтр-прес марки DSP-12-9/1.3 з подачею 3-24 м^3/год в кількості 1 шт до них 1 резервний.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1 Характеристика потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів на станції нейтралізації

Під час експлуатації станції нейтралізації персонал може зазнавати впливу низки небезпечних та шкідливих виробничих чинників. До основних із них належать [18]:

- рухомі частини технологічного обладнання, зокрема насосів, механічних мішалок, скребкових механізмів, зрошувачів та інших агрегатів;
- вилітання окремих деталей або фрагментів матеріалів під час ремонтних і монтажних робіт, зокрема при демонтажі заглушок чи обробці трубопроводів;
- можливість ураження електричним струмом у разі контакту з елементами електричних мереж, що перебувають під напругою;
- знижена температура повітря у виробничих приміщеннях та спорудах;
- підвищена вологість повітря, характерна для насосних станцій, реагентних господарств та відділень нейтралізації;
- підвищені рівні шуму та вібрації, джерелами яких є технологічне обладнання, встановлене в машинних залах і виробничих приміщеннях;
- недостатній рівень освітлення робочих зон у колодязях, камерах, каналах та інших замкнених просторах;
- наявність шкідливих газоподібних речовин загальнотоксичної дії в колодязях, насосних станціях, каналах і спорудах очищення.

Крім перелічених факторів, існує ризик травмування працівників під час роботи з вантажопідіймальними механізмами, можливість отруєння хімічними реагентами та небезпека ураження електричним струмом.

Важливими показниками стану охорони праці на підприємстві є рівень виробничого травматизму та професійної захворюваності. Їх аналіз дає змогу встановити основні причини виникнення нещасних випадків та розробити заходи щодо їх попередження.

За результатами аналізу причин виробничого травматизму на станціях нейтралізації їх доцільно поділяти на три основні групи: технічні, санітарно-гігієнічні та організаційні.

До технічних причин належать конструктивні недоліки машин, механізмів та пристроїв, несправність електрообладнання, підйомно-транспортних засобів, захисних і блокувальних систем, а також недосконаліть технологічних процесів.

Санітарно-гігієнічні причини пов’язані з впливом шкідливих речовин, що виділяються під час технологічних операцій, контактом зі стічними водами, недостатнім освітленням, підвищеним рівнем шуму, запиленістю та загазованістю повітря робочої зони.

До організаційних причин відносять недостатній контроль за виконанням робіт, порушення вимог технологічного регламенту, недотримання норм розміщення обладнання, захаращення території та виробничих приміщень, порушення режимів праці та відпочинку, недостатнє забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, а також недоліки у проведенні навчання та інструктажів.

Значна кількість нещасних випадків також пов’язана з порушенням трудової дисципліни, недотриманням правил безпеки, неуважністю працівників та недостатнім контролем власних дій під час виконання виробничих операцій [17].

Найчастіше травмонебезпечні ситуації виникають під час:

- виконання робіт у загазованих колодязях, камерах та інших замкнених просторах;

- обслуговування та ремонту електрообладнання без належного відключення джерел живлення або без використання необхідних засобів захисту;
- експлуатації вантажопідіймальних механізмів, кранів, талей та інших підйомно-транспортних засобів;
- контакту зі стічними водами без застосування спеціального одягу, взуття та засобів індивідуального захисту;
- відкривання люків та кришок колодязів.

Систематичне дослідження причин виробничого травматизму та професійних захворювань є важливою умовою розроблення ефективних профілактичних заходів, спрямованих на підвищення рівня безпеки праці.

Функціонування насосного обладнання, а також рух рідини трубопроводами й апаратами супроводжується виникненням шуму та вібрації. За походженням шум має механічний характер, що зумовлений роботою насосів, та аерогідродинамічний, пов’язаний із переміщенням рідини трубопроводами. За частотними характеристиками він належить до середньочастотного діапазону. Найвищий рівень звукового тиску спостерігається безпосередньо поблизу насосного обладнання і становить близько 70 дБА, що не перевищує встановленого гранично допустимого рівня 80 дБА.

У таблиці 3.1 наведено оцінку факторів виробничого середовища та трудового процесу оператора станції нейтралізації. Робоче місце належить до постійних, а виконувані роботи відповідають II категорії важкості праці.

Умови праці на станції нейтралізації загалом відповідають допустимим вимогам охорони праці, хоча за окремими показниками можливе незначне перевищення нормативних значень. Робоче місце організоване відповідно до вимог технологічної документації. Для працівників передбачені компенсаційні заходи, зокрема надання додаткової оплачуваної відпустки тривалістю три календарні дні та забезпечення молоком відповідно до чинних норм.

Таблиця 3.1 – Оцінка факторів виробничого середовища та трудового процесу оператора станції нейтралізації (II категорія важкості робіт)

№	Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Норматив значення (ПДК, ПДУ)	Фактич. значення	Шкідливі й небезпечні умови й характер праці			Тривалість дії фактора за зміну, %
				I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3 кислота H_2SO_4 CaO	 1 2	 0,2 1,0	 - -	 - -	 - -	 75 75
2.	Пил переважно фиброгенного впливу,мг/м^3	4	-				
3	Вібрація, дБ	92	75				75
4.	Шум , дбА	80	70				75
8.	Мікроклімат в приміщенні (теплий період гроку): - температура повітря, ^{0}C - відносна вологість,%	 18-27 65	 28 70	 1 7,7			 80 90
9.	Тяжкість и напруженість праці	середньої тяжкості IIа, помірно напружена					

3.2 Розроблення заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища станції нейтралізації

Для забезпечення безпечної експлуатації обладнання та запобігання аварійним ситуаціям на території підприємства передбачено комплекс організаційно-технічних заходів. Підземні резервуари засипають шаром ґрунту висотою не менше 0,7 м над спланованою поверхнею території. З боку можливого руху транспортних засобів і технологічних механізмів резервуари обладнують захисними огородженнями. Відкриті ємності, висота стінок яких над рівнем поверхні становить менше 0,6 м, також огороджують по зовнішньому периметру [19].

Для безпечного пересування персоналу через канали, трубопроводи та інші інженерні комунікації встановлюють перехідні містки шириною не менше 0,6 м, оснащені поручнями висотою 1 м. У місцях підйому та спуску до

споруд водопідготовки, резервуарів та інших об'єктів монтують стаціонарні сходи з надійними поручнями.

Колодязі, камери інженерних мереж та аналогічні споруди обладнують металевими драбинами або скобами для безпечного спуску працівників. Люки колодязів, отвори підземних комунікацій, траншеї, канали, котловани та заглиблені резервуари закривають міцними кришками, залізобетонними плитами або металевими листами з рифленою поверхнею. За необхідності такі об'єкти додатково огороджують суцільними або ґратчастими конструкціями. У темний період доби небезпечні зони позначають сигнальними світловими пристроями.

Отвори та технологічні заглиблення у підлогах перекривають захисними плитами або кришками, а також обладнують огородженнями висотою не менше 1 м із суцільним бортиком висотою 0,1 м. Виробничі та допоміжні приміщення оснащують системами опалення, вентиляції, водопостачання, каналізації та освітлення відповідно до вимог санітарно-гігієнічних норм [20].

Висота приміщень від рівня підлоги до нижньої частини будівельних конструкцій повинна становити не менше 2,2 м. Відстань від підлоги до нижньої точки комунікацій та обладнання в місцях постійного пересування персоналу має бути не меншою за 2,0 м, а в місцях епізодичного проходу — не меншою за 1,8 м. Мінімальна ширина проходів приймається 1,0 м, дверних прорізів — 0,8 м, коридорів — 1,4 м, сходових маршів — 1,05 м [21].

Виробничі приміщення обладнують вантажопідіймальними та транспортними механізмами, що забезпечують безпечне виконання монтажних і ремонтних робіт. Електрообладнання підбирають з урахуванням підвищеної вологості виробничого середовища. Корпуси електродвигунів, розподільчих пристроїв, пускачів та інших металевих конструкцій, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, підлягають обов'язковому захисному заземленню. Приєднання силових кабелів здійснюється за допомогою різьбових муфт, а електропроводка повинна мати справну та надійну ізоляцію.

Насосне обладнання, трубопроводи, запірна арматура, контрольно-вимірювальні прилади та допоміжні механізми розміщують таким чином, щоб забезпечити вільний доступ до них під час експлуатації та ремонту. При цьому дотримуються нормативних відстаней між агрегатами, обладнанням і будівельними конструкціями.

Для зменшення впливу шуму та вібрації насосні агрегати встановлюють на спеціальні вібропоглинальні прокладки з гуми або полімерних матеріалів. Зниження рівня аерогідродинамічного шуму досягається шляхом плавного виконання поворотів трубопроводів, застосування дифузорів і конфузорів при переході між трубами різних діаметрів, а також оптимізації режимів злиття потоків рідини. Додатковим заходом захисту є автоматизація роботи обладнання, що дозволяє мінімізувати час перебування персоналу безпосередньо в насосному відділенні.

Для своєчасного виявлення витоків газоподібних речовин персонал регулярно контролює герметичність зварних, фланцевих та муфтових з'єднань трубопроводів. Перевірку виконують із застосуванням мильного розчину, поява бульбашок якого свідчить про місце витоку. Контроль концентрації газів у резервуарах, камерах, галереях та інших замкнених просторах здійснюють за допомогою газоаналізаторів або спеціалізованих індикаторних приладів. Використання відкритого полум'я для пошуку витоків категорично забороняється. Роботи в загазованих приміщеннях дозволяється виконувати лише із застосуванням ізолювальних шлангових або кисневих протигазів.

3.3 Технічні рішення з виробничої санітарії станції нейтралізації

3.3.1 Мікроклімат виробничих приміщень

Створення безпечних та комфортних умов праці на станції нейтралізації потребує забезпечення нормативних параметрів мікроклімату, до яких

належать температура повітря, відносна вологість та швидкість його руху в робочій зоні [22].

Відхилення мікрокліматичних показників від установлених норм негативно впливає на стан здоров'я працівників. Підвищення температури виробничого середовища може призвести до перегрівання організму та виникнення теплового удару. Натомість робота в умовах низьких температур, характерних для неопалюваних складських або реагентних приміщень, спричиняє переохолодження організму, зниження його захисних функцій та підвищення ризику інфекційних захворювань. Висока вологість повітря, яка часто спостерігається на об'єктах очищення стічних вод, посилює негативний вплив як підвищених, так і знижених температур.

Одним із основних заходів забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов є впровадження автоматизації, механізації та електрифікації виробничих процесів. Це дозволяє зменшити безпосередній контакт персоналу зі шкідливими виробничими чинниками та знизити фізичне навантаження під час виконання технологічних операцій.

Важливу роль у підтриманні належного стану повітряного середовища відіграє правильна організація зберігання хімічних реагентів і матеріалів, а також забезпечення герметичності технологічного обладнання, резервуарів, трубопроводів та арматури. Поєднання цих заходів із систематичним контролем складу повітря робочої зони дає змогу підтримувати концентрацію шкідливих речовин на рівні, що не перевищує встановлених гранично допустимих норм.

Разом із тим у процесі експлуатації можливі випадки надходження шкідливих речовин у повітря виробничих приміщень внаслідок порушення герметичності обладнання, аварійних ситуацій, розливу рідин або переміщення сипких матеріалів. Для запобігання накопиченню небезпечних концентрацій забруднювачів передбачають улаштування вентиляційних систем [23].

Залежно від функціонального призначення вентиляція поділяється на витяжну, припливну та припливно-витяжну. Витяжна система забезпечує видалення забрудненого повітря з приміщення, припливна — подачу очищеного зовнішнього повітря, а припливно-витяжна одночасно виконує обидві функції, підтримуючи нормативні параметри повітряного середовища.

Працівники, які виконують роботи в умовах підвищених температур, повинні бути забезпечені охолодженою підсоленою питною водою для компенсації втрат рідини та мінеральних солей організмом.

У приміщеннях, де існує ймовірність раптового виділення значної кількості шкідливих або різкопахнучих речовин, додатково встановлюють аварійну вентиляцію. Її запуск здійснюється автоматично від газоаналізаторів або вручну черговим персоналом залежно від виробничої ситуації.

Для забезпечення необхідних параметрів повітряного середовища можуть застосовуватися системи кондиціювання, які в автоматичному режимі підтримують задані значення температури, вологості та чистоти повітря [24].

3.3.2 Освітлення виробничих приміщень

Раціонально організоване освітлення є важливою складовою безпечних умов праці та ефективного функціонування виробництва. Недостатній рівень освітленості призводить до швидкої втоми працівників, зниження продуктивності праці, погіршення концентрації уваги та підвищення ризику виробничого травматизму [25].

Виконання технологічних операцій, контроль показань контрольно-вимірювальних приладів, спостереження за роботою обладнання, трубопроводів і запірної арматури потребують достатнього рівня освітлення незалежно від часу доби.

Природне освітлення виробничих приміщень забезпечується через віконні прорізи та інші світлопрозорі конструкції. У разі недостатньої

природної освітленості використовують системи штучного освітлення із застосуванням світильників відповідного типу.

Для приміщень із постійним перебуванням персоналу мінімальна освітленість робочих зон повинна становити не менше 75 лк, а для зон періодичного обслуговування — не менше 50 лк. Нормативні значення освітленості допоміжних приміщень складають: для медичних пунктів — 200 лк, гардеробних та умивальних — 75 лк, душових — 50 лк, кабінетів охорони праці та приміщень для навчання персоналу — 300 лк [26].

Для забезпечення безпечної евакуації працівників у разі аварійного відключення електроенергії передбачають аварійне освітлення. Освітленість шляхів евакуації, проходів і сходових маршів повинна становити не менше 0,3 лк, а рівень аварійного освітлення — не менше 10 % від нормованого значення робочого освітлення. З метою підвищення енергоефективності доцільно використовувати сучасні енергозберігаючі світильники.

Система штучного освітлення включає робоче та аварійне освітлення. Робоче освітлення забезпечує нормативні умови праці в штатному режимі експлуатації, тоді як аварійне вводиться в дію автоматично або вручну при відмові основного джерела світла. Перевірка працездатності аварійної системи здійснюється відповідно до вимог інструкцій з охорони праці.

Мережі аварійного освітлення повинні живитися від незалежного джерела електроенергії. Підключення до них сторонніх електроспоживачів не допускається.

Для підтримання необхідного рівня освітленості слід регулярно контролювати стан світлопрозорих конструкцій та освітлювального обладнання. Чисте скло пропускає до 90 % світлового потоку, тоді як значне забруднення може знизити цей показник до 8 %. Очищення віконних поверхонь необхідно виконувати не рідше двох разів на рік, а в приміщеннях із підвищеним рівнем запиленості — за потребою частіше.

У процесі експлуатації освітлювальних установок необхідно своєчасно замінювати несправні лампи, очищати світильники від пилу та забруднень, а

також підтримувати належний стан стін і стелі, що впливають на коефіцієнт відбиття світлового потоку. Роботи з ремонту електрообладнання та обслуговування освітлювальних мереж повинні виконувати лише працівники, які пройшли відповідне навчання, інструктаж та мають необхідну кваліфікацію.

3.4 Заходи щодо забезпечення електробезпеки на станції нейтралізації

Основними споживачами електричної енергії на станції нейтралізації є насосне обладнання та системи освітлення виробничих приміщень. У зв'язку з цим особлива увага приділяється організації надійного захисту персоналу від небезпечного впливу електричного струму.

Для зменшення ризику ураження працівників електричним струмом застосовуються системи дистанційного керування, блокування та попереджувальної сигналізації [28]. Використання зазначених технічних засобів унеможливлює випадковий контакт персоналу зі струмовідними частинами електроустановок під час їх експлуатації.

Особливу небезпеку становлять аварійні ситуації, пов'язані з пошкодженням ізоляції електрообладнання, внаслідок чого напруга може з'явитися на металевих конструкціях та інших неструмовідних елементах. Для запобігання ураженню електричним струмом одним із найбільш ефективних технічних рішень є застосування захисного заземлення.

Захисне заземлення являє собою навмисне електричне з'єднання металевих неструмовідних частин електрообладнання із заземлювальним пристроєм. Принцип його дії полягає у відведенні струму замикання на землю через провідник із малим електричним опором. У разі виникнення пошкодження ізоляції це дозволяє значно знизити величину струму, який може пройти через тіло людини при дотику до корпусу обладнання, забезпечуючи безпечні умови праці.

Відповідно до вимог чинних нормативних документів з електробезпеки захисному заземленню підлягають [28]:

- усі металеві неструмовідні частини електроустановок з номінальною напругою 500 В і вище незалежно від місця їх розташування;
- електроустановки змінного струму напругою понад 36 В та постійного струму напругою понад 110 В, які експлуатуються у приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних приміщеннях або на відкритих майданчиках;
- корпуси електричних машин, трансформаторів, пускорегулювальної апаратури, розподільчих щитів і шаф;
- металеві конструкції технологічного обладнання, корпуси світильників, оболонки та броня кабельних ліній, захисні огородження електроустановок, а також металеві елементи підкранових колій.

Для електроустановок із напругою до 36 В змінного струму та до 110 В постійного струму виконання захисного заземлення, як правило, не є обов'язковим, за винятком вибухонебезпечних об'єктів та спеціальних умов експлуатації. Не підлягають заземленню окремі елементи освітлювальних мереж, зокрема арматура підвісних ізоляторів, штирі опорних ізоляторів, кронштейни та освітлювальні прилади, встановлені на дерев'яних конструкціях, якщо інше не передбачено вимогами блискавкозахисту.

Додатковий захист персоналу забезпечується застосуванням електрозахисних засобів. До них належать діелектричні рукавички, калоші, боти, ізолювальні килимки та підставки. Зазначені засоби використовуються спільно з основними заходами електробезпеки та підвищують рівень захисту під час виконання робіт на електроустановках.

Усі електрозахисні засоби підлягають періодичним випробуванням у строки, визначені нормативними документами. Після проведення випробувань на виробі проставляється відповідне маркування із зазначенням дати наступної перевірки. Використання засобів захисту, що не пройшли

випробування або мають прострочений термін перевірки, категорично забороняється.

Під час експлуатації станції нейтралізації широко застосовується переносне електрифіковане обладнання та ручний електроінструмент. У приміщеннях з підвищеною вологістю дозволяється використовувати лише електричні машини II або III класу захисту, конструкція яких забезпечує необхідний рівень електробезпеки для обслуговуючого персоналу.

Реалізація зазначених технічних та організаційних заходів дозволяє мінімізувати ризик ураження працівників електричним струмом і забезпечити безпечну експлуатацію електротехнічного обладнання станції нейтралізації.

3.5 Заходи пожежної безпеки

Рівень пожежної та вибухової небезпеки виробничих будівель, споруд і приміщень визначається особливостями технологічного процесу, характером використовуваних речовин і матеріалів, а також умовами їх експлуатації. Саме технологічні фактори значною мірою впливають на ймовірність виникнення пожежі та масштаби її можливого поширення.

На станції нейтралізації основними причинами виникнення пожеж можуть бути несправності електрообладнання, порушення правил його експлуатації, а також недотримання вимог пожежної безпеки під час проведення зварювальних та інших вогневих робіт.

Виробничі об'єкти, на яких використовуються негорючі речовини та матеріали в холодному стані, належать до категорії Д за вибухопожежною та пожежною небезпекою. До таких об'єктів відносяться насосні станції, відстійники та інші споруди систем очищення стічних вод [26].

Залежно від наявності горючих матеріалів та умов їх використання окремі приміщення підприємства можуть належати до різних класів пожежонебезпечних зон. Зокрема, до категорії пожежонебезпечних приміщень належать відділення ремонту електродвигунів, камери масляних

трансформаторів, комплектні трансформаторні підстанції, а також окремі виробничі дільниці механічних майстерень.

Категорія приміщення та клас пожежної небезпеки враховуються під час вибору конструктивних рішень будівель, систем інженерного забезпечення, електротехнічного обладнання та засобів пожежного захисту.

Відповідальність за організацію та забезпечення пожежної безпеки на підприємстві покладається на його керівника, а безпосередній контроль за дотриманням протипожежного режиму на робочих місцях здійснюють керівники виробничих підрозділів. Перед допуском до роботи кожен працівник проходить вступний інструктаж, під час якого ознайомлюється з основними вимогами пожежної безпеки, порядком дій у разі виникнення пожежі та правилами користування первинними засобами пожежогасіння.

Особливої обережності необхідно дотримуватися під час ліквідації пожеж у місцях зберігання або експлуатації балонів зі стисненими газами. Під впливом високих температур такі балони можуть втратити герметичність або вибухнути. У подібних випадках для гасіння використовують пінні вогнегасники, а балони додатково охолоджують водою.

Кожне виробниче приміщення, в якому існує ризик займання, повинно бути забезпечене комплектом первинних засобів пожежогасіння. До нього входять лопати, ломи, гаки, багри, ємності з піском, резервуари з водою, пожежні відра та вогнегасники, що пройшли своєчасне технічне обслуговування і перезарядження. Увесь протипожежний інвентар розміщується у доступних і добре позначених місцях.

Загальна площа станції нейтралізації становить 2160 м². Відповідно до встановлених норм для забезпечення необхідного рівня пожежної безпеки передбачається оснащення об'єкта первинними засобами пожежогасіння, зокрема двома повітряно-пінними вогнегасниками типу ОВП-10 та двома вуглекислотними вогнегасниками типу ОУ-10.

Для підвищення ефективності протипожежного захисту на підприємствах застосовують автоматичні системи пожежогасіння. Найбільш

поширеними є спринклерні та дренчерні установки, які використовують воду як вогнегасну речовину.

Спринклерна система являє собою мережу трубопроводів, змонтованих під перекриттям приміщення та підключених до системи протипожежного водопостачання. На трубопроводах встановлюються спринклерні зрошувачі із тепловими замками. Під час підвищення температури в зоні пожежі тепловий елемент руйнується, після чого вода через розпилювач подається безпосередньо в осередок займання.

Дренчерна система також складається з мережі трубопроводів і зрошувачів, однак її запуск здійснюється централізовано після надходження сигналу від автоматичних датчиків диму, полум'я або температури. Крім автоматичного режиму, передбачена можливість ручного ввімкнення установки черговим персоналом.

Використання сучасних систем автоматичного пожежогасіння, а також дотримання вимог протипожежного режиму дозволяє своєчасно локалізувати осередки займання, мінімізувати матеріальні збитки та забезпечити безпеку персоналу станції нейтралізації.

3.6 Інженерна розробка системи захисного заземлення трансформаторної підстанції станції нейтралізації

Ось перефразований варіант у більш технічному та академічному стилі, придатний для магістерської роботи та зі зниженою текстовою схожістю:

Трансформаторна підстанція розташована в окремо розміщеній будівлі, яка знаходиться в безпосередній близькості до станції нейтралізації стічних вод. Габаритні розміри споруди становлять 19 м у довжину та 9 м у ширину.

З метою забезпечення безпечних умов експлуатації електрообладнання та захисту обслуговуючого персоналу від небезпечної дії електричного струму проєктом передбачено влаштування системи захисного заземлення. Необхідність реалізації зазначеного заходу обумовлена використанням

електроустановок, що функціонують у трифазній мережі змінного струму з номінальною напругою 380/220 В. У даній системі електропостачання відсутній окремий захисний нульовий провідник, тому електробезпека забезпечується шляхом електричного з'єднання відкритих провідних частин обладнання, які за нормальних умов не перебувають під напругою, із заземлювальним пристроєм.

Для відведення струмів замикання на землю прийнято комбіновану систему контурного заземлення, до складу якої входять вертикальні та горизонтальні заземлювальні електроди. Вертикальні заземлювачі виконані зі сталевих труб діаметром 25 мм і довжиною 3 м. Як горизонтальний заземлювальний провідник використовується сталева смуга шириною 50 мм, прокладена в ґрунті на глибині 1,0 м від поверхні землі та призначена для об'єднання вертикальних електродів у єдиний контур заземлення [29].

Розрахунок опору розтікання струму замикання на землю здійснюється для таких вихідних даних: питомий електричний опір ґрунту змішаного типу становить $\rho_{гр} = 0{,}9 \cdot 10^4$ Ом·см; об'єкт розташований у II кліматичному районі; потужність трансформатора з ізольованою нейтраллю дорівнює 180 кВА.

Як найбільш доцільну конструкцію обрано контурний заземлювач, розташований по периметру трансформаторної підстанції. Вертикальні заземлювальні електроди встановлюються з кроком 5 м, що забезпечує ефективне розтікання струму в ґрунті та дозволяє досягти нормативних значень опору заземлювального пристрою.

Для установок напругою до 1000 В з ізольованою нейтраллю допустимий опір заземляючого пристрою має бути не більш $R_{з.п.} = 4$ Ом. Для II кліматичної зони для комбінованого заземлювача кліматичний коефіцієнт складає $\psi_1 = 1{,}5$ [29].

Отже, розрахунковий питомий опір грунту розтіканню струму складе:

$$\rho = \rho_{гр} \cdot \psi_1 = 0{,}9 \cdot 10^4 \cdot 1{,}5 = 13500 \text{ Ом·см} = 135 \text{ Ом·м} \qquad (3.1)$$

Визначаємо розрахункові опори розтіканню електродів – вертикального $R_В$ і горизонтального $R_Г$ по формулах:

оскільки тип вертикального заземлювача – стержневий круглого перетину (трубчастий), то

$$R_B = \left(\frac{\rho}{2\pi l}\right) \cdot \ln\left(\frac{4l}{d}\right), \quad (3.2)$$

де ρ - питомий опір грунту, Ом·м;

l – довжина заземлювача, м;

d – діаметр заземлювача, м.

Підставляємо значення, отримуємо:

$$R_B = \left(\frac{135}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 3}\right) \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot 3}{0.025}\right) = 44{,}0 Ом$$

оскільки тип горизонтального заземлювача– сталева смуга, то:

$$R_Г = \left(\frac{\rho}{2\pi l}\right) \cdot \ln\left(\frac{L_Г}{dt}\right), \quad (3.3)$$

де $L_г$ – сумарна довжина заземлювача, м;

$$L_Г = n \cdot l = 12 \cdot 3{,}0 = 36 м; \quad (3.4)$$

n – кількість електродів;

t- глибина розташування електроду в землі, м;

для смуги шириною b; d=0,5b=0,5·0,05=0,025 м.

Отримуємо:

$$R_Г = \left(\frac{135}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 36}\right) \cdot \ln\left(\frac{36^2}{0{,}025 \cdot 1{,}0}\right) = 6{,}1 Ом$$

Далі, зважаючи на те, що прийнятий заземлювач контурний і що n=12 шт., а відношення $a/l_B=5/3=1,7$, визначаємо по таблицях коефіцієнти використання електродів заземлювача:

l_B – шаг між електродами, $l_B= L_г/п=36/12=3$ м

Вертикальних η_B =0,68 і горизонтального $\eta_Г$ =0,40.

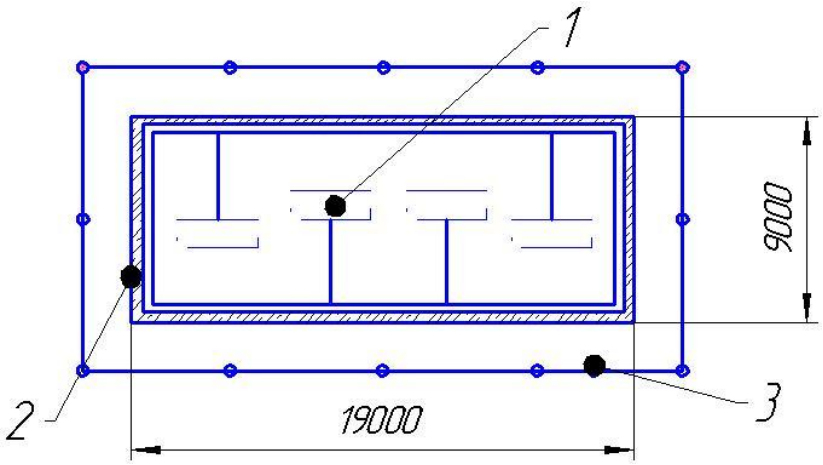
Потім знаходимо опір розтіканню прийнятого групового заземлювача:

$$R = \frac{R_B \cdot R_Г}{(R_B \eta_Г + R_Г \eta_B n)} \qquad (3.5)$$

$$R = \frac{44,0 \cdot 6,1}{44,0 \cdot 0,40 + 6,1 \cdot 0,68 \cdot 12} = 3,98 Ом$$

З отриманого видно, що опір розтіканню струму всього заземляючого пристрою (R=3,98Ом), це значення опору нас владнує оскільки виконується умова $R<R_{доп}$.

Отже, проектований заземлювач – контурний, складається з 12 вертикальних стержневих електродів завдовжки 3,0 м і діаметром 25 мм і горизонтального електроду у вигляді сталевої смуги 50 м і перетином 4х50мм, заглиблених в землю на 1,0 м. Остаточна схема заземлення показана на рис. 4.1.



1 – трансформатор станції нейтралізації; 2 – будівля підстанції; 3 - електроди

Рисунок 3.1 - Схема контурного заземлювача

ВИСНОВКИ

Проаналізовано технологію травлення металів та визначені джерела утворення промивних стічних вод у травильних відділеннях прокатних цехів.

Встановлено основні технологічні параметри процесу промивання прокату після кислотного травлення, що впливають на формування промивних стічних вод.

Визначено основні кількісні та якісні характеристики промивних стічних вод і наявних в них забруднюючих речовин.

Проведений аналіз наявних способів та технологій очищення промивних стічних вод травильних відділень.

Розроблено технологічну схему нейтралізації промивних стічних вод прокатного виробництва та виявлені подальші можливі напрями утилізації шламу очисних споруд.

Виконано розрахунок та вибір основного і допоміжного обладнання станції нейтралізації, а також підібрано та розраховано устаткування ділянки зневоднення шламу.

Проаналізовано основні шкідливі та небезпечні фактори виробничого середовища на станції нейтралізації і запропоновано заходи для їх усунення.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Екологічні аспекти металургійних технологій (1 ч.): навч. посібник/Грес Л.П. та ін. Дніпро: Украін. держ. ун-т науки і технол., 2022. 106 с.
2. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: підручник для металург. спец. вищ. навч. закл./Д. Ф. Чернега та ін. Київ: Вища шк., 2006. 503 с.
3. Бережний М.М., Чубенко В.А. Основи проектування технологічних ліній і комплексів металургійних цехів: монографія. Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2009. 430 с.
4. Данченко В. М., Гринкевич В. О., Головко О. М. Теорія процесів обробки металів тиском: Підручник. – Дніпропетровськ: Пороги, 2008. – 372 с.
5. Технологія процесів обробки металів тиском [Текст] : навч.-метод. посіб. / Борис Петрович Середа, Микола Гнатович Прищип, Ірина Василівна Кругляк, Дмитро Олегович Кругляк. – Запоріжжя : ЗДІА, 2012. – 161 с.
6. Прищип, М. Г. Обладнання прокатних цехів [Текст] : навч. посіб. для студентів ЗДІА металург. спец. ден. та заоч. форм навчання / М. Г. Прищип ; ЗДІА. – Запоріжжя : ЗДІА, 2017. – 115 с.
7. Самойленко Н.М., Аверченко В.І., Байрачний В.Б. Системи технологій та промислова екологія. Металургійний та енергетичний комплекс Ч. І.: навч. посіб. Харків: НТУ «ХПІ», Лідер, 2020. 212 с.
8. Теоретичні основи охорони навколишнього середовища / І.А. Василенко, М.І. Скиба, О.А. Півоваров, В.І. Воробйова. Дніпро: Акцент ПП, 2017. 204 с.
9. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 2. Методи очищення стічних вод : підручник / Петрук В. Г., Васильківський І. В., Петрук Р. В., Сакалова Г. В. та ін. – Херсон : Олді-плюс, 2019. – 298 с.

10. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища: навч.посіб. / Одеськ.держ.екол.ун-т. Одеса: ТЕС, 2018. 228с.

11. Гіроль М.М., Гіроль А.М., Гіроль А.М. Технології водовідведення промислових підприємств. Навч.посіб. Рівне: НУВГП, 2013. 625с.

12. Л.Ф. Долина, П.Б. Машихіна, В.А. Козачина. Реконструкція систем водопостачання та водовідведення: Монографія: – Дніпро: Журфонд, 2021. 220 с.

13. Процеси та апарати природоохоронних технологій. Підручник : Т.2 / Л. Д. Пляцук, Р. А. Васькін, В. П. Шапорев та ін. Суми : Сумський державний університет, 2017. 521 с.

14. Технології захисту гідросфери : метод. вказівки до практ. занять / Кожемякін Г.Б., Прутцьков Д.В., Вагін А.В. – Запоріжжя : ЗНУ, 2023. – 73 с.

15. Теоретичні основи та техніка захисту водного басейну : метод. вказівки до викон. курс. проекту та лаб. робіт / Г. Б. Кожемякін, К. В. Бєлоконь. – Запоріжжя : ЗДІА, 2011. – 96 с.

16. Полєтаєв В.П., Крюковська О.А. Охорона праці в галузі (для спеціальності «Металургія чорних металів») : навчальний посібник/під ред. д.т.н., проф. А. П. Огурцова. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2015. 363 с.

17. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві: навч. посібн. ч.4: Енергетичний комплекс/В.О. Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Ліра ЛТД, 2004 256с.

18. Водне господарство промислових підприємств: навч. посібник / Т. С. Айрапетян; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х: ХНАМГ, 2010. 280 с.

19. НПАОП 27.0-7.04-21 Мінімальні вимоги щодо безпеки та здоров’я на роботі в металургійній промисловості: Наказ Мінекономрозвитку від 19.03.2021 № 569 «Про затвердження Мінімальних вимог щодо безпеки

та здоров’я на роботі в металургійній промисловості» // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0606-21#Text

20. Правила технічної експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених пунктів України : Наказ Державного комітету України по житлово-комунальному господарству від 05.07.1995 р. № 30 / База даних «Законодавство України»/ВР України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-95#Text

21. Грибан В. Г., Негодченко О. В. Охорона праці: навч. посібник, [для студ. вищ. навч. закл.]. Київ: Центр учбової літератури, 2009. 280 с.

22. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: Постанова МОЗ України №42 від 01.12.99 / База даних «Законодавство України»/ВР України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text

23. Системи опалення, вентиляції і кондиціювання повітря будівель [Електронний ресурс]: навч. посіб. / М.Ф.Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 36,087 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 380 с

24. ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування": Наказ Мінрегіонбуду України від 25.01.2013 № 24 Про затвердження ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування"/ База даних «Законодавство України»/ВР України. URL:https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0024858-13#Text

25. Л. А. Катренко, Ю. В. Кіт, І. П. Пістун. Охорона праці: навч. посібник /2-ге вид., стереотип. Суми: Унів. книга, 2007. 495 с.

26. ДБН В.2.5.-28-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. Мінбуд України, 2006 76 с.

27. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ України №37 від 01.12.99/ База даних «Законодавство України»/ВР України. URL:https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99#Text

28. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»: Наказ Мінсоцполітики № 4 від 09.01.98/ База даних «Законодавство України»/ВР України. URL:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98#Text

29. Електробезпека [Текст] : навч.-метод. посіб. для здобувачів ступеня вищ. освіти бакалавра спец. 263 "Цив. безпека" освіт.-проф. програми "Охорона праці" / Вадим Генієвич Рижков, Олена Олександрівна Троїцька, Юрій Володимирович Куріс ; ІННІ ЗНУ. – Запоріжжя : ЗНУ, 2021. – 210 с.